



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**

**METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**EVALUACIÓN DE GEOMECÁNICA DE SUELOS PARA EL**

**MEJORAMIENTO DE LA I.E.I. N°1038 VICTORIA, 2022**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. DAVID VILLEGAS CASTILLO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO - PERÚ**

**2022**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE GEOMECÁNICA DE SUELOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA I.E .I. N°1038 VICTORIA, 2022**

AUTOR

**DAVID VILLEGAS CASTILLO**

RECUENTO DE PALABRAS

**19331 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**105966 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**141 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**46.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 21, 2023 5:51 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 21, 2023 5:53 PM GMT-5**

### ● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos es:

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

DRA. SOFIA L. BENAVENTE FERNANDEZ  
DIRECTORA EPIS

DR. SAMUEL MACHACCA HANCCLO  
ASESOR

Resumen



## DEDICATORIA

*Al señor Dios Todo Poderoso por brindarme la vida, así poder desarrollarme  
en esta hermosa profesión.*

*A mis padres por la motivación y apoyo constante, a mi hermano que es  
ejemplo para mí y a mis familiares que me expresaron su confianza y apoyo.*

***David Villegas Castillo***



## AGRADECIMIENTOS

Proverbios 16:3 “Pon tus obras en manos del Señor y tus proyectos se cumplirán”

En primer lugar, quiero agradecer a Dios nuestro señor amado y creador, por ser mi protector en cada momento de mi vida y por brindarme una guía y lecciones llena de aprendizaje. A mis padres, hermanos y tíos que siempre han estado allí para apoyarme, alentarme los ánimos cuando las fuerzas desfallecen, depositando confianza en mí. A la Universidad Nacional del Altiplano mi Alma Mater que durante estos años me cobijo a mi formación académica profesional y a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, que me han impartido sus conocimientos en mis años de estudio. Al M.Sc. Samuel Machaca Hanco siendo mi asesor de tesis me ha apoyado en la ejecución del presente trabajo de investigación. Al Ing. Edwin Aparicio Escobedo por compartir sus conocimientos y guía durante los trabajos de campo de esta investigación.

.

*David Villegas Castillo*



## INDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>INDICE GENERAL</b>	
<b>INDICE DE TABLAS</b>	
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	
<b>INDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACION.....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Problema general.....	20
1.3.2 Problemas específicos .....	20
<b>1.4 JUSTIFICACION .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 HIPÓTESIS DEL TRABAJO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.6 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
1.6.1 Objetivo General .....	22
1.6.2 Objetivos Específicos.....	22
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>23</b>
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	23



2.1.2	Antecedentes Nacionales .....	25
2.1.3	Antecedentes regionales y locales.....	28
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
2.2.1	Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).....	31
2.2.2	Norma Técnica E.030 “Diseño sismo resistente” .....	31
2.2.3	Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones” .....	32
2.2.4	Mecánica de Suelos.....	33
2.2.5	Suelos .....	33
2.2.6	Propiedades de los Suelos .....	35
<b>2.3</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....</b>	<b>36</b>
2.3.1	Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS).....	36
<b>2.4</b>	<b>CAPACIDAD PORTANTE .....</b>	<b>38</b>
2.4.1	Teoría de capacidad de carga última.....	39
<b>2.5</b>	<b>ENSAYOS DE CAMPO .....</b>	<b>41</b>
2.5.1	Calicatas .....	42
<b>2.6</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>42</b>
2.6.1	Ensayo para el análisis granulométrico.....	44
2.6.2	Límite Líquido .....	44
2.6.3	Límite Plástico .....	44
2.6.4	Ensayo de Contenido de Humedad de un suelo.....	45
2.6.5	Control y compactación de suelos .....	45
<b>2.7</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
<b>3.1.</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>48</b>



3.1.1. Materiales.....	48
3.2.2. Equipos.....	48
<b>3.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>49</b>
3.2.1. Fase previa: Búsqueda y Recopilación de la información previa .....	50
<b>3.3. TRABAJO DE CAMPO.....</b>	<b>51</b>
<b>3.4 TRABAJO EN LABORATORIO.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5 TRABAJO DE CANTERAS .....</b>	<b>55</b>
3.5.1 Estudio De Las Canteras Del Material De Relleno.....	55
3.5.2 Descripción de la cantera .....	55
3.5.3 Descripción del material: .....	55
<b>3.6 ACTIVIDADES FINALES DE GABINETE.....</b>	<b>56</b>
3.6.1 Elaboración de planos .....	56
3.6.2 Procesamiento de Resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio.	56
3.6.3 Análisis e interpretación de los ensayos de laboratorio .....	56
3.6.4 Cálculo de la capacidad portante del suelo .....	57
3.6.5 Redacción investigación final .....	57

## **CAPÍTULO IV**

### **CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO**

<b>4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>58</b>
4.1.1 Ubicación política de la zona de estudio.....	59
4.1.2 Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	59
4.1.2 Accesibilidad.....	60
4.1.3 Condiciones climáticas de la zona .....	60
4.1.4 Flora y Fauna .....	61
<b>4.2 GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>61</b>



4.2.1 Pendiente de los terrenos.....	61
4.2.2 Unidades Geomorfológicas.....	62
4.2.3 Geoformas de carácter Tectónico degradacional y erosional .....	62
4.2.4 Unidad de Montañas .....	63
4.2.4.1 Ladera de montañas en roca metamórfica. (LM-rm) .....	63
4.2.5 Geoformas de carácter deposicional o agradacional.....	64
4.2.5.1 Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) .....	64
4.2.5.2 Terraza aluvial (T-a) .....	65
4.2.5.3 Terraza fluvial (T-fl) .....	65
<b>4.3 GEOLOGÍA .....</b>	<b>66</b>
4.3.1.1 Formación Vivian (Ks-v) .....	67
4.3.1.2 Formación Sandia (Os-s) .....	67
4.3.1.3 Depósito coluvial (Q-co).....	68
4.3.1.4 Depósito aluvial (Q-al).....	69
4.3.1.5 Depósito fluvial (Q-fl) .....	69
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>5.1 LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....</b>	<b>75</b>
5.1.1 Geología.....	75
5.1.2 Tipo de falla .....	76
5.1.3 Riesgos geológicos identificados .....	77
5.1.4 Causas del movimiento .....	77
<b>5.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y LABORATORIO ..</b>	<b>79</b>
5.2.1 Condiciones de frontera .....	79
5.2.3 Profundidad “p” a alcanzar en cada punto .....	82





<b>5.3</b>	<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO (IN SITU).....</b>	<b>83</b>
5.3.1	Exploración de calicatas y extracción de muestras .....	85
5.3.2	Resultados del ensayo de penetración estándar SPT .....	86
5.3.3	Excavación de Pozos o Calicatas y Trincheras .....	94
<b>5.4</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....</b>	<b>95</b>
5.4.1	Resultados del análisis granulométrico de suelos .....	95
5.4.2	Resultados del Límite Líquido .....	98
5.4.3	Resultados Límite Plástico .....	101
5.4.4	Calculo del Índice de Plasticidad .....	103
5.4.5	Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de un suelo .....	103
5.4.6	Resultados del Ensayo de Corte Directo consolidadas drenadas .....	105
<b>5.5</b>	<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS EN EXPANSIÓN .....</b>	<b>111</b>
5.5.1	Evaluación del Potencial de Expansión .....	111
5.5.2	Análisis del fenómeno de licuefacción de los suelos .....	113
5.5.3	Evaluación de potencial de licuefacción .....	113
<b>5.6</b>	<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO .....</b>	<b>116</b>
<b>5.7</b>	<b>INTERPRETACION Y DISCUSIONES .....</b>	<b>124</b>
5.7.1	Análisis de resultados de la caracterización .....	124
5.7.2	Perfil Estratigráfico .....	125
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>129</b>



## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Metodología en Fases del trabajo de investigación. ....	51
Tabla 2 Accesibilidad a la zona de estudio. ....	60
Tabla 3 Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración.....	81
Tabla 4 Número de puntos de exploración .....	82
Tabla 5 Ensayo de penetración estándar SPT N° 01.....	88
Tabla 6 Ensayo de penetración estándar SPT N° 02.....	89
Tabla 7 Ensayo de penetración estándar SPT N° 03.....	90
Tabla 8 Perfil del suelo según velocidad de propagación.....	92
Tabla 9 Contenido de Humedad Natural INSITU (ENSAYO SPEEDY). ....	93
Tabla 10 Densidad Seca Natural del suelo.....	93
Tabla 11 Análisis Granulométrico. ....	97
Tabla 12 Resultados del Ensayo limite líquido.....	99
Tabla 13 Resultados del Ensayo limite Plástico. ....	102
Tabla 14 Resultados del Ensayo Contenido de humedad. ....	104
Tabla 15 <u>Resumen del ensayo Corte Directo</u> .....	107
Tabla 16 Parámetros físicos para identificación de suelos colapsables.....	110
Tabla 17 Clasificación de suelos expansivos.....	111
Tabla 18 Clasificación de índice de colapso $I_c$ .....	112
Tabla 19 Análisis de expansión de cada punto de exploración.....	112
Tabla 20 Factores de corrección en la influencia de la magnitud.....	114
Tabla 21 Análisis de licuación a diferentes profundidades. ....	115
Tabla 22 Puntos de Sondeo STP 02.....	116



Tabla 23	Puntos de Sondeo STP 03.....	116
Tabla 24	Calicata CC-01 Resumen de la capacidad portante.....	119
Tabla 25	Calicata CC-02 Resumen de la capacidad portante.....	119
Tabla 26	Calicata CC-03 Resumen de la capacidad portante.....	119
Tabla 27	Módulo de Elasticidad .....	120
Tabla 28	Relación de Poisson .....	121
Tabla 29	Factor de Influencia .....	121
Tabla 30	Capacidad de carga admisible de la cimentación corrida.....	122
Tabla 31	Capacidad de carga admisible para cimentacion cuadrada.....	122
Tabla 32	Capacidad de carga admisible para cimentación rectangular.....	123
Tabla 33	Resumen de las cargas admisibles de las calicatas.....	123
Tabla 34	Resumen de ensayos .....	124



## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Formación de los suelos.....	34
Figura 2. Perfil de meteorización. ....	35
Figura 3. Clasificación SUCS para partículas gruesas.....	38
Figura 4. Clasificación SUCS para partículas finas. ....	38
Figura 5. Factores de Capacidad de carga de Terzaghi.....	41
Figura 6. Se observan las mallas para los ensayos de laboratorio.....	43
Figura 7. Equipos y materiales del Laboratorio. ....	49
Figura 8. Equipo Técnico en el lugar de estudio.....	50
Figura 9. Instalando los equipos para los ensayos de campo. ....	52
Figura 10. Coordenadas UTM de una calicata hecha en la zona de estudio. ....	53
Figura 11. Preparando el inicio de los ensayos de laboratorio.....	54
Figura 12. Material de la cantera, y material de las calicatas.....	56
Figura 14. Mapa Político del Dep. Puno .....	59
Figura 15. Mapa Político del Perú.....	59
Figura 16. Zona de estudio. ....	59
Figura 17. Ubicación del Proyecto. ....	59
Figura 18. Subunidades geomorfológicas de la zona de estudio.....	66
Figura 19. Terrazas fluviales ubicadas en el curso del río Tambopata. ....	66
Figura 20. Formación Sandía conformado por pizarras y areniscas delgadas. ....	70
Figura 21. Formación Sandía en la vía de acceso al sector Canchapata. ....	70
Figura 22. Depósito coluvial ubicado en la Av. Tambopata, Barrio Selva Alegre. ....	71
Figura 23. Depósitos aluviales (Q-al).....	71
Figura 24. Intensidad sísmica por zonas en el Perú. ....	72



Figura 25. Los distritos de la Provincia de Sandia según su zona sísmica. ....	74
Figura 26. Columna estratigráfica se muestra la Formación Vivian. ....	75
Figura 27. Escarpas de deslizamiento activo cerca de la zona de estudio. ....	78
Figura 28. Salto de escarpa del deslizamiento en el talud superior. ....	79
Figura 29. Condiciones de Frontera de la I.E.I. ....	80
Figura 30. Profundidad a alcanzar cada punto. ....	83
Figura 31. Ensayos De Campo (In Situ). ....	84
Figura 32. Trabajo del Equipo técnico. ....	84
Figura 33. Exploración de Calicatas y Extracción de Muestras. ....	86
Figura 34. Extracción de muestras. ....	86
Figura 35. Ensayo de Penetración Estándar (SPT) Fuente: Equipo técnico. ....	87
Figura 36. Puntos de Sondeo. ....	87
Figura 37. Registro de penetración del SPT 1. ....	88
Figura 38. Registro de penetración del SPT 2. ....	89
Figura 39. Registro de Penetración SPT 3. ....	90
Figura 40. Ubicación de las calicatas. ....	94
Figura 41. Porcentaje que pasa vs tamaño de grano. ....	97
Figura 42. Realizando el ensayo de granulometría. ....	98
Figura 43. Índice de plasticidad (IP) vs Limite liquido (LL). ....	99
Figura 44. Calculamos el Limite Liquido. ....	100
Figura 45. Realizando el ensayo de limite líquido. ....	100
Figura 46. Ensayo de limite plástico. ....	103
Figura 47. El equipo para el ensayo de corte directo. ....	105
Figura 48. Graficas del ensayo Corte Directo. ....	106
Figura 49. Podemos observar la recta según el criterio de Mohr- Coulomb. ....	107



Figura 50. Colocación de la muestra en la Máquina De Corte Directo .	
.....	108
Figura 51. Equipo listo para El Ensayo De Corte. Peso 0.5 Kg.....	108
Figura 52. Colocación de los Diales.....	109
Figura 53. Criterio del potencial de Colapso Nota: Tabla referencia obtenida de la Norma E-050 (2018). .....	110
Figura 54. Capacidad portante del Suelo .....	118
Figura 55. Perfil estratigráfico. ....	125



## INDICE DE ACRÓNIMOS

<b>INGEMMET</b>	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<b>Ks – v</b>	: Formación Vivian.
<b>M.s.n.m.</b>	: Metros sobre el Nivel del Mar.
<b>Q</b>	: Depósitos Cuaternarios.
<b>Qh-co</b>	: Depósitos cuaternarios coluviales.
<b>Qh-al</b>	: Depósitos Aluviales.
<b>LM-r</b>	: Ladera de montañas modelada en roca metamórfica
<b>V-cd</b>	: Piedemonte coluvio-deluvial y terraza aluvial.
<b>T-a</b>	: Terrazas fluviales (T-fl)
<b>NW</b>	: Nor Oeste.
<b>NE</b>	: Nor Este.
<b>SW</b>	: Sur Oeste.
<b>SE</b>	: Sur Este.
<b>UTM</b>	: Universal Transverse mercator
<b>ASTM</b>	: Asociación Americana de Ensayos de Materiales.
<b>SUCS</b>	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
<b>Km</b>	: kilómetros.
<b>M</b>	: Metros.
<b>IP</b>	: Índice de Plasticidad
<b>LL</b>	: limite líquido
<b>LP</b>	: limite plástico
<b>G</b>	: Grava
<b>S</b>	: Arena
<b>M</b>	: Limo
<b>C</b>	: Arcilla
<b>O</b>	: Orgánico
<b>W</b>	: Bien Graduado
<b>P</b>	: Pobrementemente Graduado
<b>H</b>	: Alta Plasticidad



<b>L</b>	: Baja Plasticidad
<b>SM</b>	: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
<b>SC</b>	: Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
<b>CL</b>	: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
<b>ML</b>	: Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
<b>GM</b>	: Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
<b>GC</b>	: Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
<b>GW</b>	: Gravas, bien graduadas
<b>SPT</b>	: Standard Penetration Test “Ensayo de penetración Estándar”
$(\bar{V}_s)$	: Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.
$(\bar{S}_u)$	: Promedio ponderado de la resistencia al corte para suelos cohesivos.
$\bar{N}_{60}$	: Promedio ponderado del número de golpes.
<b>CBR</b>	: “Ensayo de Relación de Soporte de California”.
<b>CRR</b>	: Resistencia a la licuefacción.





## RESUMEN

La presente tesis corresponde principalmente al área de mecánica de suelos y como parte de geotecnia, tiene como objetivo principal Determinar las condiciones geomecánicas del suelo en la I.E.I. N°1038 VICTORIA, distrito de San Pedro de Putina Punco, región Puno. Además de realizar estudios básicos de geología. La zona de estudio con características climáticas húmedas, cálidas y semicálidas, situada a 723 msnm. Se empleo el método de estudio no experimental de tipo transicional Teniendo una metodología en cuatro fases. El terreno cuenta con un área construida de 175.1 m<sup>2</sup> Las condiciones geológicas del lugar de estudio presentan a la Formación Vivian, una roca sedimentaria compuesta de Areniscas cuarzosas blancas a rosadas, existiendo riesgos geológicos como deslizamiento confinado retrogresivo que ocurre sobre depósitos de movimientos en masa antiguo. Además se realizó las pruebas de campo que consistieron en realizar tres calicatas en cielo abierto a una profundidad mínima calculada bajo la Norma E.050, calicatas como CC-01, CC-02 y CC-03; en donde el resultado de perfil estratigráfico nos muestra 3 estratos características y representativas como son: el 1er Estrato clasificada como material de relleno no compactado GP-GC (Grava mal graduada con arcilla con bloques), 2do se clasifica como GC (Grava y arena arcillosa) y el 3ro clasificada como suelo arcilloso de mediana plasticidad arenosa SW-SC (Arena bien graduada con arcilla con bloques) y. De los resultados obtenidos del laboratorio, se determina que el material de terreno de fundación está conformado por arenas y gravas arcillosas GW-SC con pequeños fragmentos de gravilla, CL arcillas con baja plasticidad conformadas con más del 50% son materiales finos (como los limos y arcillas). según nuestros estudios realizados en Laboratorio de granulometría y límites de consistencia se estimó una falla general por corte. En la cimentación que es para dos pisos se consideró la profundidad de desplante a 1.5 metros. En cuanto a la capacidad portante se determinó gracias al ensayo de corte directo, dándonos los siguientes datos: la Cohesión es 0.19 kg/cm<sup>2</sup> y el Angulo de Fricción es 10.81°, Peso específico del suelo 1.86 gr/cm<sup>3</sup>. La qadm de la CC-01= 1.02 kg/cm<sup>2</sup>, CC-02= 1.08 kg/cm<sup>2</sup> y CC-03= 0.96 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** Capacidad portante, Ensayos, Laboratorio, Norma, perfil estratigráfico.



## ABSTRACT

The present thesis corresponds mainly to the area of soil mechanics and as part of geotechnics, its main objective is to determine the geomechanical conditions of the soil in the I.E.I. N°1038 VICTORIA, district of San Pedro de Putina Punco, Puno region. In addition to conducting basic geological studies. The study area has humid, warm and semi-warm climatic characteristics, located at 723 meters above sea level. The non-experimental transitional study method was used, using a four-phase methodology. The land has a constructed area of 175.1 m<sup>2</sup>. The geological conditions of the study site present the Vivian Formation, a sedimentary rock composed of white to pink quartz sandstone, with geological risks such as confined retrogressive landslides occurring on deposits of ancient mass movements. In addition, field tests were carried out, which consisted of three opencast test pits at a minimum depth calculated under the E.050 Standard, The results of the stratigraphic profile show 3 characteristic and representative strata: the 1st stratum classified as non-compacted fill material GP-GC (poorly graded gravel with clay with blocks), the 2nd is classified as GC (gravel and clayey sand) and the 3rd is classified as clayey soil of medium sandy plasticity SW-SC (well graded sand with clay with blocks) and the 3rd is classified as clayey soil of medium sandy plasticity SW-SC (well graded sand with clay with blocks). From the results obtained from the laboratory, it is determined that the foundation soil material is conformed by GW-SC clayey sands and gravels with small fragments of gravel, CL clays with low plasticity conformed with more than 50% are fine materials (such as silts and clays). according to our studies carried out in Laboratory of granulometry and consistency limits was estimated a general failure by shear. In the foundation, which is for two floors, the slump depth was considered to be 1.5 meters. The bearing capacity was determined thanks to the direct shear test, giving us the following data: Cohesion is 0.19 kg/cm<sup>2</sup> and the Friction Angle is 10.81°, Specific gravity of the soil 1.86 gr/cm<sup>3</sup>. The qadm of CC-01= 1.02 kg/cm<sup>2</sup>, CC-02= 1.08 kg/cm<sup>2</sup> and CC-03= 0.96 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Bearing capacity, Tests, Laboratory, Standard, stratigraphic profile.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCION

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el distrito de Putina Punco existe una falta de información base e inadecuadas condiciones, es por ello, que se necesita realizar estudios de base. Como por ejemplo la geología y geomecánica de suelos.

Según Krynine & Judd (1972), la Geología es una ciencia que es el sustento directo o indirecto de una gran cantidad de áreas importantes en el ámbito ingenieril, como la construcción, mecánica de suelos y afines. Y su estudio es necesario en cualquier tipo de obra civil.

En la actualidad, se tiene un crecimiento poblacional desmedido, y de esta forma se tiene también nuevas habilitaciones urbanas, por lo que, en el diseño de las nuevas habilitaciones urbanas, deben de considerar las recomendaciones técnicas y los mínimos parámetros que deben de cumplirse, los cuales están establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones y en la Norma Técnica Peruana. Además por lo que indica **Avilés (2013)**, el estudio de geomecánica de suelos es un pilar fundamental en la construcción de estas obras de ingeniería, debido a que la presencia de problemas geotécnicos implica la adopción de soluciones en general más costosas, por otro lado unas condiciones geotécnicas favorables, proporcionan no solo una mayor seguridad a las obras, sino un desarrollo de las mismas sin imprevisto, lo que influye significativamente en los costos y plazos de ejecución. Además, se debe tener en cuenta que una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las viviendas colindantes sufran asientos



diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso, estos problemas se deben a que muchas veces los ciudadanos y ciudadanas realizan construcciones sin haber realizado estudios de suelo y sin tener en cuenta la normatividad vigente, razón por la cual el terreno no soporta el peso y tiende a resquebrajarse, flexionarse o hundirse, causando problemas y amenazas para sus habitantes. **(Chalco & Olivos (2019))**.

Para mejorar estos problemas, dice Calderón (2015), los estudios de mecánica de suelos son de suma importancia para obtener información y evaluar las condiciones que presenta la I.E.I. N° 1038. Entonces se plantea las siguientes preguntas:

## **1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACION**

### **1.2.1 1.3.1 Problema general**

¿Es importante determinar las condiciones geomecánicas para el mejoramiento del suelo de la I.E.I. N° 1038 Victoria?

### **1.2.2 1.3.2 Problemas específicos**

1. ¿Es importante evaluar las condiciones geológicas para el mejoramiento del suelo de la I.E.I. N° 1038 Victoria?
2. ¿Tiene relevancia realizar un perfil estratigráfico para mejorar el suelo en la I.E.I. 1038?
3. ¿Es adecuado realizar el perfil estratigráfico del suelo para el mejoramiento de la I.E.I. N° 1038 Victoria?

## **1.3 JUSTIFICACION**

El presente trabajo de investigación evaluó las condiciones del suelo de la I.E.I. N°1038 VICTORIA ya que presenta índices de deficiencias técnicas en esta área. Para ello se requiere realizar una evaluación en este aspecto. Por lo que se realizó un estudio



basado en la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) desarrollados bajo la Norma técnica E.030 “Diseño Sismo Resistente”, la Norma técnica E 050 “Suelos y Cimentaciones” y clasificación según SUCS.

Desde el punto de vista técnico, por lo que afirma **Sánchez (2019)**, los diferentes tipos de edificaciones se asientan teniendo en cuenta la variedad de suelos, debidamente analizados según la aplicación de ensayos en el lugar mismo es decir in situ, posterior a ello el análisis en laboratorio, con el fin de tomar de decisiones, y de esta manera Determinar las propiedades tanto mecánicas del terreno y la capacidad portante. Como explica **Vilcas (2018)** el suelo como material ingenieril, se diferencia de la piedra, la madera y otros materiales naturales por el hecho de que puede ser modificado para darle las características deseadas.

La presente evaluación necesitará principalmente de los ensayos y análisis de laboratorio y datos tomados en el campo (mapeo y calicatas) según **Santa Cruz (2018)** de esta manera evaluar las condiciones geológicas, analizar el tipo de suelos existentes y como estas pueden influir en el terreno de la I.E.I N°1038 VICTORIA.

El estudio geológico estará basado en conocer las formaciones geológicas y sus estructuras. Se ha realizado la investigación de proyectos ejecutados que involucran estos temas y ha establecido que el componente de geología y geotecnia, no ha alcanzado la profundidad necesaria, para Determinar de manera acertada y con buen detalle las condiciones geomecánicas de los terrenos donde se han ejecutado las obras, debido a la falta de investigaciones en este tipo de estudios. Siguiendo el trabajo de **Avilés (2013)**, el estudio se basará en función de las propiedades geomecánicas de los suelos, permitiendo así conocer su comportamiento ante la implantación de obras de ingeniería.

Las exploraciones al suelo se realizarán en el Distrito de Putina Punco, en el barrio Victoria en la I.E.I. N° 1038 y con un presupuesto económico sostenido por la Municipalidad Distrital de San Pedro de Putina Punco, se tendrán en cuenta las normas vigentes a las cuales está sujeto este estudio. Dicha información servirá a la población para la construcción de sus viviendas de forma segura.

#### **1.4 HIPÓTESIS DEL TRABAJO**



Determinar si las condiciones geomecánicas del suelo influye significativamente en el mejoramiento del suelo en la I.E.I. N°1038 Victoria, distrito de San Pedro de Putina Punco.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 1.6.1 Objetivo General**

Determinar las condiciones geotécnicas del suelo en la I.E.I. N°1038 VICTORIA, distrito de San Pedro de Putina Punco.

### **1.5.2 1.6.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar las condiciones geológicas de la I.E.I. N° 1038 Victoria
- Realizar la caracterización del perfil estratigráfico del suelo de la I.E.I. N° 1038 Victoria.
- Determinar la capacidad portante del suelo en la I.E.I. N° 1038 Victoria.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

Se desarrollaron varios estudios iniciales a nivel internacional y nacional, para el estudio y construcción de edificaciones en el mundo, estos estudios fueron de base para la evaluación e interpretación de edificaciones en el Perú. Es importante mencionar los autores y las áreas donde trabajaron, las cuales son:

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Calderón (2015) en su trabajo de titulación “Información Geotécnica como elemento de análisis en la Planeación y Diseño de Cimentaciones de Edificios.” Sustentado en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Internacional del Ecuador. Cuyo objetivo general fue: “Analizar los resultados de los estudios de suelos correspondientes de las muestras obtenidas en la zona de la Moya y así planificar una cimentación adecuada para el proyecto definitivo, en este caso trataremos de un edificio de cuatro plantas.” Se hizo un tipo de investigación bibliográfica (documental) y analítica mediante tomas de muestras en sitio realizo los respectivos estudios de suelos, estos son para determinar la clasificación del suelo, porcentaje de humedad, porcentaje de material fino, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, asentamiento previsible y capacidad admisible del suelo, estos estudios sirvieron para diseñar una cimentación óptima para este tipo de proyecto. Su resultado da que por medio de los ensayos realizados a las muestras de suelos tomadas en sitio se comprobó que no existe retención de agua



en su interior, esto quiere decir que es un suelo no saturado, esto ayuda mucho en el diseño de cimentaciones superficiales y profundas.

Pineda (2015) en su tesis titulado “Análisis y Evaluación del estudio geológico, geotécnico y estabilización de laderas establecida por la concesión vial metropolitana en el talud del barrio Bellavista desde el k70+500 hasta el k70+320, municipio de Girón, departamento de Santander”. Sustentado en la Universidad de Santander especialización de Geotecnia Ambiental en Bucaramanga, Colombia en el año 2015. Teniendo como objetivo general realizar el análisis y la evaluación del estudio geológico, geotécnico y el análisis aplicado a la bioingeniería establecida por la concesión vial metropolitana en el talud del barrio Bellavista. Usando el tipo de investigación documental que se caracteriza por la selección, recolección, análisis de documentos utilizados para realizar resultados coherentes. Incluye los procesos lógicos de una investigación (análisis, síntesis, síntesis, deducción, inducción) Realizo, además, una recopilación adecuada de datos que permiten redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, orientar formas para elaborar instrumentos de investigación y elaborar hipótesis. En los resultados de la zona analizada constituye el nivel de fundación de las viviendas e infraestructura asociada y corresponde mayoritariamente a niveles matriz soportados arena arcillosos a arcillo arenosos, con gravas de areniscas y limolitas dispersos. Superficialmente se presentan suelos “gravosoportados” con cantos redondeados y limo arenosos amarillo naranja de 1 a 4 m de espesor que corresponde a la parte alta de los taludes. De acuerdo a las exploraciones realizadas, se destaca el predominio de niveles de arcillas magras arenosas color habano con tonos grises a violetas y pardos con fracción fina menor al 70% y con bajos contenidos de gravas (0.4 a 14.9%). En





segundo término, se presentan arenas arcillosas con gravas color violeta con una fracción fina entre el 24 y 30%, las cuales pueden constituir un nivel guía ligeramente inclinado hacia el oeste. También es de destacar que los límites líquidos observados oscilan entre el 23 y el 41% y los índices de plasticidad van del 2 al 22%. Y concluye que los taludes se modelaron con parámetros de resistencia superiores a los determinados mediante los ensayos de corte directo y ensayos de SPT, por lo cual se concluye que se requiere realizar soluciones geotécnicas.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Sánchez (2019) en su trabajo de tesis titulado “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca, 2019” sustentada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Cuyo objetivo general fue realizar un estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares por lo cual se empleó un estudio no experimental de tipo transicional donde Se efectuaron 54 ensayos granulométricos por tamizado, además, de la observación de las curvas granulométricas, determinando finalmente que los suelos se encuentran entre el orden de baja a alta gradación. Los resultados obtenidos son confiables, dado que cumplieron con las normas técnicas vigentes. Para las propiedades del suelo, se obtuvieron los siguientes datos. Para el ensayo de densidad in situ se obtuvieron los siguientes resultados, que la mínima es de 1,63 g/cm<sup>2</sup> en la calicata C-11 y una máxima es de 1,82 g/cm<sup>2</sup> en la calicata C-06. Para el contenido de humedad se obtuvieron los siguientes resultados, que la mínima es de 13,60 % en la calicata C-10 y una máxima de 23,91 % en la calicata C-06. Y concluye que, el tipo de suelo predominante para la fundación de una edificación, es el suelo tipo arcilloso.



Santa Cruz (2018) en su tesis titulada “Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Soritor del distrito de Soritor – Provincia de Moyobamba – región San Martín, 2018” sustentado en la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto teniendo como objetivo general: Elaborar la zonificación de la capacidad portante y demás características del suelo. El tipo de investigación fue descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar las características geológicas y geotécnicas del suelo. Teniendo como resultados según los análisis de suelos necesarios para obtener la capacidad portante del suelo. De acuerdo a estos estudios se determinó la clasificación mediante el método SUCS donde se obtuvieron los siguientes tipos de suelos: arcillas de baja plasticidad (CL), arenas con finos componente arcilloso (GC), de acuerdo a estos resultados se tiene para los suelos de grano fino una cohesión entre 0.23-0.31 kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción entre 24° y 25°, conforme a estos datos se concluye que las arcillas presentan cohesión, pues la humedad es un factor fundamental en la cohesión; es por ello que al momento de calcular las cargas admisibles; se calculó teniendo en cuenta la falla Local.

De La Cruz & Sánchez (2013) en su trabajo de tesis titulado “Estudio de suelos para cimentaciones superficiales en edificaciones de 4 niveles en la ciudad de Lircay- Huancavelica, 2013” que fue sustentado en la Universidad Nacional de Huancavelica donde presenta el objetivo general de Conocer las características de los suelos, para una adecuada cimentación superficial en edificaciones de cuatro niveles. Teniendo como nivel de investigación a ejecutarse en la presente investigación es descriptivo, experimental y de corte transversal. Realizándose once (11) calicatas. De acuerdo a los resultados obtenidos de las once muestras



representativas tomadas donde se concluye que desde la calicata 5 a la 11 tienen de regular a excelente suelo para la construcción.

Chalco & Olivos (2019) en su trabajo de tesis titulado “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú, 2019” que se sustentó en la Universidad San Martín de Porres - Lima teniendo como objetivo general de Realizar el estudio geotécnico y presentar propuestas de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto siendo la orientación de la investigación aplicada y de enfoque cuantitativo porque para desarrollar las propuestas de cimentaciones superficiales es necesario tener una secuencia de pasos, primero realizó el estudio geotécnico, luego determinó la capacidad de carga y finalmente el diseño de las propuestas de cimentaciones. Donde concluye que no se puede obtener los resultados en este programa sin tener las propiedades del suelo obtenidas del estudio geotécnico. Porque determina que el tipo de suelo que predomina en el área de estudio es arena pobremente graduada (SP), según la clasificación AASHTO el tipo de suelo es A2-4(0) y presenta una densidad promedio de 1.68 g/cm<sup>3</sup>.

Coila (2022) en su tesis titulada “Evaluación geológica geotécnica del área de influencia directa del río Chíncha – Ica, para cimentaciones superficiales, 2022” el cual fue sustentado en la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno. Cuyo objetivo general fue Evaluar las condiciones geológicas y geotécnicas de los suelos del área de influencia directa del río Chíncha, para cimentaciones superficiales. Tuvo una investigación de tipo descriptivo, porque aborda un problema geotécnico de la franja adyacente al río Chíncha, afectada por problemas de inundaciones, cuyas áreas se encuentran ocupadas por construcciones de



viviendas sin considerar los aspectos geotécnicos del medio, las cuales requieren de estudios de evaluación geológica geotécnica de los suelos donde se expandirá el perímetro urbano de las futuras edificaciones E.050 (Norma de suelos y Cimentaciones). Teniendo los siguientes resultados: Estos suelos presentan rangos de valores de contenido de humedad de 1.84 – 6.97 %, según el ensayo de límites atterberg se determinó que son suelos friccionantes. El rango de valores de corte directo en su cohesión es de 0.00 – 0.05 Kg/cm<sup>2</sup> y el ángulo de fricción varía de 29° - 34°. El rango de valores de densidad de campo es de 2.04 – 2.53 Gr/cm<sup>3</sup>. Teniendo como conclusión que La capacidad admisible de suelos de la zona de estudio del Río Chincha, determinados por tres métodos. Vesic, Meyerhof y Terzagui dan rango de valores, 2.3 – 4.8 Kg/cm<sup>2</sup> según Método Vesic, 2.2 – 4.8 Kg/cm<sup>2</sup> según método Meyerhof, 2.8 – 6.2 Kg/cm<sup>2</sup> según método Terzaghi a una profundidad de desplante de 1.5 m. Para una profundidad de desplante de 2.00 m, el rango de valores son de; 3.0 – 6.3 Kg/cm<sup>2</sup> según método Vesic, 2.9 – 6.00 Kg/cm<sup>2</sup> según método Meyerhof, 3.7 – 7.7 Kg/cm<sup>2</sup> según método Terzaghi.

### **2.1.3 Antecedentes regionales y locales**

Parí (2018) en su tesis titulado “Evaluación geológica y geotécnica del terreno de fundación para la construcción del edificio archivo regional Puno, 2018” que fue sustentado en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno en el cual su objetivo general fue Evaluar las características geológicas – geotécnicas y dinámica del terreno de fundación sobre el cual estará emplazada las subestructuras para la construcción del edificio Archivo Regional Puno. La investigación es del tipo experimental y descriptivo, lo realizó mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, para su posterior análisis e interpretación y diseño del proyecto. Donde las muestras



obtenidas de las calicatas clasificadas como representativas fueron remitidas al laboratorio con el objeto de identificación y posterior clasificación según sus propiedades físicas y mecánicas según los ensayos especiales requeridos. En donde se concluye que el tipo de suelo es uniforme tratándose de un material interestratificado arenas y limos en estado semi-compacto ha suelto, con humedad considerable.

Cutimbo & Escobar (2021) en su tesis titulado “Evaluación geotécnica de capacidad portante para diseñar cimentación de vivienda utilizando parámetros de resistencia - calle Muñoz cp. Jayllihuaya – Puno, 2021” que fue sustentado en la Universidad Cesar Vallejo en el Callao, Perú. En donde tiene como objetivo general el evaluar la capacidad portante del suelo de fundación de la vivienda utilizando parámetros geotécnicos. Utilizando en esta investigación el tipo descriptivo y explicativo. De este modo se hizo los ensayos de campo y laboratorio, toma de muestras representativas existentes, todo esto corresponde a una investigación científica de carácter descriptivo. Y cuando se analizó el comportamiento del material del terreno y obtención de la capacidad de carga del terreno y utilizando parámetros geotécnicos, métodos de cálculo, lo cual corresponde a una investigación científica de carácter explicativo. Teniendo como resultados la exploración in situ del suelo en 3 puntos de exploración que son las calicatas (C-01, C-02 y C-03), por lo que se tomó este número de exploración de acuerdo al RNE E.050– 2018 de acuerdo del tipo de edificación pórticos y/o muros de concreto tipo III, para un área techada de 900 m<sup>2</sup>, por lo cual de acuerdo a la norma el número de exploraciones “n” nunca será menor de 3. Y que la profundidad de exploración según esta norma para cimentación deberá ser no menor a 3 metros. Y como conclusión se hizo la evaluación de la capacidad



portante del terreno de fundación con parámetros geotécnicos como son, cohesión, ángulo de fricción y peso específico.

Atencio (2021) en su tesis realizado para obtener título profesional cuyo tema es “Análisis geotécnico de suelos finos, y diseño de cimentaciones para edificaciones categoría C, en las urbanizaciones Chanu Chanu, San Valentín - Puno 2021” el cual fue sustentado en la Universidad Cesar Vallejo. Su objetivo principal fue determinar de qué manera el análisis geotécnico de suelos finos, influye en el diseño de cimentaciones para edificaciones categoría C. Utilizo el diseño de investigación, el cual fue experimental de carácter cuasiexperimental, porque se manipula la variable independiente (Análisis geotécnico de suelos finos) de manera deliberadamente, con el fin de apreciar los efectos que produce en la variable dependiente (edificaciones). Y de tipo de investigación aplicada, porque busca confrontar la teoría con la realidad en base a los estudios y cálculos, aplicar conocimientos existentes y nuevos, al igual que técnicas, los resultados serán modelos de aplicación y procedimientos investigativos. Teniendo los resultados respecto a la capacidad de carga se obtuvieron los datos siguientes calicata 1  $q_d = 0.83 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.61 \text{ kg/cm}^2$ , calicata 2  $q_d = 1.85 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.62 \text{ kg/cm}^2$ , calicata 3  $q_d = 1.96 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.65 \text{ kg/cm}^2$ , calicata 4  $q_d = 1.84 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.61 \text{ kg/cm}^2$ , calicata 5  $q_d = 1.87 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.62 \text{ kg/cm}^2$  y calicata 6  $q_d = 1.88 \text{ kg/cm}^2$  y  $q_{adm} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$ . Donde llegó a la siguiente conclusión, es importante realizar un análisis geotécnico de suelos, para diseñar el tipo de cimentación sobre el cual se construirá cualquier obra civil.

## 2.2 MARCO TEÓRICO



### 2.2.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

Es la norma técnica de cumplimiento obligatorio por todas las entidades públicas, así como por las personas naturales y jurídicas de derecho privado que proyecten o ejecuten habilitaciones urbanas y edificaciones en el territorio nacional. Según el **Ministerio de Vivienda (2006)**, es el único marco normativo que establece los criterios y requisitos mínimos de calidad para el diseño, producción y conservación de las edificaciones y habilitaciones urbanas, este se actualizará periódicamente de manera integral o parcial, conforme a los avances tecnológicos y la demanda de la sociedad.

Señala el Artículo 28 de la Norma G.030 (2006): Las obras de edificación y habilitación urbana requieren la designación de un Profesional Responsable de Obra, cuya ejecución realizará directamente. Es responsable de dirigir la obra asegurándose que la ejecución de la misma, se realice de conformidad con el proyecto aprobado y la licencia respectiva, y cumpla con lo normado en el presente Reglamento.

### 2.2.2 Norma Técnica E.030 “Diseño sismo resistente”

Es aquella norma que acepta que la resistencia lateral de una edificación sea sólo una fracción de la resistencia requerida para garantizar el comportamiento elástico ideal del edificio en un sismo severo. Por el estudio realizado por **Arredondo (2016)** el objetivo es evaluar la respuesta de los suelos ante la amenaza sísmica, para ello se analiza con un enfoque multidisciplinario la información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica a fin de obtener el mapa de zonificación sísmico-geotécnico.



Los procedimientos y restricciones según Muñoz (2020), dadas a esta norma, se sustentan de los conocimientos de la ISR del presente, en el estudio de sismicidad de nuestro territorio e incorporan las características propias de la práctica constructiva y de diseños peruanos.

Además, esta norma incentiva a investigar la presencia de fenómenos asociados a los terremotos como los deslizamientos de suelos, los tsunamis o la licuación de suelos.

### **2.2.3 Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”**

La presente norma técnica es aplicable a los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) para la cimentación de edificaciones y otras que obras que se indican en dicha norma. Su reglamento con carácter de obligatorio se especifica en la misma norma. También añade que su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional. Sus exigencias son consideradas mínimas.

Además, según indica la Norma E.050 (2018), es importante resaltar que la presente norma no toma en cuenta los fenómenos de dinámica externa o en los casos que haya presunción de la existencia de ruinas arqueológicas; galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial. Si se dan dichos casos se deberán realizar estudios específicamente orientados a confirmar y solucionar estos problemas.

Destacar los casos que se requiere la obligatoriedad de los estudios con fines de interés de la presente tesis. El cual sería:

- Edificaciones que presten servicios de educación.
- Cualquier edificación adyacente a taludes o suelos que puedan poner en peligro su estabilidad.





#### **2.2.4 Mecánica de Suelos**

El estudio de mecánica de suelos según Calderón (2015), es una operación que debe sujetarse a ciertas normas básicas a fin de asegurar la certeza, precisión y confiabilidad de la información recogida, de los resultados obtenidos, del diagnóstico emitido y de las recomendaciones formuladas.

En áreas desconocidas y con escasos antecedentes, es conveniente realizar estudios morfológicos del suelo complementados por análisis de laboratorio, estudiar el perfil del suelo ubicándolo geográficamente y estableciendo sus relaciones con las diferentes geoformas, finalizando en un adecuado análisis e interpretación de la información obtenida.

La Mecánica de Suelos por lo que indica Duque (2016), brinda las herramientas que permiten la solución a muchos problemas de la ingeniería de suelos: el origen y la formación del suelo es el primer análisis para sectorizar o inferir sobre la presencia de formaciones litológicas diferentes, de comportamientos diversos; la relación de fases permite conocer los pesos y volúmenes de los suelos y sus variaciones cuando cambia su humedad; la clasificación de los suelos se soporta en los laboratorios de granulometría y plasticidad, donde se identifican las propiedades de los suelos granulares, dependiendo de la cantidad y frecuencia de los tamaños de los granos que conforman el suelo o las cualidades de los suelos finos por la plasticidad que exponen sus partículas finas.

#### **2.2.5 Suelos**

Es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal, lo señala **Pari (2018)**. El suelo tiene perfil, y este es un hecho del que se hace abundante aplicación.

El suelo es el resultado del proceso de meteorización de las rocas, con o sin transporte de los productos de alteración



**Figura 1** Formación de los suelos.

El suelo desde el campo de la ingeniería, y por lo que afirman e investigaron Holtz & Kovacs (2011) trata de una capa de material suelto, constituido por un aglomerado de minerales, materia orgánica y sedimentos, relativamente sin cohesión depositado sobre el lecho de roca. Siendo resultado de un proceso geológico doble que es la desintegración y descomposición de las rocas. Regal (1939). Para el Geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie.

También **Carnero (2014)** afirma que, el suelo forma parte de la estructura de una construcción, así como el concreto y el acero. El ingeniero no puede iniciar su proyecto sin antes conocer las propiedades de este geo material donde se construirá.

Y que por lo tanto se adapta o se cambia las condiciones del lugar según la evaluación de las características del suelo.

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1951)	VARGAS (1951)	SOWERS (1951)	CHANDLER (1951)	GEOLOGICAL SOC. ENG.GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)
	UTTLE (1961)					
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	V COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	PARCIALMENTE ALTERADA	IV	HORIZONTE IB
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA		III	HORIZONTE IC (SAPROLITO)
	II MODERADAMENTE ALTERADA				II SUELO RESIDUAL	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	I ALGO ALTERADA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	I ROCA INALTERADA	II	IB PARCIALMENTE METEORIZADA
	I ROCA SANA				II DEBILMENTE ALTERADA	ROCA SANA
					IB MUY POCO ALTERADA	
				IA ROCA SANA		

**Figura 2** Perfil de meteorización.

### 2.2.6 Propiedades de los Suelos

Todo suelo posee propiedades físicas o mecánicas que se ven afectadas por el contenido de humedad, la graduación que posean, la ubicación geográfica y el grado de inclinación en que se encuentren según **Arredondo (2016)**. Entre las propiedades físicas que más interesan están: la variación volumétrica, la resistencia mecánica, la granulometría y los límites de consistencia, los cuales

definen el comportamiento mecánico de los suelos cuando estos están sometidos a cargas gravitacionales.

La clasificación de suelos según (Chalco & Olivos (2019)) permite dividir a los suelos en diferentes grupos con comportamientos semejantes y propiedades geotécnicas similares. Visto de otro modo, consiste en contener a un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante.

Para la clasificación de un suelo en su mayoría utilizan ensayos muy sencillos, estos nos sirven para obtener las características del suelo y así poder asignarlo en un determinado grupo. Los ensayos básicos que se emplean para la clasificación de los suelos son la distribución granulométrica, los límites de Atterberg, el contenido de material orgánica, etc. (Cutimbo & Escobar (2021)).

## **2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Por la gran variedad de suelos presentes en la naturaleza, es que la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que haya fundamentado. Nuestro estudio abarco la clasificación tipo SUCS. **Duque (2016)**.

### **2.3.1 Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS).**

Este sistema (IRAM 10509 y ASTM D 2487 y 2488) es el de uso más extendido en la práctica geotécnica. Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos. Este sistema de clasificación se utiliza en cimentaciones. El sistema SUCS clasifica a los suelos en base a su forma, tamaño y a todo lo que corresponda a la granulometría, a los límites de Atterberg y el contenido en materia orgánica.



Para la clasificación se toma en cuenta lo siguiente:

1. Porcentaje de la fracción que pasa por el tamiz N° 200.
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.
3. Característica de plasticidad y comprensibilidad.

Los suelos se separan en tres divisiones:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso se dividen en gravas (G) y arenas (S).

Las gravas contienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa retenida en el tamiz N° 4 (4,76 mm) y las arenas son aquellos suelos cuya porción pasa el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G) como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios: *GW*, *GP*, *GM*, *GC*, *SW*, *SP*, *SM*, *SC* respectivamente, según la cantidad y el tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica

Los suelos de grano fino se subdividen en *limos (M)* y *arcillas (C)*, según su límite líquido y su índice de plasticidad. Los limos son suelos de grano fino con un límite líquido y un índice de plasticidad que resulten puntos por debajo de la línea “A”. Y arcillas aquellos que dan puntos por encima de la línea “A” (esta definición no es válida para las arcillas orgánicas, puesto que el límite líquido y el índice de plasticidad de estos suelos dan puntos por debajo de la línea “A”).

DIVISIÓN	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO			SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO			
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200	GRAVAS	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA N°4.	GRAVAS LIMPIAS (poco o nada de partículas finas)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos	FRACCIÓN QUE PASA POR LA MALLA N° 200 Menos del 5% : GW, GP, SW, SP. Más de 12% : GM, GC, SM, SC De 5% al 12% : Casos de frontera se requiere el uso de símbolos dobles.	Coeficiente de uniformidad $C_u$ : mayor de 4 Coeficiente de curvatura $C_c$ : entre 1 y 3 $C_u = D_{60}/D_{10}$ ; $C_c = (D_{30})^2/D_{10}D_{60}$		
			Predominio de un tamaño ó un tipo de tamaño, con ausencia de algunos intermedios.	GP	Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos			No satisfacen todos los requisitos de gradación para GW.	
		GRAVAS CON FINOS (cantidad apreciable de partículas finas)	GM	d u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Debajo de "A" I.P. menor que 4	Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.	
			Fracción fina plástica (para identificarla véase grupo CL)	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Arriba de "A" I.P. mayor que 7		
		ARENAS	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA N°4.	ARENAS LIMPIAS (poco ó nada de partículas finas)	SW		Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos	FRACCIÓN QUE PASA POR LA MALLA N° 200 Menos del 5% : GW, GP, SW, SP. Más de 12% : GM, GC, SM, SC De 5% al 12% : Casos de frontera se requiere el uso de símbolos dobles.	Coeficiente de uniformidad $C_u$ : mayor de 6 Coeficiente de curvatura $C_c$ : entre 1 y 3 $C_u = D_{60}/D_{10}$ ; $C_c = (D_{30})^2/D_{10}D_{60}$
				Predominio de un tamaño ó un tipo de tamaño, con ausencia de algunos intermedios.	SP		Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		
	ARENAS CON FINOS (cantidad apreciable de partículas finas)		SM	d u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Debajo de "A" I.P. menor que 4		Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.
			Fracción fina plástica (para identificarla véase grupo CL)	SC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Arriba de "A" I.P. mayor que 7		

Figura 3 Clasificación SUCS para partículas gruesas.

DIVISIÓN	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO				SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO		
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material PASA en la malla número 200	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N° 40						G = gravas, M = limo, O = orgánicos, W = bien gradadas, S = arenas, C = arcilla, P = mal gradado, L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad.  CARTA DE PLASTICIDAD 		
	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO menor de 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (característica al rompimiento)	MOVILIDAD DEL AGUA (consistencia cerca del límite plástico)	TENACIDAD (consistencia cerca del límite plástico)		ML			Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
		Nula o ligera	Rápida alenta	Nula		CL			Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
		Media a alta	Nula a muy lenta	media		OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO mayor de 50	Ligera a media	Lenta	Ligera		MH			Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeas, limos elásticos.
		Alta a muy alta	Nula a muy lenta	Alta		CH			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media		OH			Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y, frecuentemente, por su textura fibrosa.				Pt			Turbas y otros suelos altamente orgánicos.

Figura 4 Clasificación SUCS para partículas finas.

### 2.3.2 CAPACIDAD PORTANTE

Es la medida de la presión que tiene un suelo para soportar una carga. Si el esfuerzo pasa esa medida, el suelo falla. En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas



sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. **Calderón (2015)** Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

- Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.
- Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible. De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

### 2.3.3 Teoría de capacidad de carga última

**Terzaghi (1943)** fue el primero en presentar una teoría para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones superficiales, la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad  $D_f$  de la cimentación es menor que o igual al ancho de la misma, sin embargo, investigadores posteriores a sugerido que cimentaciones con  $D_f$  igual a 3 veces el ancho de la cimentación se definen como cimentaciones superficiales **Braja (2001)**. Terzaghi expreso de la capacidad de carga última respecto a la falla por corte local está dada por la expresión:

Capacidad de Carga Última.



$$q'_c = \frac{2}{3}CN'_c + \gamma DfN'_q + 0.5\gamma BN'_\gamma$$

Dónde:

$q'_c$  = Capacidad de carga límite.

C = Cohesión del suelo.

$\gamma$  = Peso específico del suelo.

Df = Profundidad de desplante de la cimentación.

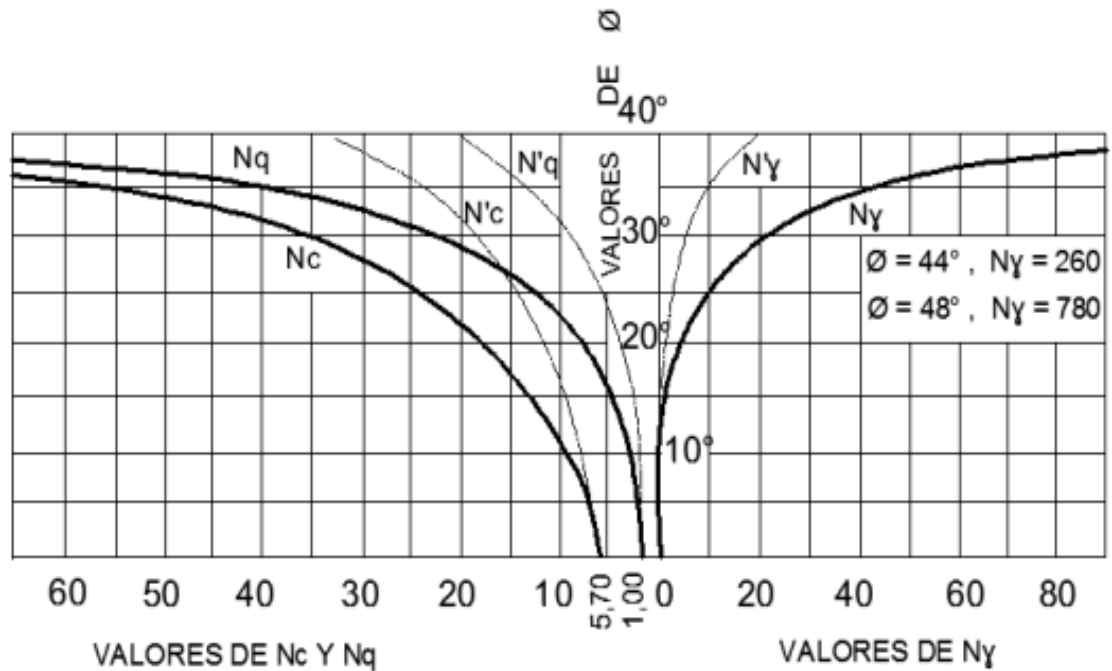
B = ancho transversal de la cimentación.

$N'_c, N'_q, N'_\gamma$  = Factores de capacidad de carga.

Se obtienen de la **Figura 5**, dependen solo del ángulo de fricción interna

$\emptyset$ .





**Figura 5** Factores de Capacidad de carga de Terzaghi.

## 2.4 ENJSAYOS DE CAMPO

Los resultados de este reconocimiento se registran en planillas adecuadas en los que se indica la profundidad, descripción litológica, nivel freático, presencia de filtraciones, situación de las muestras tomadas y registro fotográfico.

Los trabajos de campo están dirigidos directamente por nuestro equipo técnico, donde se suscribe el estudio de mecánica de suelos, donde los cuales se realizaron trabajos como la exploración de calicatas o pozos de exploración para determinar, describir e identificar de manera visual, bajo la norma técnica peruana NTP 339.150 y **Milla (2011)**, además se realizaron ensayos de penetración estándar SPT para obtener la densidad y el peso unitario del suelo in situ o en laboratorio según la **Norma E.050 (2018)**, corroborando mediante paneles fotográficos su validación.



### 2.4.1 Calicatas

Las calicatas, como lo define Neyra (2019), son excavaciones de formas diversas como pozos, zanjas, rozas, etc., realizadas a través de medios mecánicos convencionales, estos permiten la observación directa del terreno a una determinada profundidad. Este reconocimiento del terreno nos permite acceder directamente al terreno y así tomar datos litológicos del mismo, de igual manera de realiza la toma de muestras de gran tamaño para la realización de ensayos. Estas excavaciones presentan varias limitaciones detalladas a continuación:

- Profundidad de reconocimiento moderada (<4 o 5 m.).
- La excavación del terreno se realiza con medios mecánicos.
- Ausencia de nivel freático o aportaciones de agua moderada en terrenos de baja permeabilidad.
- Ausencia de instalaciones, conducciones, cables, etc.
- Deben evitarse cuanto puede deteriorarse al terreno de apoyo de las futuras cimentaciones o cuando puedan crearse problemas de inestabilidad en estructuras próximas.

## 2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio Estándar y Especiales, se clasifica los suelos bajo el sistema “SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos) según define **Duque (2016)** para determinar las características mecánicas y físicas de los suelos mediante las muestras extraídas de cada una de las calicatas ya sea esta alterada y/o inalterada.

Estos ensayos se hacen con el fin de determinar la naturaleza y propiedades del terreno del proyecto, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación. Los resultados de algunos ensayos realizados se proporcionarán a los especialistas encargados de las áreas de pavimentos y estructuras.

Los parámetros obtenidos de la capacidad portante se obtienen a partir del ensayo de corte directo.

Dentro de los ensayos estándar se consideran los más indispensables para nuestro estudio, y que gracias a los estudios de **Bowles (1981)** y **Duque (2016)** los cuales se detalla a continuación:

- Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado NTP 339.128
- Ensayo de Límites de consistencia NTP 339.129
- Ensayo de Contenido de Humedad NTP 339.127
- Ensayo de Corte Directo NTP 339.171
- Análisis químico del suelo de fundación NTP 339.152



**Figura 6** Se observan las mallas para los ensayos de laboratorio.



### 2.5.1 Ensayo para el análisis granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado cumple con las siguientes normas: ASTM D422 (NTP 339.128).

Este tipo de ensayo es uno de los análisis de suelos más antiguo y común, cuya información que proporciona nos permitirá clasificar al suelo mediante el tamaño de partícula que predomina, **Pari (2018)** sirve para aproximar un coeficiente de permeabilidad, aproximar o estimar posibles asentamientos, estimar un uso adecuado para el suelo.

### 2.5.2 Límite Líquido

El límite líquido (LL) de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido **Coila (2022)**. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo una distancia de 12.7 mm cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo. Aplicaciones que podemos encontrar a partir de este análisis.

### 2.5.3 Límite Plástico

El límite plástico (LP) de un suelo es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolando en hilos de 3.2 mm sin que se rompan en pedazos.



Según **Coila (2022)** El LP es también una medida de resistencia al corte de un suelo.

#### **2.5.4 Ensayo de Contenido de Humedad de un suelo**

El contenido de humedad de un suelo es la relación existente entre la masa de agua que logra alojarse dentro de la estructura porosa del suelo, y la masa propia de las partículas de suelo. También se define el contenido de humedad de un suelo como la suma del agua libre, capilar e higroscópica. **Bowles (1981)**.

#### **2.5.5 Control y compactación de suelos**

El Norma Técnica E.050 (2018) indica, para materiales de relleno ítem 4.4.1 Rellenos Controlados o de Ingeniería, el Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:

- a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.

Razones por la cual se desarrollará ensayos de Proctor modificado y el CBR para el control de compactación.

### 2.5.6 Factores que influyen en la ocurrencia de la licuefacción

Tipo de suelo; los suelos uniformemente graduados son más susceptibles de sufrir licuefacción que los suelos bien graduados, dentro de los primeros, las arenas se licuan más fácilmente que las gravas o suelos arcillosos aluviales.

- Em; eficiencia del martillo
- Cb; corrección por diámetro de la penetración
- Cr; corrección por la longitud de la barra.

**Ecuación de skepton**  $N_{60} = 1.67 * E_m * C_b * C_r * N$

## 2.6 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Es importante tener en cuentas las definiciones de los temas más usados en este estudio de investigación. **Sánchez (2019)**. Y tenemos a continuación:

- **Suelo.** El suelo es el material suelto no consolidado resultado de la alteración meteorológica o de la disgregación física y química de las rocas.
- **Clasificación SUCS.** Este método de ensayo describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico (NTP 339.134 – 1999).
- **Capacidad portante.** Presion requerida para producir la falla de la cimentacion por corte (sin factores de seguridad).
- **Granulometría.** Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos (NTP 339.128 – 1999).



- **Limite Líquido.** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico (NTP 339.128 – 1999).
- **Limite Plástico.** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido (NTP 339.128 – 1999).
- **Índice Plástico (IP).** Es el rango del contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y plástico (NTP 339.128 – 1999).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos que se emplearon para la obtención de datos geológicos y geotécnicos para realizar el trabajo de investigación, a continuación, se menciona:

##### 3.1.1 Materiales

- Libreta de campo.
- Brújula.
- GPS.
- Picota de geólogo.
- Lupa de geólogo.
- Mapas geológicos obtenidos de INGEMMET.
- Manual de guía de geomecánica de suelos.

##### 3.1.2 Equipos

- Cono de Densidad de Campo y accesorios
- Probadores Rápidos de Humedad
- Agitador Mecánico de Suelos
- Hidrómetro de Suelos ASTM
- Conjunto para Pruebas de Equivalente de Arena
- Balanza de Flotabilidad, Cesta de Densidad (Agregados)
- Cono de Absorción de arena y pisón
- Picnómetro de Arena y Grava Fina
- Dispositivo de calibre Proporcional
- Máquina de Abrasión Los Ángeles (Agregados)
- Tamices Estándar
- Tamizadoras
- Partidores de muestras



- Dispositivos de Límite líquido (Casa Grande)
- Penetrómetro de Cono
- Conjunto Límite Plástico y de Contracción
- Conjunto de Penetrómetro Proctor y Mortero
- Barrenas de Suelo.
- Hornos de Secado.
- Balanzas Electrónicas.
- Balanzas Mecánicas.
- Capsulas de Evaporación, Mortero y Majador de Suelos
- Cajas de Aluminio para contener humedad.
- Equipo de penetración Estándar SPT y accesorios



**Figura 7** Equipos y materiales del Laboratorio.

### 3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología usada fue un método de estudio no experimental de tipo transicional porque se recolectaron los datos en un solo momento, en un tiempo único o

momento dado y por ello se tuvo que repartir el trabajo en 4 fases. Primeramente, realizar la Búsqueda y recopilación de información previa, seguidamente de estudiar y realizar Técnicas de exploración de campo para Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) y estudio geológico. Después seguir el Programa de exploración de campo (calicatas). Siguiendo el modelo de **Avilés (2013)** Y por último realizar el Trabajo de Ensayos de Laboratorio y Gabinete.



**Figura 8** Equipo Técnico en el lugar de estudio.

### **3.2.1 Fase previa: Búsqueda y Recopilación de la información previa**

En todo estudio de suelos es de gran importancia porque permite conocer todos los estudios previos de interés que pudieran existir sobre el área, así como toda la documentación cartográfica disponible. Su importancia radica especialmente en que la naturaleza y calidad de la información y documentación existente, puede ser determinante en la metodología a aplicar en el estudio, y de la necesidad y/o intensidad de las tareas a desarrollar en las etapas subsiguientes, según **Avilés (2013)** En el estudio geológico se realizó la recopilación de datos a nivel regional y local como la lito estratigrafía, así también el relieve como geomorfología, geología estructural donde se puedan presentar fallas principales

a nivel local, geodinámica externa. Estos desarrollaron mapas con imágenes satelitales.

Se verificaron y analizaron imágenes satelitales del área de la presa, descartando así agentes externos que pueden afectar durante y después de la construcción de la presa.

Los detalles que no se vean por imágenes satelitales tienen que ser verificados en la etapa de campo, principalmente de fallas geológicas.

**Tabla 1**

*Metodología en Fases del trabajo de investigación.*

<b>FASES</b>	
<b>1.- Búsqueda y Recopilación de la información previa.</b>	
-	Conocimiento de estudios previos de interés sobre la zona.
-	Estudio de la documentación cartográfica disponible.
-	Recopilación de datos a nivel regional y local en el aspecto geológico (lito estratigrafía, geomorfología, geología estructural, geodinámica externa.
-	Análisis de las imágenes satelitales de la zona de investigación.
<b>2.- Técnicas de exploración de campo para Estudio de Mecánica de Suelos.</b>	
-	Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – manual. (NTP 339.150).
-	Excavación de Pozos o Calicatas y Trincheras. (NTP 339.162).
-	Método de ensayo de penetración estándar SPT. (NTP 339.133)
-	Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería - sistema unificado de clasificación de suelos SUCS. (NTP 339.134)
-	Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción. (NTP 339.162).
<b>3.- Programa de exploración de campo y ensayos de laboratorio.</b>	
-	Condiciones de frontera.
-	Número “n” de puntos de exploración.
-	Profundidad P a alcanzar en cada punto.
-	Distribución de los puntos en la superficie del terreno.
-	Número y tipo de muestras a extraer.
-	Ensayos a realizar “In situ” y en el laboratorio.
<b>4.- Trabajo Ensayos de Laboratorio y Gabinete.</b>	
-	Cálculo de ensayos realizados in situ y laboratorio, como también la interpretación de los resultados.
-	Resumen de valores obtenidos de los ensayos realizados.
-	Clasificación del suelo.
-	Cálculo de la determinación de la capacidad portante admisible del suelo de fundación de cada pozo exploratorio, según el tipo de suelo existente.
-	Determinar si presenta problemas en la cimentación.

### 3.3 TRABAJO DE CAMPO

El objetivo de trabajo de campo es la determinación de las características físicas-mecánicas de los materiales que existe en el suelo donde se apoya la futura estructura de los bloques que serán de edificaciones de un piso y dos pisos, estructurados por medio de pórticos de concreto armado, muros portantes y techos aligerados **Ver Figura 9**, para ello se lleva acabo prospecciones de Estudio (calicatas) a nivel de sub rasante con profundidades de 3 metros. Siguiendo el **RNE (2006)**.

De los materiales encontrados de los diversos estratos, se toman muestras selectivas en forma alterada e inalterada, se describiendo e identificando adecuadamente mediante una tarjeta, indicando la ubicación, numero de muestra (según correlación), profundidad y espesor de la capa, después colocar en bolsas de polietileno y trasladadas adecuadamente al Laboratorio, de igual forma se registran los mismos datos en la Libreta de campo adicionado características de gradación, predominio de material y el estado de compacidad de cada uno de los materiales.



**Figura 9** *Instalando los equipos para los ensayos de campo.*

Se realizaron Tres (03) calicatas o pozos de exploración “a cielo abierto”, designados como Calicatas CC-01, CC-02 y CC-03. Los bajo el número de puntos de

exploración se determina en la Tabla 6 en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por ésta.

Los cuales fueron ubicados convencionalmente y con profundidades suficientes de acuerdo a la intensidad de las cargas estimadas en el proyecto. En cada una de las calicatas se realizó el registro de la excavación de acuerdo a la norma NTP 339.162, describiendo el perfil estratigráfico y el tipo de material encontrado, la descripción comprende: la clasificación técnica, forma del material granular; color; porcentaje estimado de botonería y presencia de material orgánico; contenido de humedad; índice de plasticidad/compresibilidad.



**Figura 10** *Coordenadas UTM de una calicata hecha en la zona de estudio.*

### 3.4 TRABAJO EN LABORATORIO

Estos ensayos se realizaron con el fin de determinar la naturaleza y propiedades del terreno del proyecto, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación. Los resultados de algunos ensayos realizados se proporcionarán a los especialistas encargados de las áreas de pavimentos y estructuras. **Bowles (1981).**

En el área de pavimentos: Se proporcionan los datos obtenidos de los ensayos de Proctor y el ensayo de CBR.

En el área de estructuras: Se proporciona los datos obtenidos del cálculo de capacidad portante, los parámetros obtenidos de la capacidad portante se obtienen a partir del ensayo de corte directo.

Dentro de los ensayos estándar se consideran los más indispensables para nuestro proyecto, los cuales del trabajo de Duque (2016) se detalla, nuevamente, a continuación:

- Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado NTP 339.128
- Ensayo de Límites de consistencia NTP 339.129
- Ensayo de Contenido de Humedad NTP 339.127
- Ensayo de Corte Directo NTP 339.171
- Análisis químico del suelo de fundación NTP 339.152
- Ensayo de Compactación - Proctor Modificado NTP 339.141
- Ensayo de la Relación de Soporte de California CBR.



**Figura 11** Preparando el inicio de los ensayos de laboratorio.



## **3.5 TRABAJO DE CANTERAS**

### **3.5.1 Estudio De Las Canteras Del Material De Relleno**

En el caso que se requiera material de relleno, se desarrolló el estudio del material que tuvo como objetivo proporcionar la calidad del material disponible para la construcción principalmente de las estructuras I.E.I. N° 1038 Victoria.

El estudio de la cantera contó primero con estudios de laboratorio como los ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, ensayo límites de consistencia, abrasión de los ángulos (desgaste o resistencia que presenta), ensayo de compactación Proctor modificado.

### **3.5.2 Descripción de la cantera**

La cantera ha empleado su servicio, como un material de relleno, aproximadamente que brindo sus servicios a las diferentes obras estructurales, como material de relleno.

### **3.5.3 Descripción del material:**

El material que se nos presentó, fue un material granular gravoso, arenoso con mezcla de material ligante o arcilla alta y mediana plasticidad, clasificada GW – GC.



**Figura 12** *Material de la cantera, y material de las calicatas.*

### **3.6 ACTIVIDADES FINALES DE GABINETE**

#### **3.6.1 Elaboración de planos**

Los planos correspondientes a esta investigación, se realizaron con la ayuda de software especializados para ingeniería y con los datos de mapeo en campo. Mapas como la ubicación del área de proyecto, litológico, geomorfológico, perfil geológico. etc. Las cuales fueron procesadas a escalas detalladas.

#### **3.6.2 Procesamiento de Resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio.**

En esta etapa se ha procesado cada ensayo realizado en el laboratorio.

#### **3.6.3 Análisis e interpretación de los ensayos de laboratorio**

En esta etapa se ha analizado y se ha interpretado cada una de los resultados obtenidos en el laboratorio. Luego de obtener todos los resultados de la





granulometría y plasticidad se ha procedido a realizar la clasificación de suelos con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

#### **3.6.4 Cálculo de la capacidad portante del suelo**

Para el cálculo de la capacidad portante se aplicó la fórmula de TERZAGHI. Y para obtener el ángulo de fricción interna de suelo y la cohesión se ha empleado las tablas de los parámetros característicos del Ing. José María Rodríguez Ortiz - Jesús Serrad Tuesta y la tabla del Ing. Peter Wilhelm Vicke, las dimensiones de la cimentación se ha escogido un cimiento corrido con un ancho (B) de 0.80 m. peso específico del suelo se ha tomado como datos los resultados obtenidos del laboratorio.

#### **3.6.5 Redacción investigación final**

Con los datos obtenidos de los trabajos en gabinete inicial y corroborar con la información preliminar en campo las cuales fueron fundamentales en el desarrollo de la investigación, trabajos realizados en laboratorio y trabajos de gabinete final fueron debidamente procesados y con sus resultados correspondientes, para realizar la redacción de la tesis de investigación final.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio de Tesis está ubicado en el departamento de Puno, C. P. de VICTORIA, situada a 723.00 msnm, donde se ubica la I.E.I. N°1038 Victoria, Según el XI censo de población y VI de vivienda del año 2018, realizado por el INEI, el distrito de San Pedro de Putina Punco, cuenta con una población de 10,605 habitantes, de los cuales 1,546 de estos se encuentran en el área urbana y 9,059 habitantes en el área rural. Véase **Figura 13**.

La topografía del terreno es plana y con pendiente en la parte posterior del terreno y cuenta con aproximadamente de 18165.50 m<sup>2</sup> de terreno con un área construida de 175.1 m<sup>2</sup>; el área proyectada para el mejoramiento de la institución educativa es de 1422.68 m<sup>2</sup>.



**Figura 13** Área de la zona de investigación. Fuente: Google Earth.

#### 4.1.1 Ubicación política de la zona de estudio



Figura 15 Mapa Político del Perú.



Figura 14 Mapa Político del Dep. Puno

#### 4.1.2 Ubicación geográfica de la zona de estudio

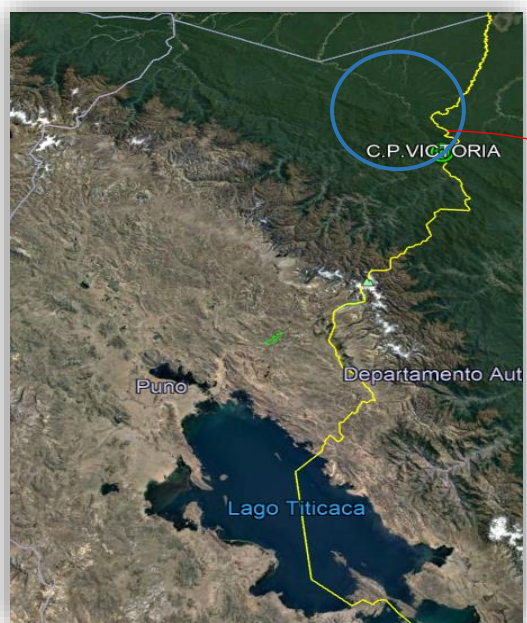


Figura 17 Ubicación del Proyecto. 59



Figura 16 Zona de estudio.

### 4.1.3 Accesibilidad

**Tabla 2**

*Accesibilidad a la zona de estudio.*

Vías De Acceso	Tramos	Características De La Vía	Tiempo	Medio De Transporte
		Distancia (Km)	(Horas)	
<b>Vía aérea</b>	Callao (Lima)	Espacio aéreo		Avión
	– Juliaca	841.56 km	1 y 30 min	
	(Puno)			
	Puno – Juliaca	Carretera Asfaltada 45 km	1	Camioneta
	Juliaca –	Carretera Asfaltada y trocha 349.4 km	8 – 10	Camioneta
<b>Vía Terrestre</b>	San Pedro de Putina Punco			
	San Pedro de Putina Punco	Carretera Afirmada 37.95 km	4 y 30 min	Camioneta
	–C.P. Victoria			

### 4.1.4 Condiciones climáticas de la zona

Según Sky (2022) el distrito donde se realizó el estudio se encuentra en condiciones climáticas húmedas, cálidas y semicálidas, predominando el clima cálido húmedo con una temperatura media anual superior a los 30° C aproximadamente, con baja oscilación térmica anual, con este tipo climático se encuentra asociado el Parque Nacional Bahuaja Sonene. Sin embargo, las lluvias a veces alcanzan valores anuales muy altos. En los lugares de una poca mayor altitud, se localiza el tipo climático semicálido, el más fresco de los cálidos, con temperatura media anual inferior a los 30°C.



#### **4.1.5 Flora y Fauna**

La cuenca del Tambopata se caracteriza por su alta diversidad biológica y extraordinaria belleza paisajística. La riqueza en especies de flora y fauna se debe a la presencia de varios ecosistemas en un corto trecho, producto de su origen en los Andes Orientales. Sin embargo, la expansión de la agricultura y la mayor presencia de los asentamientos humanos, han reducido el área de bosques, hábitat de la mayoría de las especies silvestres, alterando los ecosistemas y poniendo en riesgo su vida.

### **4.2 GEOMORFOLOGÍA**

Gracias a los estudios de Medina (2014), en general, desde el punto de vista morfo estructural regional, el área de estudio se ubica en la Faja Subandina del suroriente de Perú, la cual se encuentra disectada por varios cursos de ríos y quebradas.

En la zona, se exhiben valles con vertientes escarpadas o pendientes muy fuertes modeladas en rocas metamórficas; los cauces de los ríos descienden con pendiente moderada hacia la vertiente del atlántico.

#### **4.2.1 Pendiente de los terrenos**

La pendiente del terreno en la zona afectada por deslizamientos como verifica el estudio realizado por Medina (2014) varía principalmente de  $15^\circ$  a  $25^\circ$ , por lo que se considera como pendiente fuerte. La inclinación de la pendiente del terreno tiene una dirección al sur.

Las laderas de los cerros que rodean a la zona afectada por el deslizamiento del Barrio Selva Alegre y a la zona urbana de distrito de San Pedro de Putina Punco tienen pendientes que varían principalmente entre  $25^\circ$  y  $45^\circ$ , considerada



como pendiente muy fuerte; dentro de este rango de pendientes también se puede encontrar pequeñas áreas que tienen pendientes escarpadas ( $>45^\circ$ ).

#### **4.2.2 Unidades Geomorfológicas**

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Según **Villota (2005)**, las formas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies.

Además, se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas.

#### **4.2.3 Geoformas de carácter Tectónico degradacional y erosional**

Tal como explica **Álvarez (2015)** estas geoformas resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes.

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

#### 4.2.4 Unidad de Montañas

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos principalmente de rocas metamórficas.

Dentro de esta unidad se tienen la siguiente subunidad:

##### 4.2.4.1 Ladera de montañas en roca metamórfica. (LM-rm)

Sub unidad geomorfológica que rodea el área afectada por deslizamiento y la zona urbana del distrito San Pedro de Putina Punco. Está conformada por laderas de montañas que han sido modeladas en rocas metamórficas.

La altitud de las montañas desde el fondo de valle hasta la cima corresponde de 920 hasta 1458 m s.n.m respectivamente. Esta información según el **CEPIG (2015)**.

Debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de las laderas de las montañas varían principalmente de 25° a 45° considerada como pendiente muy fuerte, dentro de este rango de pendientes también se puede encontrar pequeñas áreas que tienen pendiente muy escarpada (>45°).



#### **4.2.5 Geoformas de carácter deposicional o agradacional**

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados. Según **Villota (2005)**.

##### **4.2.5.1 Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)**

Agrupar depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos metamórficos de la Formación Sandia.

En la zona del estudio, a los depósitos coluviales se les reconoce por su geometría y deben su origen a eventos de movimientos en masa (deslizamientos, flujos, etc.), su fuente de origen es cercana. La pendiente de su superficie varía de 15 a 25°.

Están conformados por un porcentaje mínimo de material grueso de naturaleza homogénea provenientes de las Formación Sandia mezclados con materiales finos como limo y arcilla. Su distribución es caótica.

Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones de depósitos de vertiente con taludes de pendiente entre 5° a 15°, su origen está asociado a flujos no canalizados. Se les encuentra como capas de suelo



fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y angulosos.

Sobre esta unidad geomorfológica se asienta las viviendas del distrito.

#### **4.2.5.2 Terraza aluvial (T-a)**

Son porciones de terreno alargado que se encuentran dispuestas a los costados del cauce principal del río Tambopata. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bloques, bolos, cantos, gravas con escasa presencia de arenas y limos) que corresponden principalmente a rocas polimícticas. Estos materiales fueron acarreados y depositados por el caudal del río Tambopata y sus quebradas afluentes.

#### **4.2.5.3 Terraza fluvial (T-fl)**

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. **Ver Figura 19** Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Tambopata a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conforman la llanura de inundación o el lecho de los ríos.



**Figura 18** Subunidades geomorfológicas de la zona de estudio.



**Figura 19** Terrazas fluviales ubicadas en el curso del río Tambopata.

### 4.3 GEOLOGÍA

Según la cartografía geológica del INGEMMET (cuadrángulo 32x de la provincia de Puno departamento de Puno) en el entorno regional, donde se tiene mapeadas importantes estructuras geológicas como: fallas y plegamientos, que siguen la dirección del plegamiento andino NE-SW.

Según Medina (2014), el análisis geológico del área de estudio, se desarrolló sobre la base de la carta geológica nacional a escala 1:100,000 del Cuadrángulo de Sandía,



Hoja 29-y publicado por Ingemmet. También se realizó la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite disponibles y, la información obtenida en la evaluación de campo.

En la zona de trabajo se observa una variada secuencia de rocas de diversa naturaleza, principalmente rocas intrusivas y rocas sedimentarias. Cuyas apariciones sucesiones y sucesos que dieron origen a esta disposición de afloramientos, están datadas entre el Cretácico y neógeno. Siendo mayormente cubiertos por depósitos recientemente cuaternarios.

### **4.3.1 Geología local**

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas metamórficas de edad Ordovícico Superior y a depósitos cuaternarios, diferenciándose las siguientes formaciones:

#### **4.3.1.1 Formación Vivian (Ks-v)**

Se le conoce como “arenisca azúcar”, forma también parte de grandes anticlinales. Son areniscas blancas cuarzosas sacaroide de grano a fino a grueso. Tiene gran importancia para la exploración petrolífera por su buena porosidad, lo que permite considerarla como buena roca reservorio. (Gonzales & López (2015))

#### **4.3.1.2 Formación Sandia (Os-s)**

Según los estudios de tesis de Álvarez (2015) regionalmente la litología de la Formación Sandia consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Ver Figura 20. Las cuarcitas al parecer son predominantes en la base y en la parte media de la secuencia, a pesar del metamorfismo sufrido aún es posible encontrar estratos de



areniscas con grano algo sueltos semiconsolidadas de aspecto sacaroideo, donde todavía se pueden ver huellas de estratificación cruzada. Formación Sandía una secuencia flichoide interestratificada con pizarras y cuarcitas que aflora entre Cuyo Cuyo y las inmediaciones de Sandía y que se extiende ampliamente hacia el NE del cuadrángulo de Sandía. Esta formación ocupa una gran extensión en el área de trabajo, se encuentra fuertemente plegada y fallada. La mayor exposición aparentemente continua que se encuentra entre Cuyo Cuyo (hoja de Limbani) y las inmediaciones de Queluma se debe más que todo por la repetición de estratos por la posición echada de sus estratos y el fuerte tectonismo. Véase Figura 21.

En la zona de estudio, los afloramientos rocosos de la Formación Sandía son observables en los cortes de talud realizados para la construcción de carreteras, mientras que las laderas naturales se encuentran cubiertos por vegetación densa, típica de la zona. También, se puede apreciar que las rocas están muy fracturadas, meteorizadas y cubiertas por depósitos coluviales.

#### **4.3.1.3 Depósito coluvial (Q-co)**

Se encontraron depósitos inconsolidados pertenecientes a antiguos proceso de movimientos en masa sobre la cual se encuentra construida las viviendas del Barrio Selva Alegre y Victoria. **Ver Figura 22.** Se compone de pequeños fragmentos dispersos de roca soportados en matriz limo arcillosa poco compacta de color pardo rojizo.



#### 4.3.1.4 Depósito aluvial (Q-al)

Están constituidos por fragmentos de rocas redondeadas de diferentes tamaños soportados en una matriz de gravas y arena en proporciones variables. **Ver Figura 23.**

Estos depósitos aluviales tienen una amplia distribución, se ubican en las terrazas formadas en el fondo de valle, ejemplo, en la margen izquierda del río Tambopata.

#### 4.3.1.5 Depósito fluvial (Q-fl)

Caracterizado por presentarse en el curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.) transportados por la corriente del río Tambopata a grandes distancias y depositados en forma de terrazas, removibles por el curso actual del río en avenidas.

Debido a la ubicación morfoestructural del área de trabajo y de la litología de la que están constituidos la cubierta superficial, a medida que se descende de altitud gradualmente se hace más intensa, es decir de mayor espesor; por esta razón tanto los contactos infra y suprayacentes no son fácilmente observables sobre todo el contacto superior por lo que tampoco se ha determinado el espesor real de la formación.

La litología en general consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Las cuarcitas al parecer son predominantes en la base y en la parte media de la secuencia, a pesar del metamorfismo sufrido aún es posible encontrar estratos de arenisca con

granos algo sueltos semisoldados de aspecto sacaroideo, donde todavía se pueden ver huellas de estratificación cruzada, estos estratos se arenisca podrían considerarse como horizontes guías, siendo así que se ha ubicado entre Huancaluque y el túnel de la carretera Sandia – Nacureque aproximadamente en cuatro lugares con características físicas casi similares.



**Figura 20** *Formación Sandia conformado por pizarras y areniscas delgadas.*



**Figura 21** *Formación Sandia en la vía de acceso al sector Canchapata.*



**Figura 22** *Depósito coluvial ubicado en la Av. Tambopata, Barrio Selva Alegre.*



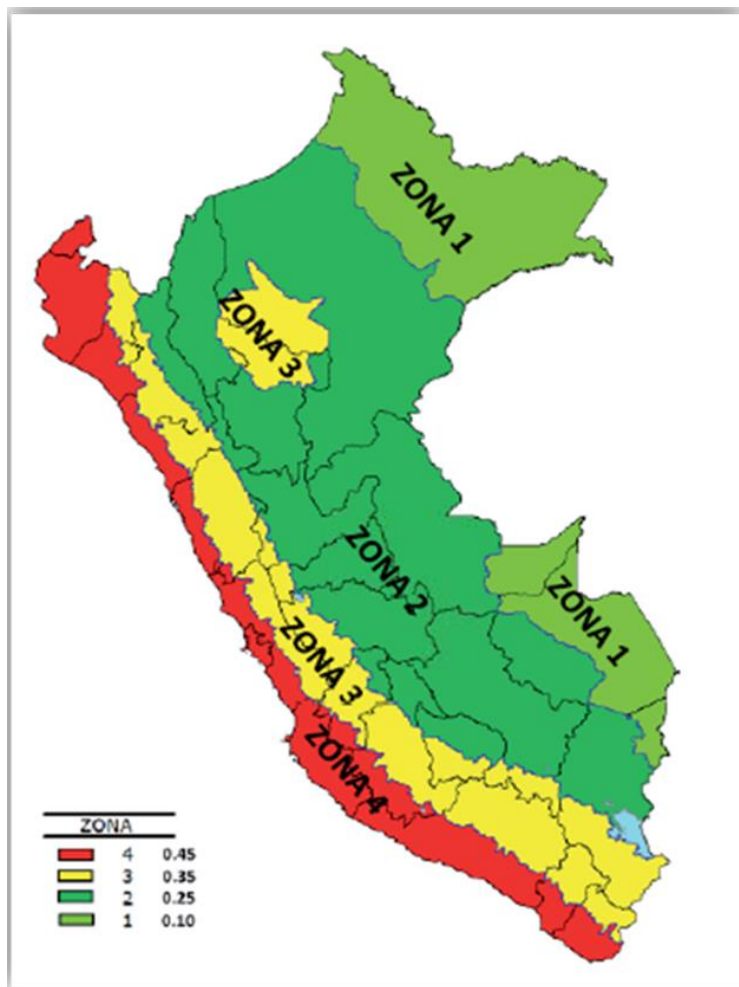
**Figura 23** *Depósitos aluviales (Q-al).*

### 4.3.2 Geodinámica

Durante los trabajos de campo no se han detectado fenómenos de geodinámica externa reciente, como levantamientos y/o hundimientos, ni desplazamientos de la formación sedimentaria existente en el lugar.

### 4.3.3 Sismología

De acuerdo a nuestro mapa de zonificación sísmica del Perú, según la Norma Técnica E.030 (2016), el territorio nacional se encuentra dividido por cuatro zonas.



**Figura 24** Intensidad sísmica por zonas en el Perú.





La zonificación propuesta se basó primeramente en los estudios realizados por el CEPIG “Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación en Gestión Reactiva” que viene siendo una Unidad Funcional del **INDECI (2015)** Y en la distribución espacial de sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información geotécnica. **Ver Figura 24.**

Tal como enfoca Muñoz (2020) son estudios multidisciplinarios, que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuefacción de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Será requisito la realización de los estudios de microzonificación de los siguientes casos:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Complejos industriales o similares.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos sociales.

Los resultados de estudios de microzonificación serán aprobados por la autoridad competente, que puede solicitar informaciones o justificaciones complementarias en caso lo considere necesario.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	1	TRES DISTRITOS
		SAN JUAN DEL ORCO		
		YANAHUAYA		
		CUYOGLIYO	2	SIETE DISTRITOS
		LIMBANI		
		PATAMBUCCO		
		PHARA		
		QUIACA		
		SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO		
		SANDIA		

**Figura 25** Los distritos de la Provincia de Sandia según su zona sísmica.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

##### 5.1.1 Geología

Encontramos en la zona de estudio a la formación geológica llamada Vivian conformado por Areniscas cuarzosas blancas a rosadas, grano, grano medio a grueso. Es de la Era del Mesozoico, del Periodo Cretáceo Superior y perteneciente al grupo Oriente.

MESOZOICO	CRETACEO	Superior	Formación Vilquechico	Ks-vi <sub>i</sub>	interna paralela intercalado con niveles de limoarcillitas	
				Ks-vi <sub>s</sub>	Areniscas cuarzosas blancas intercaladas con niveles de limoarcillitas	
			Formación Arcurquina	Kis-ar	Calizas grises micriticas con pliegues disarmónicos con presencia de fósiles	
		Grupo Oriente		Formación Vivian	Ks-v	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio bien clasificadas en capas medias a gruesas con laminación cruzada
		Inferior	Formación Chonta	Ks-ch	Lodolitas grises con intercalaciones de limolita y caliza	

**Figura 26** Columna estratigráfica se muestra la Formación Vivian.

Su denominación le pertenece a Kummel según los estudios de la UNI (1998) el cual describió su estratigrafía en la región Santa Clara – Alto Urubamba; se le conoce también como “Arenisca Azúcar”. Según nuestros estudios recientes hechos “IN SITU” se trata de areniscas blancas cuarzosas sacaroideas de grano



fino a grueso, las que en parte muestran coloraciones amarillentas por oxidación, areniscas bien seleccionadas ocasionalmente cuarcitas, cuyos granos son subredondeados a redondeados, indicando transporte eólico.

En partes se muestran fiabes a duras y con presencia de estratificación cruzada.

Corroborando lo que describen Gonzales Aliaga & López Ramírez (2015), entre los estratos de areniscas se puede tener intercalaciones en escasos niveles delgados de limolitas y lutitas rojizas, a veces abigarradas. Tiene gran importancia para la exploración petrolífera la que radica en su buena porosidad, lo que permite ser considerarla como buena roca reservorio. En comparación a la Formación Chonta, esta carece de fósiles, su posición estratigráfica y los numerosos estudios realizados por compañías petroleras, permiten confirmar su edad como Cretáceo superior probablemente Cenomaniano.

### **5.1.2 Tipo de falla**

El tipo de falla que debe esperarse depende de varios factores no del todo determinados al momento. Vesic (1958) afirma que, en términos generales, el tipo de falla depende de la compresibilidad principal, tanto en arenas, como en arcillas saturadas, normalmente consolidadas. En caso de nuestro estudio de investigación predomina las arenas.

Las gravas y las arenas son prácticamente incompresibles, mientras que las arcillas son compresibles ya sea de compresibilidad baja, media o alta.

Para nuestro estudio se realizó cuatro calicatas y de acuerdo a los resultados dados por los ensayos de laboratorio de granulometría y límites de

consistencia se determinó que el mayor porcentaje de suelos es arena por lo tanto es incompresible y se estima una *falla general por corte*.

### 5.1.3 Riesgos geológicos identificados

Según la evaluación *in-situ*, el movimiento en masa identificado en el Barrio Selva Alegre y Victoria corresponde a un **deslizamiento confinado** retrogresivo que ocurre sobre depósitos de movimientos en masa antiguo. **Ver Figura 27.**

También se presencia **deslizamiento confinado** lo cual se refiere a la distribución de la actividad de un movimiento en masa, en el que este presenta un escarpe, pero no tiene una superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada. **Medina (2014)**, sugiere que los desplazamientos en la cabeza dan lugar a una compresión y ligero abultamiento al pie de la masa. **Ver Figura 28.**

En total se han identificado tres escarpas principales y una fisura o grieta que no tiene desplazamiento.

La escarpa ubicada en el talud superior de la Av. Circunvalación tiene una longitud de aproximada de 150 m y un salto promedio de 0.50 m a 2 m.

### 5.1.4 Causas del movimiento

De acuerdo a las características del movimiento, se infiere que éste fue causado por diversos factores. Entre ellos se puede mencionar por estudios del **CEPIG (2015)** lo siguiente:

- Ladera con pendiente entre 15° a 25° afectada por procesos de movimientos en masa antiguos susceptible a reactivaciones.

- Suelos o depósitos coluviales pertenecientes antiguos movimientos en masa saturados de agua, incrementándose en el periodo lluvioso, ayudaron a la desestabilización la ladera provocando la pérdida de la cohesión y presión de poros de los suelos limo-arcillosos.
- Deforestación y corte de talud realizadas para la construcción de viviendas y apertura de calles.
- Ocupación inadecuada del suelo por el hombre.
- Falta de sistema de drenaje de aguas pluviales y fluviales.



**Figura 27** *escarpas de deslizamiento activo cerca de la zona de estudio.*



Figura 28 Salto de escarpa del deslizamiento en el talud superior.

## 5.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y LABORATORIO

Un programa de investigación de campo y laboratorio, según **Calderón (2015)** se define mediante:

- Condiciones de frontera.
- Número **n** de puntos de exploración.
- Profundidad **p** a alcanzar en cada punto.
- Distribución de los puntos en la superficie del terreno.
- Numero de muestras a extraer.
- Ensayos a realizar “in-situ” y laboratorio.

### 5.2.1 Condiciones de frontera

La I.E.I. N° 1038 VICTORIA se ubica en estratos erráticos, rellenos o cavidades, excepto en ruinas arqueológicas no existen. **Muñoz (2020)**.

No existen edificaciones situadas a menos de 100 metros del terreno a edificar que presenten anomalías como grietas o desplomes originados por el terreno de cimentación.



**Figura 29** Condiciones de Frontera de la I.E.I.

### 5.2.2 Número “n” de puntos de exploración

El número de puntos de exploración a realizar se determinó de acuerdo a las siguientes tablas del **RNE (2006)**, el cual está en función del tipo de edificación y el área de la superficie a ocupar por este:



**Tabla 3**

*Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración.*

Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
Aporticada De Acero	< 12	III	III	III	II
Pórticos y/o Muros De Concreto	< 10	III	III	II	I
Muros Portantes De Albañilería	< 12	II	I	---	---
Bases De Máquinas Similares	Cualquiera	I	---	---	---
Estructuras Especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras Estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
- Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
Tanques Elevados Y Similares		≤ 9 m de altura		> 9 m de altura	
		II		I	
Plantas De Tratamiento De Agua		III			
Instalaciones Sanitarias De Agua Y Alcantarillado En Obras Urbanas.		IV			

**Fuente:** *suelos y cimentaciones E – 050*

La edificación a construir es de pórticos y muros de concreto con el cual cuenta con 1 nivel construidos donde la distancia mayor entre las columnas del pórtico (L) es igual a 9.50m (dato aproximado proporcionado por los responsables del diseño del proyecto). Mediante la tabla anterior se clasifica la edificación.

**Tabla 4**

*Número de puntos de exploración*

NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACION	
Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración (n)
I	Uno por cada 225 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
II	Uno por cada 450 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
III	Uno por cada 900 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso*
IV	Uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

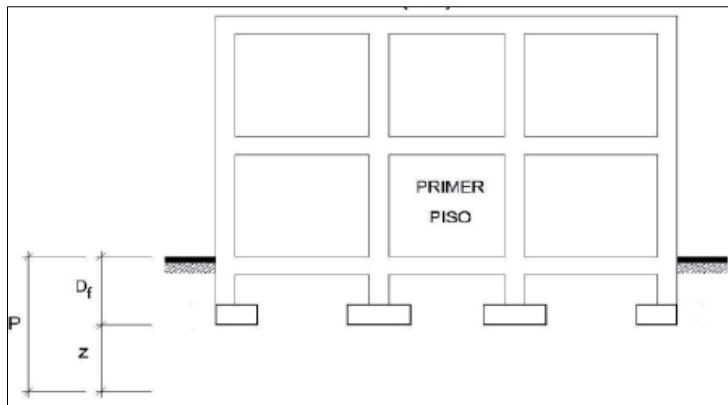
*Fuente: suelos y cimentaciones E – 050*

$$n = \frac{\text{Área techada}}{\text{Tipo de edificación}} = \frac{1319.16 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2} = 1.47 \approx 3$$

El número “n” de puntos a investigar, que se exige es según al área techada y tipo de edificación en el cual se calculó 3 puntos de exploración, en nuestro caso se cumplió con lo norma ya que se realizó 3 calicatas a cielo abierto que se identificaron como CC – 01, CC – 02 y CC – 03, para el tema de sondeos de realizo 3 puntos a través de ensayos SPT.

### 5.2.3 Profundidad “p” a alcanzar en cada punto

La profundidad del punto de investigación según al artículo 15 - literal C (Profundidad “p” mínima a alcanzar en cada punto de exploración) de la norma E-050 suelos y cimentaciones. Cimentación superficial sin sótano, se determina con la siguiente ecuación:



**Figura 30** Profundidad a alcanzar cada punto.

$$P = D_f + z$$

**Donde:**

$D_f$  = profundidad de la cimentación

$z = 1.5 * B$ , siendo B el ancho de la cimentación

$$P = D_f + z$$

### **PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA CALICATAS.**

$P = 1.5 + 1.5 * 1.0 = 3.00$  m Para 1m de ancho de cimentación.

### **PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA SONDEOS.**

$P = 1.5 + 1.5 * 2.0 = 4.5.00$  m Para 1.50m de ancho de cimentación.

## **5.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO (IN SITU)**

Se realizó el ensayo de penetración estándar “SPT” con el fin de determinar el perfil del suelo, ya que las muestras que se obtuvieron con la excavación de calicatas a cielo abierto se determinaron que en su gran extensión del terreno es de tipo granular el suelo, según el estudio de investigación realizado por **Arredondo (2016)** la profundidad que se debe realizar este ensayo es de 30m de profundidad.

No desarrollamos los ensayos DPSH, Cono tipo Peck, CPT, DPL, Corte por Veleta, y los demás que son estipulados en la Norma E.050 no se realizaron porque no fueron indispensables para el presente estudio.



**Figura 31** *Ensayos De Campo (In Situ).*



**Figura 32** *Trabajo del Equipo técnico.*



### 5.3.1 Exploración de calicatas y extracción de muestras

Se realizó un muestreo sistemático en forma directa en lugares estratégicos y representativos previo a un programa diseñado para cada uno de las estructuras que contendrá el proyecto en estudio para esto se procedió con la apertura calicatas a cielo abierto con obtención de muestras de muestras de diferentes tipos de suelo, y Descripción e identificación de suelos, Procedimiento visual – manual. (NTP 339.150) y las respectivas pruebas de acuerdo a la magnitud del proyecto, la profundidad alcanzada obedece a la intensidad y tipo de suelo. Guiándonos de **Milla (2011)**.

- **Extracción de Muestras Alterada en Bolsa de Plástico (Mab) NTP 339.151 (ASTM D4220).**

Para las muestras alteradas en primer lugar se realizó la extracción de las calicatas (C-1, C-2, C-3, C-4, C-5) con el fin de obtener muestras representativas de cada calicata. Luego del cuarteo se trasladó hacia el laboratorio un aproximado de 5.00kg de muestra de cada una de las calicatas para realizar los distintos ensayos de laboratorio necesarios para nuestro E.M.S de nuestro proyecto.

- **Extracción Muestras Inalteradas en bloque (Mib) NTP 339.151 (ASTM D4220)**

Para las muestras inalteradas se extrajo un cubo de 40cm de lado aproximadamente de cada una de las calicatas CC – 01, CC – 02 y CC – 03. Para determinar la capacidad portante de la estructura y la humedad que tiene el suelo.



**Figura 33** *Exploración de Calicatas y Extracción de Muestras.*



**Figura 34** *Extracción de muestras.*

### **5.3.2 Resultados del ensayo de penetración estándar SPT**

Este ensayo se realizó específicamente para determinar el perfil del suelo y la estratigrafía a una profundidad de 30m o hasta una superficie impenetrable.



**Figura 35** *Ensayo de Penetración Estándar (SPT) Fuente: Equipo técnico.*

Por cada sondeo a 1.00m se extrajo muestras inalteradas, con fines de determinar el suelo y la estratigrafía.



**Figura 36** *Puntos de Sondeo.*

Memoria de cálculo del ensayo penetración estándar SPT

$$N_{stp_{1.50}} \text{ es } SPT_{15-30} + SPT_{30-45} = 7 + 9$$

: 16 golpes Clasf. Suelo muy Compacto, arcilloso

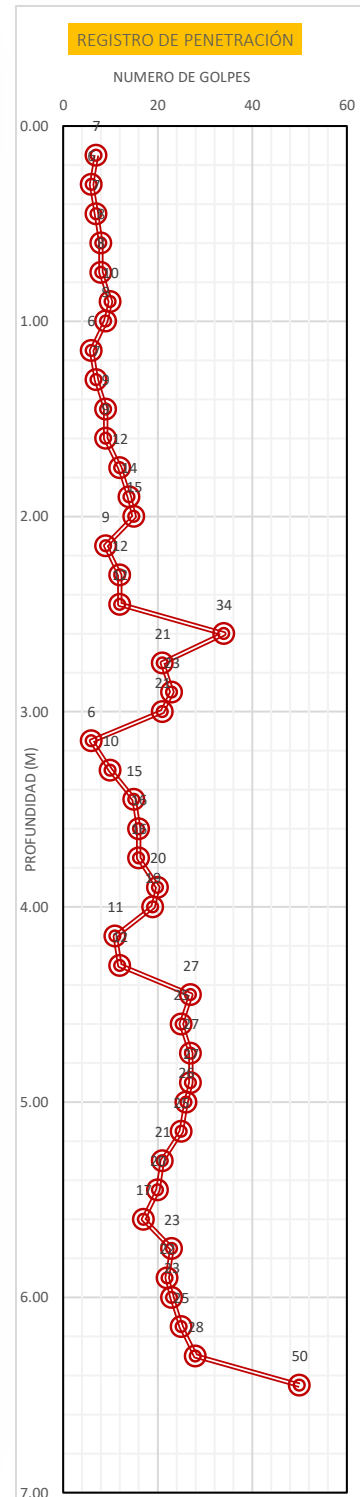
$$N_{stp_{6.45}} \text{ es } SPT_{15-30} + SPT_{30-45} = 28 + 50$$

; 78 golpes Clasf. Suelo muy denso, grava arcillosa.

**Tabla 5**

*Ensayo de penetración estándar SPT N° 01.*

PROF. (m)	N°Golpes (Campo)	N° Cada 15	N spt	DESCRIPCION EL SUELO		
				Descrip.	Clasificación	
0.80	0	0	Material organico			
0.15	7	7	13	Suelo Compacto	GP - GC	Grava mal graduada con arcilla con bloques
0.30	6	6				
0.45	7	7				
0.60	8					
0.75	8					
0.90	10		16	Suelo Muy compacto	GC	grava arcillosa
1.00	9					
1.15	6	6				
1.30	7	7				
1.45	9	9				
1.60	9		24	Suelo Muy compacto	SW - SC	Arena bien graduada con arcilla con bloques
1.75	12					
1.90	14					
2.00	15					
2.15	9	9				
2.30	12	12	25	Suelo Muy compacto	SC	Suelo arenoso con arcilla de Alta plasticidad de color naranja
2.45	12	12				
2.60	34					
2.75	21					
2.90	23					
3.00	21		39	Suelo Duro	CH	Arcilla de mediana plasticidad arenosa
3.15	6	6				
3.30	10	10				
3.45	15	15				
3.60	16					
3.75	16		41	Suelo Duro	SC	Arena arcillosa
3.90	20					
4.00	19					
4.15	11	11				
4.30	12	12				
4.45	27	27	78	Suelo Muy denso	GC	Grava arcillosa
4.60	25					
4.75	27					
4.90	27					
5.00	26					
5.15	25	25	41	Suelo Duro	SC	Arena arcillosa
5.30	21	21				
5.45	20	20				
5.60	17					
5.75	23					
5.90	22		78	Suelo Muy denso	GC	Grava arcillosa
6.00	23					
6.15	25	25				
6.30	28	28				
6.45	50	50				



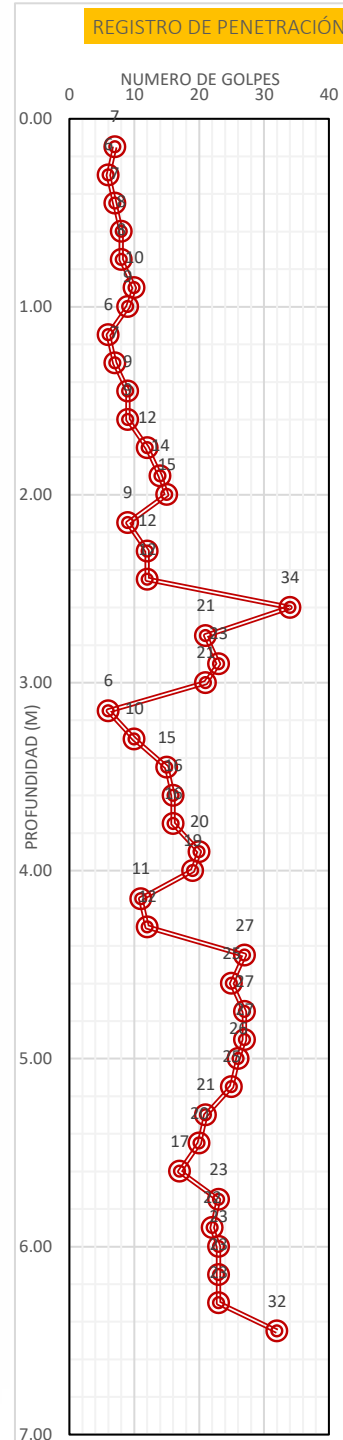
**Figura 37** Registro de penetración del SPT 1.



**Tabla 6**

*Ensayo de penetración estándar SPT N° 02*

PROF. (m)	N°Golpes (Campo)	N° Cada 15	N spt	DESCRIPCION EL SUELO		
				Descrip.	Clasificacion	
0.80	0	0	Material Organico			
0.15	7	7	13	Suelo Compacto	SW - SC	arena bien graduada con arcilla
0.30	6	6				
0.45	7	7				
0.60	8					
0.75	8					
0.90	10					
1.00	9		16	Suelo Muy compacto	SC	arena arcillosa
1.15	6	6				
1.30	7	7				
1.45	9	9				
1.60	9					
1.75	12					
1.90	14		24	Suelo Muy compacto	SC	arena arcillosa
2.00	15					
2.15	9	9				
2.30	12	12				
2.45	12	12				
2.60	34					
2.75	21		25	Suelo Muy compacto	CH	Suelo arcilloso de Altaplasticidad de color naranja
2.90	23					
3.00	21					
3.15	6	6				
3.30	10	10				
3.45	15	15				
3.60	16		39	Suelo Duro	SC	Gravilla cn arcilla de Alta plasticidad de color naranja
3.75	16					
3.90	20					
4.00	19					
4.15	11	11				
4.30	12	12				
4.45	27	27	41	Suelo Duro	GC	Grava arcillosa
4.60	25					
4.75	27					
4.90	27					
5.00	26					
5.15	25	25				
5.30	21	21	55	Suelo Muy denso	GC	Grava con finos de Arcilla
5.45	20	20				
5.60	17					
5.75	23					
5.90	22					
6.00	23					
6.15	23	23				
6.30	23	23				
6.45	32	32				

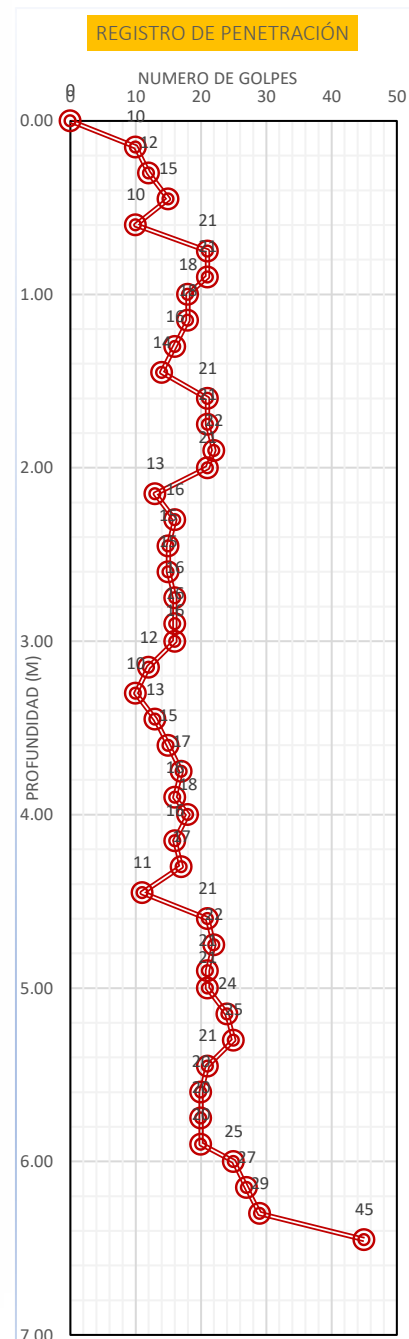


**Figura 38** Registro de penetración del SPT 2.

**Tabla 7**

*Ensayo de penetración estándar SPT N° 03.*

PROF. (m)	N°Golpes (Campo)	N° Cada 15	N spt	DESCRIPCION EL SUELO	
				Descrip.	Clasificación
0.00	0	0		Material De relleno	
0.15	10	30	27	Suelo Muy compacto	GW - GC Grava bien graduada con arcilla (Rocas sedimentarias planas y alargadas con arcilla)
0.30	12	12			
0.45	15	15			
0.60	10				
0.75	21				
0.90	21		30	Suelo Muy compacto	GC Grava con arcilla (Rocas sedimentarias planas y alargadas con arcilla)
1.00	18				
1.15	18	18			
1.30	16	16			
1.45	14	14			
1.60	21				
1.75	21				
1.90	22		31	Suelo Duro	GW - GC grava bien graduada con arcilla
2.00	21				
2.15	13	13			
2.30	16	16			
2.45	15	15			
2.60	15				
2.75	16		23	Suelo Muy compacto	CH Suelo arcilloso de Altoplasticidad de color naranja
2.90	16				
3.00	16				
3.15	12	12			
3.30	10	10			
3.45	13	13	28	Suelo Muy compacto	CH Arcilla de mediana plasticidad con gravilla
3.60	15				
3.75	17				
3.90	16				
4.00	18				
4.15	16	16	46	Suelo Duro	SC arena arcillosa
4.30	17	17			
4.45	11	11			
4.60	21				
4.75	22				
4.90	21		74	Suelo Muy denso	GC Grava arcillosa
5.00	21				
5.15	24	24			
5.30	25	25			
5.45	21	21			
5.60	20				
5.75	20				
5.90	20				
6.00	25				
6.15	27	27			
6.30	29	29			
6.45	45	45			



**Figura 39** Registro de Penetración SPT 3.

*Ojo: Donde los valores de  $N_{0-15}$  no se consideran, pero se anotan el número de golpes, pero no se toma en cuenta que se llama **Hinca de asiento**. Y desde ahí se considera los valores de  $N_{15-30}$  se llama hinca de primeros 15 cm. Fuente: Equipo técnico.*



Para nuestro proyecto se realizó un ensayo de penetración estándar (SPT) porque el suelo predominante es granular, por consiguiente, clasificaremos el tipo de perfil del suelo.

Donde el promedio ponderado del ensayo estándar de penetración es:

El Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración  $\bar{N}_{60}$  según la **Norma E.030 (2016)** en el artículo 12.2:

$$\bar{N}_{60} = \left( \sum_{i=1}^n d_i / \sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right) \right)$$

Reemplazando los datos obtenidos del ensayo SPT de nuestra tesis de estudio obtenemos:

$$\bar{N}_{60} = \left( \sum_{i=1}^n d_i / \sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right) \right) = \frac{10}{0.53} = 37.45$$

**Tabla 8**

*Perfil del suelo según velocidad de propagación.*

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DEL SUELO			
	Perfil	Velocidad de propagación	Suelos
Roca dura	S0	>1500 m/s	Rocas sanas.
Roca, suelos rígidos	S1	500 a 1500 m/s	Rocas fracturadas, grava o arena muy densa, arcilla muy compactada.
Suelos intermedios	S2	180 a 500 m/s	Arena densa gruesa o media, o grava arenosa medianamente densa, suelos cohesivos compactos.
Suelos blandos	S3	<180 m/s	Arena media a fina o grava arenosa, suelo cohesivo blando, cualquier perfil con $IP > 20$ o contenido de humedad $> 40\%$
Condiciones excepcionales	S4	Clasificación basada en el EMS.	

**Tabla 9**

*Contenido de Humedad Natural INSITU (ENSAYO SPEEDY).*

Descripcion	Unidad	Muestras	Resultado
<b>N° de Muestras</b>		1	
Peso de la muestra + Tara (Balanza Digital)	Gr	15	
Esferas para Pulverizar	Und	2	
Cantidad de carburo de calcio	Gr	0.5	
Tiempo de agitador INSITU	Min	1	
Lectura del Humedometro (Speedy)	Psi	40	
<b>Contenido de Humedad (W%)</b>	<b>%</b>	<b>24.9</b>	
<b>Contenido de Humedad (W%)</b>			<b>24.91 %</b>

$$\text{Humedad Natural} = 0.6552 * (40\text{psi}) - 1.3024 = 24.91\%$$

**Tabla 10**

*Densidad Seca Natural del suelo.*

Descripcion	Unidad	Muestras	Resultado
Peso de la masa IN SITU	Gr	4150.00	
Contenido de Humedad IN SITU	%	24.91	
<b>Peso Seco de la muestra IN SITU</b>	<b>Gr</b>	<b>3322.51</b>	
<b>Vol. Del hueco, Vh=W/Yarena otawa</b>	<b>Cm3</b>	<b>2046.27</b>	
<b>Densidad Seca Natural del suelo</b>			<b>1.62 Gr/Cm3</b>

$$\text{Densidad o P. E. Relativo del suelo insitu} = \frac{\text{Masa de suelo}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Densidad o P. E. Relativo del suelo insitu} = \frac{\text{Masa de suelo}}{\text{Volumen}} \text{ (Kg/cm3)}$$

$$= \frac{3322.51}{2046.27} = 1.62 \text{ Gc/cm3}$$

### 5.3.3 Excavación de Pozos o Calicatas y Trincheras

Se realizaron Tres (03) calicatas o pozos de exploración “a cielo abierto”, designados como Calicatas CC-01, CC-02 y CC-03. Los bajo el El número de puntos de exploración se determina en la Tabla \* en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por ésta.

Los cuales fueron ubicados convencionalmente y con profundidades suficientes de acuerdo a la intensidad de las cargas estimadas en el proyecto. En cada una de las calicatas se realizó el registro de la excavación de acuerdo al Manual de Laboratorio de Suelos de **Bowles (1981)**, describiendo el perfil estratigráfico y el tipo de material encontrado, la descripción comprende: la clasificación técnica, forma del material granular; color; porcentaje estimado de botonería y presencia de material orgánico; contenido de humedad; índice de plasticidad/compresibilidad.



**Figura 40** Ubicación de las calicatas.

## 5.4 RESULTADOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Los resultados se envolverán en los ensayos realizados a las muestras de la CALICATA N°01 (CC- 01).

### 5.4.1 Resultados del análisis granulométrico de suelos

Con los datos obtenidos en laboratorio los cálculos a realizar para cada malla serán:

#### Porcentaje retenido TAMIZ N° 40

$$\% \text{retenido parcial } i = \frac{\text{peso ret. parcial } i}{\text{peso total}} * 100 = \frac{471.38}{6000} * 100 = \mathbf{7.85\%}$$

#### Porcentaje retenido acumulado. TAMIZ N° 40

$$\begin{aligned} \% \text{retenido acum. } i &= \% \text{ret. acum } (i - 1) + \% \text{Ret. parcial } i = 72.12 + 7.856 \\ &= \mathbf{79.97\%} \end{aligned}$$

#### Porcentaje retenido que pasa

$$\% \text{pasa matriz } i = \% \text{Ret. acum } f - \% \text{Ret. acum } i = 74.54 - 33.31 = \mathbf{25.46\%}$$

Para calcular el porcentaje retenido parcial de la fracción que pasa la malla #40, al resultado obtenido de manera directa se le deberá afectar por un factor que es el porcentaje que representa el material que pasa por la malla #200.

#### D60, D30 y D10

- $D_{60}$  = el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso; y,
- $D_{10}$  = el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso.

Representa los diámetros efectivos del suelo por donde pasa el 60%, 30% y 10% respectivamente de material. Y los mismos se obtienen gráficamente de la curva granulométrica.



$$\text{Coeficiente de uniformidad } Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Coeficiente de Curvatura } Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

$$DX = \frac{D2 - D1}{LOG\%2 - LOG\%1} * (LOG\%X - LOG\%1) + D1$$

### CALCULANDO PARA LA CALICATA N°01

$$\text{Para } D_{10} = \frac{D2 - D1}{LOG\%2 - LOG\%1} * (LOG\%10 - LOG\%1) + D1, \quad \mathbf{D_{10} = 0.07}$$

$$\text{Para } D_{30} = \frac{D2 - D1}{LOG\%2 - LOG\%1} * (LOG\%30 - LOG\%1) + D1, \quad \mathbf{D_{30} = 0.52}$$

$$\text{Para } D_{60} = \frac{D2 - D1}{LOG\%2 - LOG\%1} * (LOG\%60 - LOG\%1) + D1, \quad \mathbf{D_{60} = 2.27}$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad } Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2.27}{0.07} = \mathbf{34.27}$$

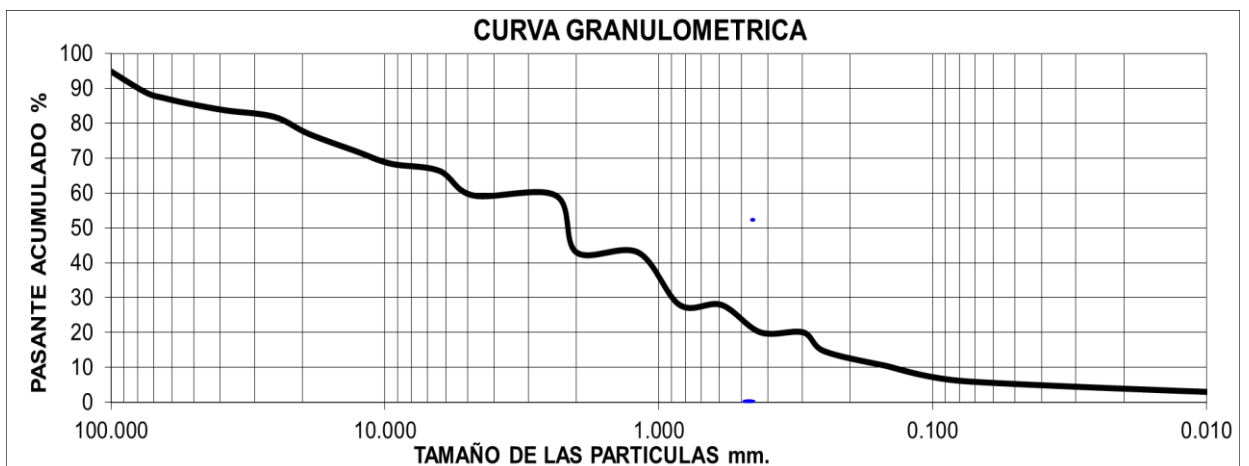
$$\text{Coeficiente de Curvatura } Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} = \frac{0.52^2}{2.27 * 0.07} = \mathbf{1.80}$$



**Tabla 11**

*Análisis Granulométrico.*

<i>Tamices</i>		<i>Peso</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Que</i>
<i>Ø</i>	<i>(mm)</i>	<i>Retenido</i>	<i>Parcial</i>	<i>Acumulado</i>	<i>Pasa</i>
5"	127.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	101.60	325.87	5.43%	5.43%	94.57%
3"	76.20	325.87	5.43%	10.86%	89.14%
2 1/2"	63.50	120.45	2.01%	12.87%	87.13%
2"	50.80	101.47	1.69%	14.56%	85.44%
1 1/2"	38.10	106.20	1.77%	16.33%	83.67%
1"	25.40	110.54	1.84%	18.17%	81.83%
3/4"	19.05	290.80	4.85%	23.02%	76.98%
1/2"	12.70	305.30	5.09%	28.11%	71.89%
3/8"	9.53	210.78	3.51%	31.62%	68.38%
1/4"	6.35	120.11	2.00%	33.62%	66.38%
N° 4	4.76	425.87	7.10%	40.72%	59.28%
N° 8	2.38	0.00	0.00%	40.72%	59.28%
N° 10	2.00	980.45	16.34%	57.06%	42.94%
N° 16	1.19	0.00	0.00%	57.06%	42.94%
N° 20	0.84	903.32	15.06%	72.12%	27.88%
N° 30	0.59	0.00	0.00%	72.12%	27.88%
N° 40	0.43	471.38	7.856%	79.97%	20.03%
N° 50	0.30	0.00	0.00%	79.97%	20.03%
N° 60	0.25	320.62	5.34%	85.32%	14.68%
N° 100	0.15	252.43	4.21%	89.52%	10.48%
N° 200	0.07	271.74	4.53%	94.05%	5.95%
Fondo	0	356.80	5.95%	100.00%	0.00%
<b>PESO TOTAL</b>		<b>6000.00</b>	<b>100.00%</b>		



**Figura 41** *Porcentaje que pasa vs tamaño de grano.*



**Figura 42** *Realizando el ensayo de granulometría.*

#### **5.4.2 Resultados del Límite Líquido**

##### **Cálculos de Ensayo 01 de la Calicata N°01**

Peso del agua

$W_w = \text{peso de la muestra humedad} - \text{peso de la muestra seca}$

$$= 31.64 - 26.28 = \mathbf{5.36 \text{ Gr}}$$

Peso de la muestra seca

$W_s = \text{peso de la muestra seca} - \text{peso de la capsula}$

$$= 26.28 - 14 = \mathbf{12.28 \text{ Gr}}$$

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas

$$LL \text{ muestra para 15 golpes } W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

$$= \frac{5.36}{12.28} * 100\% = 43.65 \%$$

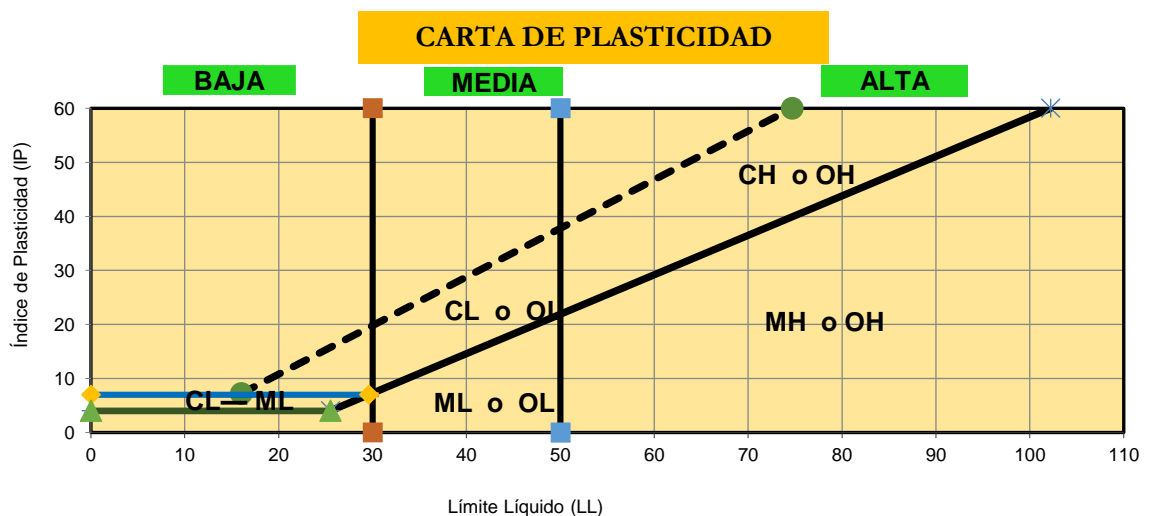
El cálculo es tomado por tres muestras que después de graficar, se determina el LL para 25 golpes.

**Tabla 12**

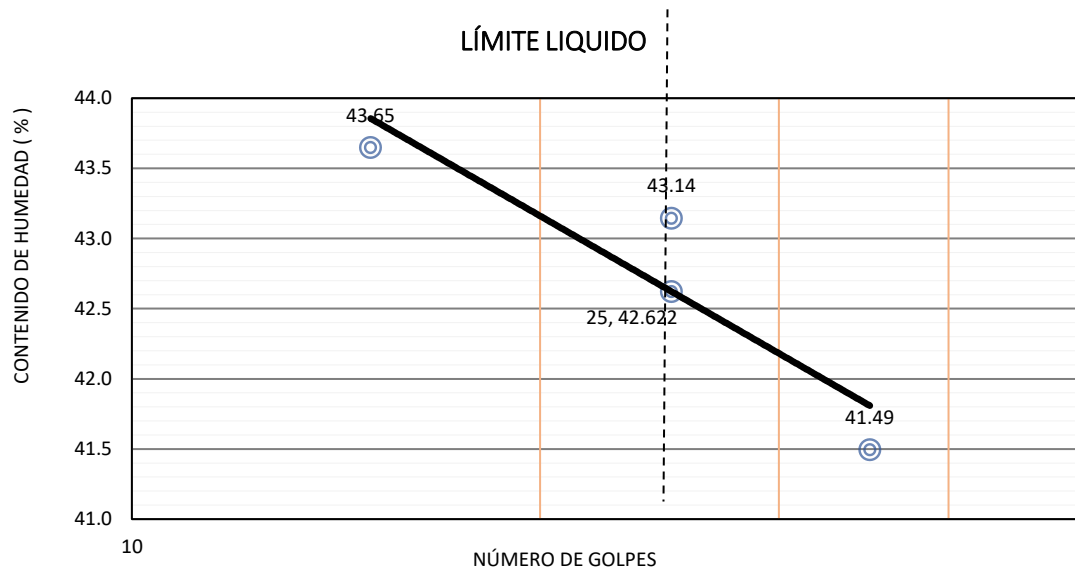
*Resultados del Ensayo limite líquido.*

Descripcion	Unidad	Muestras	Resultado
<u>Nro de TARA o FRASCO</u>		152	158
<u>Número de Golpes</u>	Nº	15	25
<u>Peso Tara + Muestra Húmeda</u>	Gr	31.64	33.59
<u>Peso Tara + Muestra Seca</u>	Gr	26.28	27.58
<u>Peso de la Tara</u>	Gr	14.00	13.65
<u>Peso de la Muestra Seca</u>	Gr	12.28	13.93
<u>Peso del Agua</u>	Gr	5.36	6.01
<u>Contenido de Humedad</u>	%	43.65	43.14
<b>Limite Liquido (LL)</b>			<b>42.62%</b>

*LL Para 25 Golpes es: 35.04%*



**Figura 43** índice de plasticidad (IP) vs Límite líquido (LL).



**Figura 44** Calculamos el Limite Liquido.



**Figura 45** Realizando el ensayo de limite líquido.



### 5.4.3 Resultados Límite Plástico

#### Cálculos de Ensayo 01 de la Calicata N°01

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

$$\%LP W \text{ muestra } 1 = \left( \frac{9.31 - 9.11}{9.11 - 8.25} \right) * 100 = \mathbf{23.26\%}$$

$$LP = \frac{W_1 + W_2 \dots \dots \dots W_n}{n} = \frac{23.26 + 23.53 + 22.37}{3} = \mathbf{23.05\%}$$



**Tabla 13**

*Resultados del Ensayo limite Plástico.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestras</b>			<b>Resultados</b>
<b>N° de Tara o frasco</b>		<b>152</b>	<b>158</b>	<b>180</b>	
<b>Peso Tara + muestra humedad</b>	<b>Gr</b>	<i>9.31</i>	<i>9.25</i>	<i>9.30</i>	
<b>Peso Tara + muestra seca</b>	<b>Gr</b>	<i>9.11</i>	<i>9.13</i>	<i>9.13</i>	
<b>Peso de la Tara Peso de la muestra seca</b>	<b>Gr</b>	<i>8.25</i>	<i>8.62</i>	<i>8.37</i>	
<b>Peso del agua</b>	<b>Gr</b>	<i>0.86</i>	<i>0.51</i>	<i>0.76</i>	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<i>0.20</i>	<i>0.12</i>	<i>0.17</i>	
<b>Limite Plástico (LP)</b>	<b>%</b>				<b>23.05%</b>



**Figura 46** ensayo de limite plástico.

#### 5.4.4 Cálculo del Índice de Plasticidad

Donde:

IP= Índice de Plasticidad, LL= Limite Liquido, LP= Límite Plástico

#### Cálculos de Ensayo 01 de la Calicata N°01

$$IP = LL - LP = 42.62 - 23.5 = 19.57\%$$

#### 5.4.5 Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de un suelo

##### Cálculos de Ensayo 01 de la Calicata N°01

Ahora calculamos el porcentaje de humedad

$$\begin{aligned} \text{Humedad} &= \left( \frac{\text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \right) * 100 = \left( \frac{22.76 - 21.58}{21.58 - 13.7} \right) * 100 \\ &= 14.97 \%, \end{aligned}$$



**Calculo desarrollado con un solo punto, se tomo tres puntos o muestras  
calculando el promedio de todas ellas**

$$\frac{14.97 + 13.64 + 12.94}{3}$$

$$= 13.85\%$$

**Tabla 14**

*Resultados del Ensayo Contenido de humedad.*

<i>Descripcion</i>	<i>Unidad</i>	<i>Muestras</i>			<i>Resultad</i>
<b><u>Nro de frasco</u></b>		<b>316</b>	<b>362</b>	<b>191</b>	
<b>Peso Tara + Muestra Húmeda</b>	Grs	22.76	23.99	22.3	
<b>Peso Tara + Muestra Seca</b>	Grs	21.58	22.72	21.34	
<b>Peso de la Tara</b>	Grs	13.70	13.41	13.92	
Peso de la Muestra Seca	Grs	7.88	9.31	7.42	
Peso del Agua	Grs	1.18	1.27	0.96	
<b>% DE HUMEDAD</b>	%	14.97	13.64	12.94	
<b>HUMEDAD</b>					<b>13.85 %</b>



#### 5.4.6 Resultados del Ensayo de Corte Directo consolidadas drenadas



**Figura 47** El equipo para el ensayo de corte directo.

#### CALCULO PRELIMINARES PARA EL ESPÉCIMEN 01 DE LA CALICATA 01

**Cálculo de área**

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 6.07^2 = 28.97 \text{ cm}^2$$

**Cálculo del volumen**

$$V = A * H = 28.97 * 2.40 = 69.62 \text{ cm}^3$$

### Cálculo de la masa del suelo

$$W_m = W_{am} - W_a = 1228.72 - 83.39 = 145.33Gr$$

### Cálculo del peso unitario de la muestra

$$Pu = \frac{masa}{Volumen} = \frac{145.33}{69.62} = 2.09Gr/cm^3. \text{ El Promedio de la Densidad del suelo de } 3 \text{ muestras tomadas es } 2.09Gr/cm^3$$

### Cálculo de la Cohesión y el Angulo de Fricción.

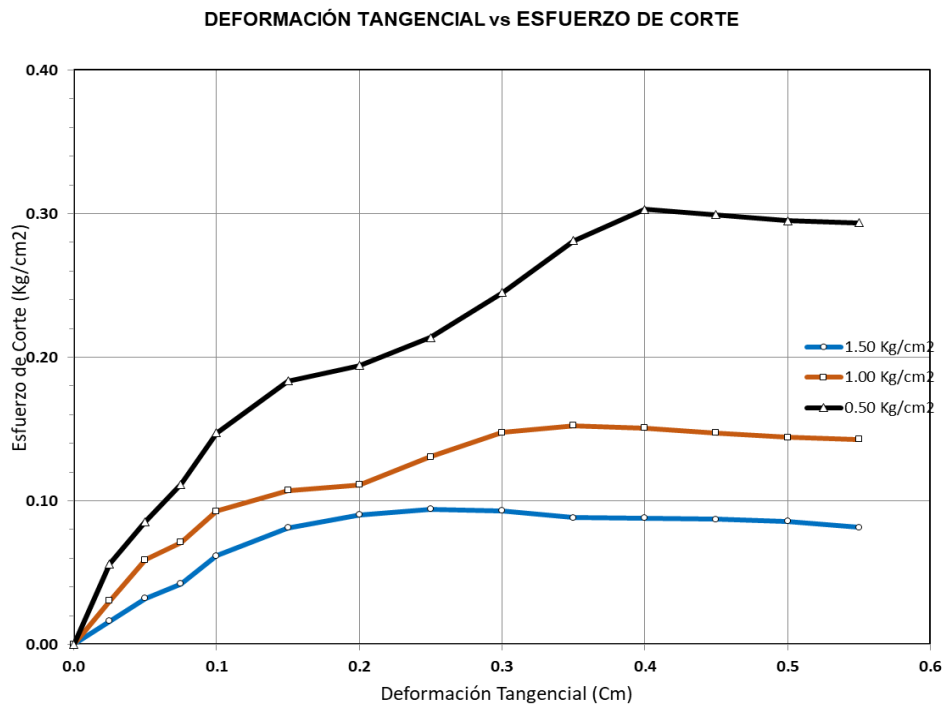
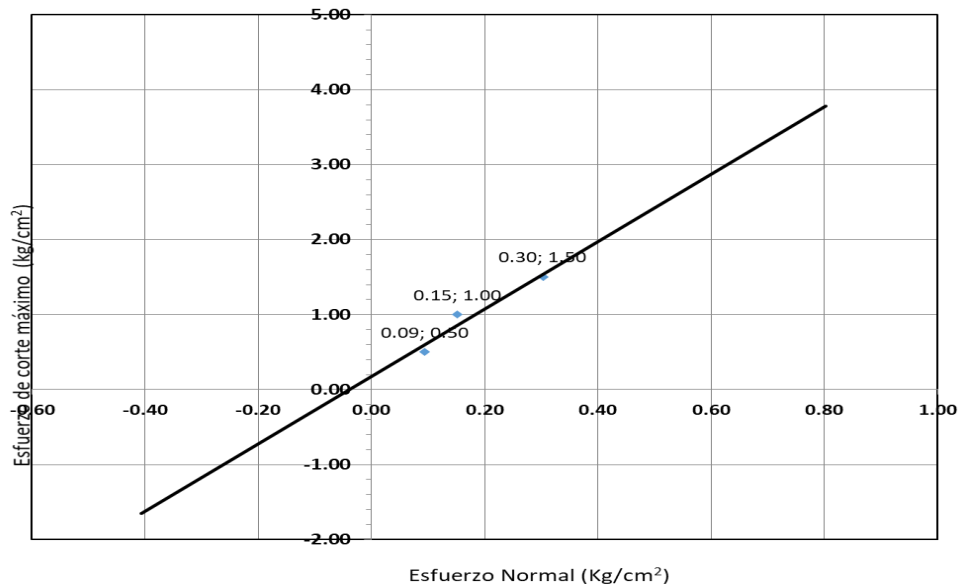


Figura 48 Graficas del ensayo Corte Directo.

**ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL (CRITERIO DE FALLA DE MOHR - COULOMB)**



**Figura 49** Podemos observar la recta según el criterio de Mohr- Coulomb.

**Tabla 15**

*Resumen del ensayo Corte Directo.*

Resultados del ensayo corte directo	CC-01	CC-02
<b>CC-03</b>		
C : Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.18	0.18
0.14		
$\Phi$ : Angulo de Fricción (Grados).	11.79	12.32
12.69		
$\gamma$ : Peso específico del suelo (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.09	2.14
2.13		



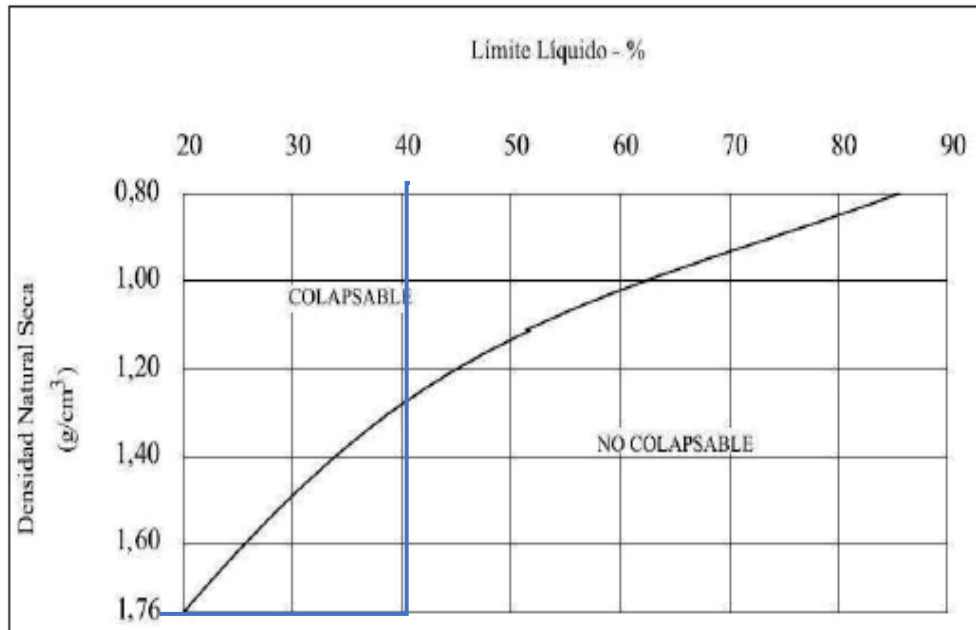
**Figura 50** Colocación de la muestra en la Máquina De Corte Directo para el Ensayo De Corte Directo.



**Figura 51** Equipo listo para El Ensayo De Corte. Peso 0.5 Kg.



**Figura 52** *Colocación de los Diales.*



**Figura 53** Criterio del potencial de Colapso Nota: Tabla referencia obtenida de la Norma E-050 (2018).

**Tabla 16**

Parámetros físicos para identificación de suelos colapsables.

Parámetros físicos	CC 01	CC 02	CC 03	Unid
Densidad natural seca	2.09	2.14	2.13	Gr/cm3
Límite líquido	42.62	50.01	22.12	%
I.P.	19.57	24.83	6.85	%
% que pasa N°200	11.38	23.22	10.13	%
Colapsable	NO	NO	NO	

Nota: La estructura de la edificación determina que el suelo es **NO COLAPSABLE**.

## 5.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS EN EXPANSIÓN

Reemplazando en la ecuación:

$$A = \frac{IP}{\%<2\mu m} = \frac{24.83}{23.22} = 1.07$$

De acuerdo a la anterior figura se clasifica cambio de potencial de volumen como **BAJA**.

### 5.5.1 Evaluación del Potencial de Expansión

Las muestras utilizadas para la evaluación del hinchamiento son obtenidas de pozos a cielo abierto (calicatas), en condición inalterada, preferentemente del tipo Mib. Véase la aplicación de la siguiente tabla:

**Tabla 17**

*Clasificación de suelos expansivos*

Ep	Expansión en consolidómetro, Indices de plasticidad IP bajo presión vertical de 7 kPa (0,07 kgf/cm <sup>2</sup> )		%<2 micras
Muy alto	>30	>32	>37
Alto	20 – 30	23 – 45	18 – 37
Medio	10 – 20	12-34	12- 27
Bajo	<10	<10	<17

*Nota: Tabla obtenida de la Norma E-050 (2018)*

Entonces se desarrolló una correlación entre el porcentaje del material fino que pasa el tamiz No 200, el límite líquido y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) para predecir el potencial de expansión que muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 18**

*Clasificación de índice de colapso Ic.*

**Datos de laboratorio / campo**

% tamiz 200	LL	# de golpes	Expansión probable (%)	Grado de expansión	IP
>95	>60	>30	>10	Muy alto	>35
60 – 65	40 - 60.	20 - 30.	3 - 10.	Alto	20-55.
30 – 60	30 - 40.	10 - 20.	1 - 5.	Medio	10 - 35.
<30	<30	<10	<1	Bajo	0 - 15.

Según los datos obtenidos de las tablas mencionadas en la evaluación potencial de expansión para las calicatas el suelo tiene una **EXPANSIÓN BAJA**.

**Tabla 19**

*Análisis de expansión de cada punto de exploración.*

DATOS	CC- 01	CC-02	CC- 03
Limite Liquido	42.62	50.01	22.12
Indice de plasticidad	19.57	24.83	6.85
% QUE PASA N°200	11.38	23.22	10.13
	<b>MEDIA – BAJA</b>		<b>CC-01</b> 1.72
<b>COLAPSABLE</b>	<b>ALTO</b>		<b>CC-02</b> 1.07
	<b>BAJA</b>		<b>CC-03</b> 0.68

*Fuente: Equipo Técnico*



### 5.5.2 Análisis del fenómeno de licuefacción de los suelos

$$N_{60} = 1.67 * 0.75 * 1 * 0.95 * N$$

$$\bar{N}_{60} = \sum \frac{d_i}{N_{60i}} = \frac{27.45}{0.71} = 38.69$$

### 5.5.3 Evaluación de potencial de licuefacción

Según la **Norma E.050 (2018)**, el factor de seguridad frente a la ocurrencia de la licuación es:

$$F. S. = \frac{CRR}{CSR}$$

Donde:

- CRR: Relación de resistencia cíclico
- CSR: Relación de esfuerzo cíclico

#### Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR) y relación de Resistencia Cíclica:

El cálculo y estimación de las dos variables requeridas para la evaluación de la resistencia de la licuación de suelos se expresan de la siguiente manera:

1. La demanda sísmica en el estrato de suelo se expresa en términos de CSR.
2. La capacidad del suelo para resistir la licuación expresada en términos CRR.

Para el presente EMS se tomó el criterio a base del ensayo de penetración estándar (SPT). Según el método simplificado de Seed – Idriss:

$$CSR = \frac{\tau_{cic}}{\sigma_{vo}} = 0.65 * \left( \frac{a_{max}}{g} \right) * \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) * r_d$$

Donde:

- $\tau_{cic}$  = Esfuerzo cortante



- $\sigma'_{vo}$  = Esfuerzo efectivo vertical
- $\sigma_{vo}$  = Esfuerzo total vertical
- $g$  = Aceleración de gravedad
- $a_{max}$  = Aceleración horizontal pico en la superficie del terreno originado por el sismo.
- $r_d$  = Factor de reducción de esfuerzo por profundidad.

$$r_d = 1 - 0.00765z \quad \text{para} \quad z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1 - 0.00267z \quad \text{para} \quad 9.15\text{m} < z \leq 23\text{m}$$

Donde  $z$  viene a ser la profundidad del terreno metros.  $Z = 6.45 \text{ m}$

Según el análisis sísmico y el INGEMMET las condiciones de sismo presentan una aceleración máxima de  $a = 0.18g$  en una magnitud de del sismo de 6.5.

### Tabla 20

*Factores de corrección en la influencia de la magnitud.*

MAGNITUD	MSF
5.5	2.20-2.80
6	1.76-2.10
6.5	1.44-1.60
7	1.19-1.25
7.5	1
8	0.84

*Nota: Tabla obtenida de la Evaluación Potencial de licuación, de Alva Hurtado (2016).*

Reemplazando la corrección:  $a'_{max} = 1.44 * a_{max} = 1.44 * 0.18g = 0.259g$

El esfuerzo efectivo y total de acuerdo a la densidad seca hallada del corte directo que se realizó cerca del ensayo SPT que es la calicata CC-01:

$$\gamma_d = 2.09 \frac{gr}{cm^3} = 20.9 \text{ KN/m}^3$$

El esfuerzo total se calcula con la siguiente ecuación:

Reemplazando los datos para una profundidad de  $Z = 1\text{m}$ :

$$\sigma_1 = z * \gamma_{d1} = 1\text{m} * 20.9\text{KN/m}^3 = 2.09\text{KN/m}^2$$

Al no contar con el Nivel freático el esfuerzo total es igual al esfuerzo efectivo:  $\sigma'_1 = \sigma_1$

Como nuestra profundidad es  $\leq 9.15\text{ m}$  entonces  $r_d$ :

$$r_d = 1 - 0.00765z = 1 - 0.00765 * 1 = 0.99$$

Reemplazando los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$CSR_1 = 0.65 * \left(\frac{a_{max}}{g}\right) * \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) * r_d = 0.65 * \left(\frac{0.259g}{g}\right) * \left(\frac{2.09}{2.09}\right) * 0.99 = 0.17.$$

### Tabla 21

*Análisis de licuación a diferentes profundidades.*

#### Puntos de Sondeo STP 01

Prof.	N	N60	CN	N160	O <sub>v</sub>	O <sub>v</sub>	r <sub>d</sub>	CSR	CRR	F.S	
<b>LICUACIÓN</b>											
1.00	13.00	15.47	2.19	33.95	20.76	20.76	0.99	0.17	18.64	111.58	NO EXISTE
2.00	16.00	19.04	1.55	29.54	41.53	41.53	0.98	0.17	0.44	2.65	NO EXISTE
3.00	24.00	28.56	1.27	36.18	62.29	62.29	0.98	0.16	-0.20	-1.19	SI EXISTE
4.00	25.00	29.75	1.10	32.64	83.06	83.06	0.97	0.16	0.97	5.96	NO EXISTE
5.00	39.00	46.41	0.98	45.54	103.82	103.82	0.96	0.16	0.25	1.52	NO EXISTE
6.00	41.00	48.78	0.90	43.71	124.59	124.59	0.95	0.16	0.22	1.34	NO EXISTE
6.45	78.00	92.81	0.86	80.20	133.93	133.93	0.95	0.16	0.57	3.55	NO EXISTE

**Tabla 22***Puntos de Sondeo STP 02.*

Prof.	N	N60	CN	N160	Ov	Ov	rd	CSR	CRR	F.S	LICUACIÓN
1.00	13.00	15.47	2.19	33.95	20.76	20.76	0.99	0.17	18.64	111.58	NO EXISTE
2.00	16.00	19.04	1.55	29.54	41.53	41.53	0.98	0.17	0.44	2.65	NO EXISTE
3.00	24.00	28.56	1.27	36.18	62.29	62.29	0.98	0.16	-0.20	-1.19	SI EXISTE
4.00	25.00	29.75	1.10	32.64	83.06	83.06	0.97	0.16	0.97	5.96	NO EXISTE
5.00	39.00	46.41	0.98	45.54	103.82	103.82	0.96	0.16	0.25	1.52	NO EXISTE
6.00	41.00	48.78	0.90	43.71	124.59	124.59	0.95	0.16	0.22	1.34	NO EXISTE
6.45	55.00	65.44	0.86	56.55	133.93	133.93	0.95	0.16	0.37	2.31	NO EXISTE

**Tabla 23***Puntos de Sondeo STP 03.*

Prof.	N	N60	CN	N160	Ov	Ov	rd	CSR	CRR	F.S	LICUACIÓN
1.00	27.00	32.13	2.19	70.50	20.76	20.76	0.99	0.17	0.49	2.93	NO EXISTE
2.00	30.00	35.70	1.55	55.39	41.53	41.53	0.98	0.17	0.36	2.16	NO EXISTE
3.00	31.00	36.89	1.27	46.73	62.29	62.29	0.98	0.16	0.26	1.60	NO EXISTE
4.00	23.00	27.37	1.10	30.03	83.06	83.06	0.97	0.16	0.47	2.88	NO EXISTE
5.00	28.00	33.32	0.98	32.70	103.82	103.82	0.96	0.16	1.01	6.21	NO EXISTE
6.00	46.00	54.73	0.90	49.04	124.59	124.59	0.95	0.16	0.29	1.82	NO EXISTE
6.45	74.00	88.05	0.86	76.08	133.93	133.93	0.95	0.16	0.53	3.34	NO EXISTE

## 5.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

La capacidad de carga permisible propuesta por Terzaghi determina la capacidad admisible o capacidad portante del suelo a través del factor de seguridad de permisibilidad.

Para determinar la capacidad portante del suelo se desarrolló el ensayo de corte directo desarrollada bajo La norma técnica peruana (NTP 339.171), El reglamento nacional de edificaciones (E-050 “Suelos y Cimentaciones”) y la norma que indica la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM D3080).

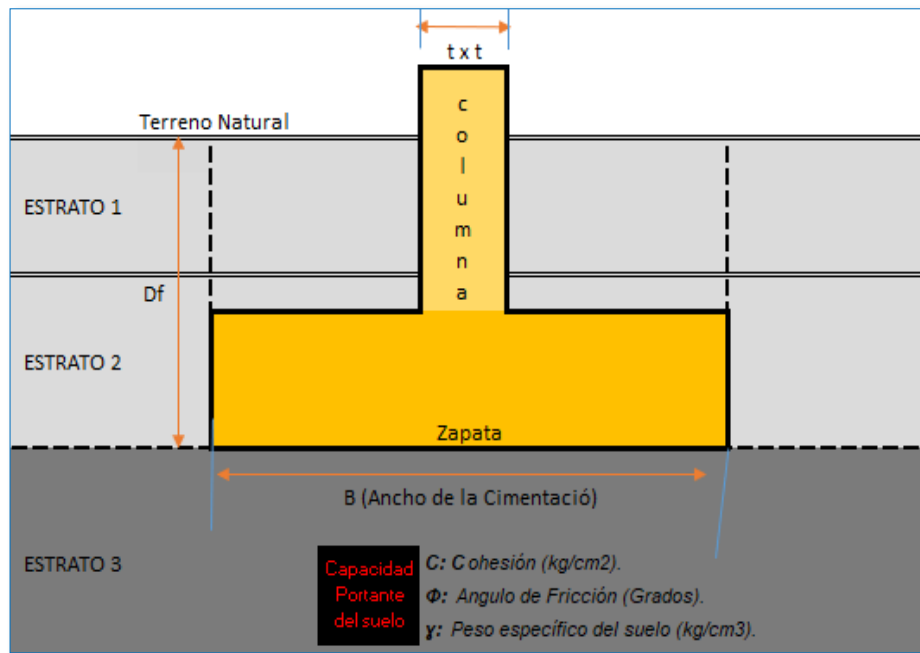
### Memoria de cálculo de la capacidad portante

$$q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad \text{Cimentación Cuadrada (Fuente braja das)}$$

Dónde:  $q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad \text{Cimentación Corrida (Fuente braja das)}$

- *C*: Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>).
- *Φ*: Angulo de Fricción (Grados).
- *γ*: Peso específico del suelo (kg/cm<sup>3</sup>).
- *Df*: Profundidad de cimentación (Cm).
- $q = Df \times \gamma$
- *B*: Diámetro o ancho de la cimentación (Cm).

$N_c, N_q, N_\gamma$  : factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo ( $\phi$ ). Estos factores corresponden a los datos indicados por el autor BRAJA M. DAS (Principios de ingeniera de cimentaciones).



$$N_c = (\cot\phi)(N_q - 1) \quad N_q = e^{\pi \tan\phi} \tan^2(45^\circ + \phi/2) \quad N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$

**Figura 54** Capacidad portante del Suelo

### 5.6.1 Factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga permisible bruta de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \text{ Capacidad portante admisible (kg/cm}^2\text{)}.$$

Según el E.050 norma referenciada, indica que el factor de seguridad (FS) para cargas de gravedad se considera 3.

**Calicata N°01** Resumen de la capacidad portante, Cohesión 0.19 kg/cm<sup>2</sup>,

Angulo de Fricción 10.81Grados, Peso específico del suelo 1.86 Gr/cm<sup>3</sup>

$$q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \text{ Cimentación Cuadrada}$$

$$q_u = 1.3 \cdot (0.19) \cdot (8.71) + (1.50 \cdot 1.86) \cdot (2.66) + 0.4 (1.86 \cdot 0.60 \cdot 1.40) = 2.95 \text{Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = \frac{2.95}{3} = 1.02 \text{Kg/cm}^2.$$

**Tabla 24**

*Calicata CC-01 Resumen de la capacidad portante.*

<i>Cimentación Corrida</i>				<i>Cimentación Cuadradas</i>				<i>Cimentacion Rectangular</i>			
Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Admisible del Suelo
<b>B</b>	<b>L&gt;10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L&lt;=10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>
m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.60	6.00	2.64	0.88	0.60	0.60	2.95	0.98	1.00	10.00	3.07	1.02
0.70	7.00	2.66	0.89	1.00	1.00	3.00	1.00	1.50	15.00	3.17	1.06
0.80	8.00	2.68	0.89	1.50	1.50	3.07	1.02	2.00	20.00	3.28	1.09
1.00	10.00	2.71	0.90	2.00	2.00	3.14	1.05	2.50	25.00	3.38	1.13
1.20	12.00	2.74	0.91	2.50	2.50	3.21	1.07	3.00	30.00	3.48	1.16
<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>0.90</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>1.02</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>1.09</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>

**Tabla 25**

*Calicata CC-02 Resumen de la capacidad portante.*

<i>Cimentación Corrida</i>				<i>Cimentación Cuadradas</i>				<i>Cimentacion Rectangular</i>			
Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Admisible del Suelo
<b>B</b>	<b>L&gt;10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L&lt;=10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>
m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.60	6.00	2.78	0.93	0.60	0.60	3.09	1.03	1.00	10.00	3.23	1.08
0.70	7.00	2.80	0.93	1.00	1.00	3.15	1.05	1.50	15.00	3.34	1.11
0.80	8.00	2.81	0.94	1.50	1.50	3.23	1.08	2.00	20.00	3.45	1.15
1.00	10.00	2.85	0.95	2.00	2.00	3.30	1.10	2.50	25.00	3.57	1.19
1.20	12.00	2.89	0.96	2.50	2.50	3.38	1.13	3.00	30.00	3.68	1.23
<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>0.94</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>1.08</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>1.15</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>

**Tabla 26**

*Calicata CC-03 Resumen de la capacidad portante.*

<i>Cimentación Corrida</i>				<i>Cimentación Cuadradas</i>				<i>Cimentacion Rectangular</i>			
Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Carga Admisible del Suelo	Ancho	Largo	Carga Ultima	Admisible del Suelo
<b>B</b>	<b>L&gt;10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>	<b>B</b>	<b>L&lt;=10B</b>	<b>q<sub>u</sub></b>	<b>q<sub>adm.</sub></b>
m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	m	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.60	6.00	2.49	0.83	0.60	0.60	2.73	0.91	1.00	10.00	2.88	0.96
0.70	7.00	2.51	0.84	1.00	1.00	2.80	0.93	1.50	15.00	3.00	1.00
0.80	8.00	2.53	0.84	1.50	1.50	2.88	0.96	2.00	20.00	3.12	1.04
1.00	10.00	2.57	0.86	2.00	2.00	2.96	0.99	2.50	25.00	3.24	1.08
1.20	12.00	2.61	0.87	2.50	2.50	3.04	1.01	3.00	30.00	3.36	1.12
<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>0.85</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>0.96</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>q<sub>adm.</sub> =</b>		<b>1.04</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>



**Tabla 27**

*Módulo de Elasticidad*

<b>TIPO DE SUELO</b>		<b>Es (ton/m<sup>2</sup>)</b>
Arcilla Muy Blanda		30 – 300
Blanda		200 – 400
Media		450 – 900
Dura		700 – 2000
Arcilla Arenosa		3000 – 4250
Suelos Graciares		1000 – 16000
Loess		1500 – 6000
Arena Limosa		500 – 2000
<b>Arena:</b>	Suelta	1000 – 2500
	Densa	5000 – 10000
<b>Grava Arenosa:</b>	Densa	8000 – 20000
	Suelta	5000 - 14 000
<b>Arcilla Esquistosa</b>		14000 -140000
<b>Limos</b>		200 – 2000

*Fuente: Diseño de Cimentaciones - Dr. Jorge E. Alva Hurtado*



**Tabla 28**

*Relación de Poisson*

TIPO DE SUELO		$\mu$ (-)
Arcilla:	Saturada	0.4 – 0.5
	No Saturada	0.1 – 0.3
	Arenosa	0.2 – 0.3
Limo		0.3 – 0.35
	Densa	0.2 – 0.4
	De Grano Grueso	0.15
	De Grano Fino	0.25
Arena		0.25
Roca		0.1 – 0.4
Loess		0.1 – 0.3
Hielo		0.36
Concreto		0.15

*Fuente: Diseño de Cimentaciones - Dr. Jorge E. Alva Hurtado*

**Tabla 29**

*Factor de Influencia*

FORMA DE LA ZAPATA	UBICACIÓN	VALORES DE $I_f$ (cm/m)			
		CIM. FLEXIBLE		RIGIDA	
		CENTRO	ESQ.	MEDIO	---
RECTANGULAR	L/B= 2	153	77	130	120
	L/B = 5	210	105	183	170
	L/B = 10	254	127	225	210
CUADRADA		112	56	95	82
CIRCULAR		100	64	85	88

*Fuente: Diseño de Cimentaciones. Alva Hurtado*

**Cimentación corrida:**



$$B = 0.60 \text{ m}, E_s = 2000 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right), \mu = 0.40, I'_f = 254 \frac{\text{cm}}{\text{m}},$$

$$q_{\text{adm}} = 0.83 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I'_f = \frac{0.83 * 0.60 * (1 - 0.40^2)}{2000} * 254 = 0.03 \text{ cm}$$

$$S_i = 0.03 \text{ cm} < 1" (2.54 \text{ cm}) \text{ OK}$$

**Tabla 30**

*Capacidad de carga admisible de la cimentación corrida.*

B (m)	CIMENTACION CORRIDA				Capacidad de Carga ultima	Capacidad de Carga Admisible	Modulo del Asentamiento	
	L > 10B	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Sc(cm)	
0.60	6.00	1.00	1.00	1.00	2.49	0.83	0.03	No Presenta asentamiento
0.70	7.00	1.00	1.00	1.00	2.51	0.84	0.03	No Presenta asentamiento
0.80	8.00	1.00	1.00	1.00	2.53	0.84	0.03	No Presenta asentamiento
1.00	10.00	1.00	1.00	1.00	2.57	0.86	0.04	No Presenta asentamiento
1.20	12.00	1.00	1.00	1.00	2.61	0.87	0.05	No Presenta asentamiento
<i>Capacidad de Carga Admisible, Capacidad portante del suelo para La cimentacion Corrida</i>						<b>0.85 Kg/cm<sup>2</sup></b>		

**Cimentación cuadrada:**

$$B = 1.00 \text{ m}, E_s = 2000 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right), \mu = 0.40, I'_f = 112 \frac{\text{cm}}{\text{m}},$$

$$q_{\text{adm}} = 1.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I'_f = \frac{1.22 * 1.00 * (1 - 0.40^2)}{2000} * 112 = 0.03 \text{ cm}$$

$$S_i = 0.03 \text{ cm} < 1" (2.54 \text{ cm}) \text{ OK}$$

**Tabla 31**

*Capacidad de carga admisible para cimentacion cuadrada.*

B (m)	L (m)	CIMENTACION CUADRADA			Capacidad de Carga ultima	Capacidad de Carga Admisible	Modulo del Asentamiento	
		Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Sc(cm)	
0.60	0.60	1.33	1.23	0.60	3.64	1.21	0.02	No Presenta asentamiento
1.00	1.00	1.33	1.23	0.60	3.67	1.22	0.03	No Presenta asentamiento
1.50	1.50	1.33	1.23	0.60	3.72	1.24	0.04	No Presenta asentamiento
2.00	2.00	1.33	1.23	0.60	3.77	1.26	0.06	No Presenta asentamiento
2.50	2.50	1.33	1.23	0.60	3.82	1.27	0.07	No Presenta asentamiento
<i>Capacidad de Carga Admisible, Capacidad portante del suelo para La cimentacion Cuadrada</i>						<b>1.24 Kg/cm<sup>2</sup></b>		

### Cimentación rectangular:

$$B = 1.00 \text{ m}, E_s = 2000 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right), \mu = 0.40, I'_f = 153 \frac{\text{cm}}{\text{m}},$$

$$q_{\text{adm}} = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I'_f = \frac{1.00 * 1.00 * (1 - 0.40^2)}{2000} * 153 = 0.03 \text{ cm}$$

$$S_i = 0.03 \text{ cm} < 1" (2.54 \text{ cm}) \text{ OK}$$

### Tabla 32

Capacidad de carga admisible para cimentación rectangular.

CIMENTACION RECTANGULAR					Capacidad de Carga ultima	Capacidad de Carga Admisible	Modulo del Asentamiento	
B (m)	L<=10B	Sc	Sq	Sy	qu (kg/cm2)	qadm (kg/cm2)	Sc(cm)	
1.00	10.00	1.03	1.02	0.96	3.01	1.00	0.03	No Presenta asentamiento
1.50	15.00	1.03	1.02	0.96	3.08	1.03	0.05	No Presenta asentamiento
2.00	20.00	1.03	1.02	0.96	3.16	1.05	0.06	No Presenta asentamiento
2.50	25.00	1.03	1.02	0.96	3.24	1.08	0.08	No Presenta asentamiento
<b>Capacidad de Carga Admisible, Capacidad portante del suelo para La cimentacion Rectangular</b>						<b>1.04</b>	<b>Kg/cm2</b>	

- La capacidad de carga admisible del suelo para fines de la cimentación son las siguientes:

### Tabla 33

Resumen de las cargas admisibles de las calicatas.

carga admisible del suelo	CC – 01	CC – 02	CC - 03
Cimiento Corrido (Kg/cm2)	0.90	0.94	0.85
Cimentación cuadrada (Kg/cm2)	1.02	1.08	0.96
Cimentación rectangular (Kg/cm2)	1.09	1.15	1.04



## 5.7 INTERPRETACION Y DISCUSIONES

### 5.7.1 Análisis de resultados de la caracterización

La caracterización realizada, describe el estado en que se encuentra el suelo, la clasificación del suelo, a través del sistema SUCS, la plasticidad de los finos, la consistencia, la compacidad, el contenido de humedad, el color, el tamaño de las partículas que presenta y la angularidad de las partículas, la cementación y otros más.

**Tabla 34**

*Resumen de ensayos de granulometría, límites y porcentaje de humedad de la calicata N° 01 (CC-01).*

---

<b>Porcentaje que pasa el Suelo</b>		
N°4	: 65%	
N°10	: 48%	Suelo de partículas gruesas
N°40	: 25%	
N°200	: 11%	Arena
<b>Límites de consistencia</b>		
LL	: 42.62	El suelo Presenta Baja Plasticidad
LP	: 23.05	Suelo Bien Graduado
IP	: 19.57	
D60	: 2.27	
D30	: 0.52	
D10	: 0.07	Mant. Granular y Arcilloso de color plomo, mat.
Cu	: 34.27	Con presencia de rocas sedimentarias angulares
Cc	: 1.80	y sub angulares planas.
<b>Descripción Muestra:</b>		
<b>SUCS</b>	: <b>SW SC</b>	Suelo Grueso Arena bien graduada con arcilla con bloques
<b>TIPO DE SUELO</b>	: <b>Excelente a Bueno</b>	
<b>Porcentaje del Suelo</b>		
Grava	: 35.29%	
Arena	: 53.33%	
Arcilla	: 11.38%	

---

### 5.7.2 Perfil Estratigráfico

Realizamos este perfil en un gráfico donde mostramos el grado de clasificación que presenta el suelo, dentro de la elaboración de los estudios geotécnicos del proyecto identificado por los diferentes tipos de suelos, capas con espesores que varían de 0.10 a 0.50m, con profundidad de los puntos de exploración (Calicatas) que varían de 3.50 a 4.00 metros.

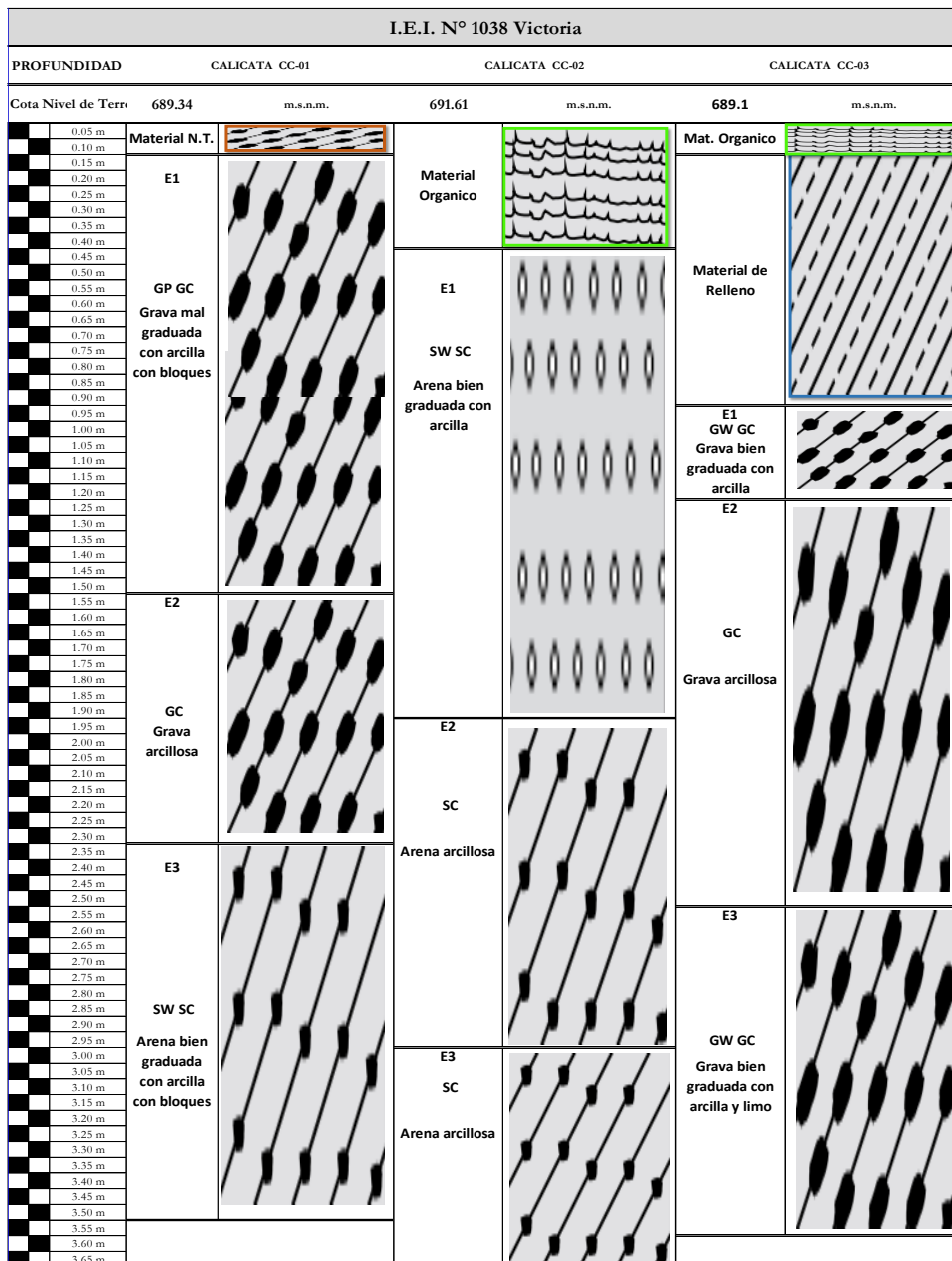


Figura 55 Perfil estratigráfico.



## VI. CONCLUSIONES

- Gracias a la evaluación de campo e interpretación estratigráfica, La formación geológica del área de proyecto de la localidad C.P. Victoria, Distrito de San Pedro de Putina Punco es la formación Vivian, compuesta por una roca sedimentaria como es el caso de la arenisca cuya descripción es de Areniscas cuarzosas blancas a rosadas, grano medio a grueso. RIESGOS foco del problema NO se han identificado peligros que puedan causar daño a la infraestructura ni a otros servicios educativos tanto los actuales como los que se pretende plantear, asimismo se tendrá en cuenta el RNE para mitigar estos peligros mediante la Gestión de Riesgos si fuera necesario.
- A razón del objetivo específico DOS es que se realizó las pruebas de campo que consistieron en realizar 3 calicatas o pozos en cielo abierto a la profundidad mínima calculada bajo la Norma técnica peruana E.050, calicatas como CC-01, CC-02 y CC-03; en donde el resultado de perfil estratigráfico nos muestra 3 estratos características y representativas como son: el 1er Estrato clasificada como material de relleno no compactado GP-GC (Grava mal graduada con arcilla con bloques), 2do se clasifica como GC (Grava y arena arcillosa) y el 3ro clasificada como suelo arcilloso de mediana plasticidad arenosa SW-SC (Arena bien graduada con arcilla con bloques).
- La Capacidad Portante tuvo los siguientes resultados. La  $q_{adm}$  de la C1= 1.02 kg/cm<sup>2</sup>, C2= 1.08 kg/cm<sup>2</sup> y C3= 0.96 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto al ensayo de corte directo la Cohesión es 0.19 kg/cm<sup>2</sup> y el Angulo de Fricción es 10.81°, Peso específico del suelo 1.86 gr/cm<sup>3</sup>.



- Siguiendo la norma SUCS. Se determina que el material de terreno de fundación está conformado por arenas y gravas arcillosas GW-SC con pequeños fragmentos de gravilla, CL arcillas con baja plasticidad conformadas con más del 50% son materiales finos (como los limos y arcillas). Esto gracias al trabajo de laboratorio de suelos.



## VII. RECOMENDACIONES

- En la zona de investigación se notó la presencia de filtraciones superficiales debido a lluvias, a la profundidad de la cimentación con respecto a la superficie natural del terreno, se recomienda diseñar un sistema de drenaje superficial, para poder evacuar el agua de filtración y pueda facilitar el proceso constructivo de las cimentaciones y también afectar a las mismas una vez construidas.
- La norma técnica de edificaciones E.050 (2018), la “profundidad de la cimentación”, indica que no debe de cimentarse sobre una turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario, y que estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y ser reemplazados con materiales que cumplan lo indicado en el acápite 25.4.1 “rellenos controlados o de ingeniería”.
- Recomienda compactar bien, con el material de relleno, bajo la norma E.050 (2018) (Artículo 25.- Rellenos) compactación del material de relleno, al momento de realizar las excavaciones para la cimentación ya que en todo su perfil estratigráfico del proyecto es Arcilloso, asta no mayor de 5.00m de profundidad.





## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Hurtado, Jorge E. 2016. “Evaluación Del Potencial De Licuación De Suelos.”  
*Universidad Nacional de Ingeniería: 33.*
- Alvarez Ayma, Fernando. 2015. “Evaluación Del Riesgo de Desastres Del Distrito de Sandia.” *Municipalidad distrital de Sandia: 139.*  
[http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA\\_PUBLICAR/OTROS/Evaluacion del Riesgo - Sandia 201215.pdf.](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/OTROS/Evaluacion_del_Riesgo_-_Sandia_201215.pdf)
- Araujo Navarro, William Segundo. 2014. “Ecuaciones de Correlacion Del CBR Con Propiedades Indice de Suelos Para La Ciudad de Piura.” *Universidad de piura: 30.*  
[https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI\\_208.pdf?sequence=1.](https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1)
- Arredondo Garcia, Luz Mercedes. 2016. “APLICACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA E-030 ‘DISEÑO SISMORRESISTENTE’ EN LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SANTA ROSA - LIMA.”  
[https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf.](https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf)
- Aviles Ponce, Lucia Raquel. 2013. “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DEL SUR DE LA CIUDAD DE QUITO”.MAYO 2013.” 27037.
- Bowles, Joseph E. 1981. 91 Foreign Affairs *Manual de Laboratorio de Suelos En Ingeniería Civil.*
- Braja, Das. 2013. *Fundamentos de La Ingeniería Geotecnica.* ed. 4th.
- Calderón Limaico, Andres Leonardo. 2015. “*Información Geotécnica Como Elemento de Análisis En La Planeación y Diseño de Cimentaciones de Edificios.*”



- Carnero Carnero, Erasmo. 2014. *Geomecánica II*. Puno.
- CEPIG. 2015. “Informe de Evaluación Para La Reubicación Temporal de La Distrito de San Pedro de Putina Punco.” *INDECI*.
- Chalco Chavez, Percy Luis, and Claudia Febe Olivos Garcia. 2019. “Cimentaciones Superficiales En Suelo Arenoso En El Proyecto Condominio Oasis , Distrito De Paracas – Pisco – Ica - Perú.” *Repositorio USMP*: 151.
- Cutimbo Checalla, Rimsky Zenón, and Liz Mariela Escobar Mendoza. 2021. *Evaluación Geotécnica De Capacidad Portante Para Diseñar Cimentación De Vivienda Utilizando Parámetros De Resistencia - Calle Muñoz Cp. Jayllihuaya - Puno - 2021*.
- Duque Escobar, Gonzalo. 2016. *Mecánica de Suelos I*.  
<https://es.scribd.com/document/495100751/pdf-mecanica-de-suelos-i-gonzalo-duque-escobar-y-carlos-enrique-escobar-potespdf-compress>.
- Garcia Nuñez, Jesus R. 2007. “Análisis Comparativo Del Fenómeno de Licuación En Arenas. Aplicación a Tumaco (Colombia).” *Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica*.: 155.
- Gonzales Aliaga, Roger, and Alejandro Lopez Ramirez. 2015. “Desarrollo de Capacidades Para El Ordenamiento Territorial de La Región Puno. Informe Final Del Área De Geología.” : 192.  
[http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/memoria\\_descriptiva\\_geologia.pdf](http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/memoria_descriptiva_geologia.pdf).
- Holtz, Robert, and William Kovacs. 2011. “Introducción a La Ingeniería Geotécnica.” : 1–3.



- Krynine, Dimitri, and William Judd. 1972. *Principios de Geología y Geotécnica Para Ingenieros*. Barcelona. <https://doku.pub/documents/principios-de-geologia-y-geotecnia-para-ingenieros-krynine-judd-z06o2e972y0x>.
- De La Cruz Caballon, Jaime, and Jose Alberto Sanchez Aucatoma. 2013. “ESTUDIO DE SUELOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EDIFICACIONES DE 4 NIVELES EN LA CIUDAD DE LIRCAY-HUANCAVELICA.” *Repositorio Institucional - UNH*: 80. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>.
- Lambe, William, and Robert Whitman. 1894. *MECANICA DE SUELOS*. ed. Limusa. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS. [https://www.academia.edu/44624675/Mecánica\\_de\\_Suelos\\_T\\_William\\_Lambe\\_Robert\\_V\\_Whitman](https://www.academia.edu/44624675/Mecánica_de_Suelos_T_William_Lambe_Robert_V_Whitman).
- Medina Allica, Lucio. 2014. “Peligros Geologicos En El Barrio Selva Alegre, Distrito de San Pedro de Putina Punco.” *INGEMMET*.
- Milla Vergara, Elio. 2011. “DESCRIPCIÓN VISUAL - MANUAL DE LOS SUELOS (NTP. 339.150, ASTM D 2488).” <https://pdfcoffee.com/ntp-339150versionbssdpdf-3-pdf-free.html>.
- Ministerio de Vivienda. 2019. “Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.” *DS 010-2009-Vivienda*: 201. [http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO](http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2006. “Reglamento Nacional de Edificaciones.” *Reglamento Nacional De Edificaciones* 53(9): 50.



[http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento_Nacional_de_Edificaciones.pdf).

Muñoz, Alejandro. 2020. “Comentarios a La Norma E.030 Diseño Sismorresistente.” *Sencico*.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS\\_A\\_LA\\_NORMA\\_PERUANA\\_E.030\\_DISEÑO\\_SISMORRESISTENTE.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE.pdf).

Neyra Carrion, Alexandra. 2019. “Estudio Geologico Geotecnico Y Mecanica De Suelos Para La Construcccion Del Puente Malvas – Malvitas Distrito De Suyo – Provincia De Ayabaca – Departamento De Piura.” *Tesis - Universidad Nacional de Piura*.  
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1807>.

Norma E.030. 2016. “Norma Tecnica E.030 Diseño Sismorresistente.” *Diario El Peruano*: 576293–322.

Norma E.050. 2018. “Norma Tecnica E.050 Suelos y Cimentaciones.” : 25. [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/2018\\_E050\\_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E050_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf).

Norma G.030. 2006. “Norma G.030 Derechos y Responsabilidades.” : 5.

NTE E.050. 2018. “Suelos Y Cimentaciones.” *El Peruano*: 22–68.

Pari Humpiri, Silverio. 2018. *EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO ARCHIVO REGIONAL PUNO, 2018*.  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280141>.

Perales, Dennis Santa Cruz. 2018. “Zonificación De La Capacidad Portante Del Suelo De



- La Localidad De Soritor Del Distrito De Soritor – Provincia De Moyobamba – Región San Martín.” *Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto*: 1–135.  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2928/CIVIL - Tesis Dennis Santa Cruz Perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Pineda Castellanos, Lyda Johanna. 2015. “Análisis y Evaluación Del Estudio Geológico, Geotécnico y Estabilización de Laderas Establecida Por La Concesion Vial Metropolitana En El Talud Del Barrio Bellavista Desde El K70+500 Hasta El K70+320, Municipio de Giron, Departamento de Santander.”
- Rauch, F. 1998. *RESISTENCIA DE SUELOS CONTRA LA LICUACION*.  
<https://docplayer.es/32701429-La-relacion-de-esfuerzo-ciclico-csr-y-la-relacion-de-la-resistencia-ciclica-crr.html>.
- Regal, Alberto. 1939. “La Ingenieria Del Suelo.” *Universidad Católica del Perú*.  
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/53257/la-ingenieria-del-suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sanchez Arroyo, Isaac Job. 2019. “Estudio Geotécnico Para El Diseño de Cimentaciones Superficiales En Viviendas Unifamiliares En El Centro Poblado de Huamanmarca.” *Repositorio UNCP*: 64.
- Santa Cruz Perales, Dennis. 2018. “Zonificación De La Capacidad Portante Del Suelo De La Localidad De Soritor Del Distrito De Soritor – Provincia De Moyobamba – Región San Martín.” *Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto*: 1–135.  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2928/CIVIL - Tesis Dennis Santa Cruz Perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Universidad Nacional de Ingenieria. 1998. “Geologia de Los Cuadrangulos Tocache y



Uchiza.” *UNI*: 102.

Vesic, Aleksander. 1958. “Tipos de Falla Por Capacidad de Carga.” : 2–3.

Vilcas Carrasco, Jesus Miguel. 2018. “PLANTEAMIENTO DEL MEJORAMIENTO DEL SUELO EMPLEANDO RELLENO FLUIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN LA OBRA CASA CLUB RECREA ‘LOS NOGALES’, DISTRITO DE EL AGUSTINO, LIMA.”  
*Universidad Nacional Federico Villareal*: 1–57.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3464>.

Villota, Hugo. 2005. “Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafologiso y Ordenamiento de Tierras.” 2da. Edici.

White Light Sky. 2022. “Clima Alrededor Del Mundo.”  
<https://whitelightskyes.com/administrative-area/4353198-san-pedro-de-putina-punco/>.



## ANEXOS

### ANEXO 01

- Certificados de ensayos de laboratorio.

### ANEXO 02

- Mapa Geológico local del C.P. Victoria.

## ANEXO 1



**CIP CONSULT S.R.L.**  
Engineering and Construction  
CORPORACIÓN DE INGENIEROS DEL PUNO CONSULT E.R.L.

**LABORATORIO DE MECÁNICA SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Jr. José María Eguren N° 714 - Urb. Sr. de Huanca  
cipconsultsrl@hotmail.com 937 683377 985 101010

---

**Contenido de Humedad Natural (ASTM D - 2216)**

<b>Proyecto</b>	: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE EDUCACION INICIAL EN LA L.E.L. N° 1038 VICTORIA, L.E.L. N° 1021 AZATA, L.E.L. N° 1005 CURVA ALEGRE DEL DISTRITO DE SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO - PROVINCIA DE SANDIA - PUNO		
<b>Cliente</b>	: Municipalidad Distrital de San Pedro de Putina Puno	<b>Fecha</b>	: 13-Ene
<b>Departamento</b>	: Puno		
<b>Provincia</b>	: Sandia		
<b>Distrito</b>	: San Pedro de Putina Puno		
<b>Localidad</b>	: Victoria		

Ensayo	Normatividad	Descripción de Ensayo	Ubicación del Ensayo
<b>Contenido de Humedad</b>	: ASTM D - 2216	<b>Calicata</b> : CC-01	<b>Ubicación</b> : J.E.L. N° 1038 Victoria
		<b>Buzo N°</b> : E-1	<b>Dist</b> : 001127.771
		<b>Espesor del Escudo</b> : 3.5	<b>Notas</b> : 8482180.072
		<b>Peso de la muestra</b> :	<b>Altitud</b> : 668.34

**1. Memoria de Cálculo del Ensayo de Contenido de Humedad**

Descripción	Unidad	Muestras	Muestras	Resultado
Mis de tarasca		318	342	191
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	22.76	23.96	22.3
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	21.56	22.72	21.34
Peso de la Tara	Gr	13.70	13.41	13.92
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.88	8.31	7.42
Peso del Agua	Gr	1.18	1.27	0.96
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>%</b>	<b>14.57</b>	<b>13.44</b>	<b>13.94</b>
<b>HUMEDAD</b>				<b>13.85 %</b>

**2. Contenido de Humedad de la Muestra**

**13.85 %**

**Suelo semi seco, poca presencia de agua**



Wendy Luque Mamani  
TECNICO DE LABORATORIO  
EXT. MECANICA DE SUELOS



DR. JAIME BOTO VILCA  
N° 222-11  
INGENIERO EN CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS  
DE UPELUM





CORPORACION DE INGENIEROS DEL PERU INCORPORATED S.R.L.

## LABORATORIO DE MECÁNICA SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Jr. José María Eguren N° 714 - Urb. Sr. de Huanca  
cipconsultsrl@hotmail.com 937 683377 985 101010

### Analisis Granulometrico (ASTM D422)

Proyecto	"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE EDUCACION INICIAL EN LA U.E.I. N° 1008 VICTORIA, U.E.I. N° 1001 AZAYA, U.E.I. N° 1006 CURVA ALERCE DEL DISTRITO DE SAN PEDRO DE PUTRA PUNCO - PROVINCIA DE SAMBA - PERU"		
Ciudad	Municipalidad Distrito de San Pedro de Putra Puncu	Fecha	15/04
Departamento	Puno		
Provincia	Sanda		
Districto	San Pedro de Putra Puncu		
Localidad	Uchiza		
Estado	Finalidad	Descripción de Estado	Clasificación del Estado
Analisis granulometrico	NTP 320.124 (ASTM D422)	Clasificación Estrato N° Profundidad Paso de la muestra	Clasificación Estrato Nivel Clasificación
		1 2 3 1	CC-01 E-1 3.00 B 9000 50
			Clasificación Estrato Nivel Clasificación
			1 2 3 1

#### 1. Memoria de Cálculo del Analisis Granulometrico

Tamano	Peso (gramos)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% (Por Paso)	Observaciones
75"	100.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
4"	100.00	223.87	8.43%	8.43%	91.57%	
3"	100.00	325.81	12.06%	12.06%	87.94%	
2.5"	100.00	128.45	4.65%	16.71%	83.29%	
2"	100.00	321.42	11.56%	18.27%	81.73%	
1.5"	100.00	188.20	6.77%	25.04%	74.96%	
1"	100.00	140.54	5.02%	30.06%	69.94%	
0.75"	100.00	240.80	8.65%	38.71%	61.29%	
0.6"	100.00	305.20	10.95%	49.66%	50.34%	
0.425"	100.00	210.78	7.57%	57.23%	42.77%	
0.3"	100.00	150.11	5.35%	62.58%	37.42%	
0.25"	100.00	123.87	4.53%	67.11%	32.89%	
0.15"	100.00	0.00	0.00%	67.11%	32.89%	
0.075"	100.00	360.10	12.97%	80.08%	19.92%	
0.075"	100.00	0.00	0.00%	80.08%	19.92%	
0.06"	100.00	800.32	28.01%	108.09%	71.99%	
0.0425"	100.00	0.00	0.00%	108.09%	71.99%	
0.03"	100.00	671.82	23.72%	131.81%	68.27%	
0.025"	100.00	0.00	0.00%	131.81%	68.27%	
0.02"	100.00	320.82	10.96%	142.77%	57.31%	
0.015"	100.00	250.43	8.24%	151.01%	48.77%	
0.0125"	100.00	171.74	6.05%	157.06%	43.95%	
0.0075"	100.00	358.80	12.79%	169.85%	31.16%	
Peso TOTAL	9999.00	188.00%			100.00%	

Gráfico Nro 01



#### 2. Resumen del Estado

La muestra es MEDIO 40 (2)	Sueto de control grueso	clasificado como Fragmentos de Piedra Dura y Arena
Según la clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)		SW 60 - Arena bien graduada y Arena ASTM D400
Según la normativa ASTM C607 cada tipo de sueto como		A-2-3(1) - Fragmentos de Piedra (según ASTM D 3023-04) (TABLA de Clasificación de Suelos y Sueto) y Sueto a Sueto

*Walter Enrique Mamani*  
TECNICO DE LABORATORIO  
EST. MECANICA DE SUELOS

*Walter Enrique Mamani*  
INGENIERO EN GEOTECNIA  
ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE FUNDACIONES  
GEOTECNIA

LOS ENSAYOS SE REALIZAN SEGÚN LO RECOMENDADO EN LA NORMATIVIDAD PERUANA



## LABORATORIO DE MECÁNICA SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Jr. José María Eguren N° 714 - Urb. Sr. de Huanca  
cipconsultsrl@hotmail.com 937 683377 985 101010

### Límites de Consistencia (ASTM D4318)

Proyecto	"IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN INICIAL EN LA LEL N° 1004 VICTORIA, LEL N° 1021 AZAYA, LEL N° 1006 GURVA ALONSO DEL DISTRITO DE SAN PEDRO DE PUTINA PLAZO - PROVINCIA DE SANCRA - PUNO"		
Clase	Alumbramiento (Calle) de San Pedro de Putina Plazo	Fecha	19-04-2020
Departamento	Puno		
Provincia	Sancra		
Distrito	San Pedro de Putina Plazo		
Localidad	Victoria		
Ensayo	Normalidad	Descripción de Ensayo	Cálculo del Ensayo
Índice Líquido (LL)		Calibre : CC-01	Estimado : 1
Contenido de Agua (w)		Zaneta, N° : C-1	Diez : 1
		Proyectada : 3.02%	Mois : 1
		Por de la muestra : 0.002	Almid : 1
			18.1.30 1008 Victoria
			50*100 50
			3*10210 1
			888.1402

#### 2. Memoria de Cálculo de los Límites de Consistencia (LL) y (LP)

##### Ensayo N° 1 Límite Líquido (ASTM D - 4318)

Descripción	Unidad	Muestra	Resultado
<b>Datos de TARE y PASADO</b>			
Número de Golpes	N°	180	180
Peso Tara + Muestra Almid	Gr	10	26
Peso Tara + Muestra Diez	Gr	31.54	33.99
Peso Tara + Muestra Mois	Gr	26.28	27.95
Peso de la Tara	Gr	>4.00	13.99
Peso de la Muestra Diez	Gr	12.28	13.99
Peso del Agua	Gr	6.38	6.01
Contenido de Humedad	%	43.68	45.49
Límite Líquido (LL)			43.62%

Gráfico Nro 01



##### Ensayo N° 2 Límite Plástico (ASTM D - 4318)

Descripción	Unidad	Muestra	Resultado
<b>Datos de PASADO y PASADO</b>			
Peso Tara + Muestra Almid	Gr	2.51	8.29
Peso Tara + Muestra Diez	Gr	8.11	9.13
Peso de la Tara	Gr	3.25	8.43
Peso de la Muestra Diez	Gr	5.86	8.51
Peso del Agua	Gr	0.20	8.13
Contenido de Humedad	%	13.26	23.81
Límite Plástico (LP)			23.08%
Límite Líquido (LL)			43.62%
Índice de Plasticidad			19.57%

LOS ENSAYOS SE REALIZAN SEGÚN LO RECOMENDADO EN LA NORMATIVIDAD PERUANA

**Ensayo de Corte Directo (NTP 339.171 - ASTM D3080)**

Proyecto	"MEJORAMIENTO DEL SERVIDOR DE EDUCACIÓN INICIAL EN LA URB. N° 1008 VICTORAL DEL N° 1001 AZUZA DEL N° 1006 CURVA ALBORO DEL DISTRITO DE SAN PEDRO DE PUTINA, PUNCO - PROVINCIA DE SIERRA - PUNO"				
Ciudad	Manorqueñan (Distrito de San Pedro de Calbaya)	Código	0081	Altitud	1.811 m s.n.m.
Departamento	Puno	Escala	1:1	Edif.	50x70x50
Proyecto	Sancta	Profundidad máxima	3.0	Tubo	400x500x30
Estado	San Pedro de Putina Puno	Carg. Por suelo	800 kg	Área	800.00
Geología	VICUNA	Intensidad	NTP 339.171 (ASTM D3080)	Placa	10x10x1

**1. Datos del Equipo de Corte Directo**

Descripción	Cantidad	Alteza		
		1	2	3
N° de muestra				
Alteza del cilindro	Agua	3.00	3.00	3.00
Tubo o depósito del fluido	cm	3.07	3.07	3.07
Área del tubo (sección de ensayo)	cm <sup>2</sup>	2.40	2.40	2.40
Área (sección de muestra)	cm <sup>2</sup>	33.07	33.07	33.07
Peso del fluido	cm <sup>3</sup>	88.02	88.02	88.02
Peso del cilindro	gr	33.09	33.09	33.09
Peso del tubo + Modificadores, Retorno	gr	338.70	338.02	338.79



**2. Densidad de la Mezcla**

Descripción	Cantidad	Alteza		
		1	2	3
N° de muestra				
N° de tubo		287	88	108
Peso tubo + suelo saturado	gr	13.08	13.91	13.81
Peso tubo + suelo seco	gr	11.01	11.91	11.47
Peso tubo	gr	3.88	3.33	3.33
Peso Suelo Seco	gr	7.13	8.58	8.14
Peso Agua	gr	5.95	5.38	5.64
Coeficiente de saturación	gr	33.15	33.09	33.70
U (líquida)	gr/cm <sup>3</sup>	3.09	3.23	3.09
G (suelo)	gr/cm <sup>3</sup>	1.88	1.88	2.04



1. Resultados del Ensayo (Y = agua saturada)      2.85 G/cm<sup>3</sup>      Y = agua seco      2.29 G/cm<sup>3</sup>      Contenido de agua 15.0%

*[Firma]*  
Walter de Larrea Mamani  
TECNICO DE LABORATORIO  
EST. MECÁNICA DE SUELOS

*[Firma]*  
JAIME SOTO VILCA  
INGENIERO EN GEOTECNIA

**LOS ENSAYOS SE REALIZAN SEGÚN LO RECOMENDADO EN LA NORMATIVIDAD PERUANA**





## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DAVID VILLEGAS CASTILLO  
identificado con DNI 70147003 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLOGICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

" EVALUACIÓN DE GEOMECÁNICA DE SUELOS PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA J.E.I. N°1038 VICTORIA 2022

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 21 de JUNIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo DAVID VILLEGAS CASTILLO  
identificado con DNI 70147003 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA GEOLOGICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

" EVALUACIÓN DE GEOMECANICA DE SUELOS PARA  
EL MEJORA MIENTO DE LA I.E.I. N° 1038 VICTORIA, 2022 "

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

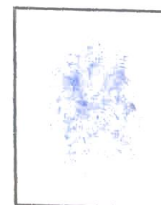
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 21 de JUNIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella