

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
EN SUELOS ARCILLOSOS PARA DETERMINAR EL TIPO  
DE CIMENTACIÓN EN LA I.E. NUESTRA SEÑORA DEL  
ROSARIO”**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Angelo Giusseppi Scipion Falla

**Asesor:**

Mg. Ing. Edmundo Vereau Miranda  
<https://orcid.org/0000-0003-1984-1734>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	JOSE LUIS NEYRA TORRES	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro personal a mi familia, en especial a mi esposa que me impulsó a escoger y a terminar esta carrera y que la culminara exitosamente. A mis hijos que me motivan día a día a seguir y no declinar en el estudio y trabajo.

## AGRADECIMIENTO

En estos últimos cinco años de haber egresado de ésta prestigiosa universidad, he tenido mucha suerte de haber conocido y trabajado con muchos ingenieros y profesionales que me han enseñado a resolver los problemas profesionales que se me presentaban, pero no puedo dejar de mencionar las atenciones del Sr Jorge Ramírez Japaja.

A mi compañero y amigo Luis Sánchez por su asesoramiento en este informe de Ingeniería.

Así también quiero agradecer especialmente a mi Padre el Ing. Eddy Scipión Piñella por su comprensión y ayuda que me brindó para que pueda culminar mis estudios, igualmente a mi querida madre Amanda Falla.

**TABLA DE CONTENIDOS**

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE FORMULAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Base teórica</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Antecedentes</b>	<b>21</b>
1.3.1. Antecedentes internacionales	21
1.3.2. Antecedentes nacionales	23
1.3.3. A nivel Local	27
<b>1.4. Formulación del problema</b>	<b>27</b>
1.4.1. Problema General	27
1.4.2. Problema específicos	27
<b>1.5. Objetivos</b>	<b>27</b>
1.5.1. Objetivo general	27
1.5.2. Objetivo específicos	27
<b>1.6. Hipótesis</b>	<b>28</b>
1.6.1. Hipótesis general	28

1.6.2. Hipotesis específicas	28
<b>1.7. Justificación</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>30</b>
2.1. Tipo de investigación	30
2.2. Diseño de la investigación	31
2.3. Población y muestra	31
2.3.1. Unidad de estudio	31
2.3.2. Población	31
2.3.3. Muestra	31
2.4. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos	32
2.4.1. Técnicas de recolección de datos	32
2.4.2. Instrumentos	33
2.4.3. Procedimientos de recolección de datos	33
2.4.4. Para analizar los datos	36
2.4.5. Elaboración de mapa de zonificación	42
2.4.6. Aspectos éticos	42
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>43</b>
3.1. Recolección de datos	43
3.1.1. Recopilación de la información del área de estudio	43
3.1.2. Investigación de Campo	53
3.1.3. Datos Geotécnicos	56
3.2. Descripción del trabajo en Campo	57
3.2.1. Identificación de Calicatas	57
3.3. Análisis de datos	60
3.3.1. Identificación	60
3.3.2. Clasificación	66

3.3.3. Resumen de resultados finales de los ensayos de suelo	72
<b>3.4. Análisis de Cimentación</b>	<b>74</b>
3.4.1. Profundidad de Cimentación	74
3.4.2. Tipo de Cimentación	75
3.4.3. Cálculo y análisis de la capacidad admisible de carga	76
3.4.4. Calculo de asentamiento	80
<b>3.5. Resumen de resultados finales</b>	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
<b>4. Discusión</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Resultados</b>	<b>86</b>
4.1.1 Presentación de resultados del objetivo Especifico 1	86
4.1.2 Presentación de resultados del objetivo Especifico 2	87
4.1.3 Presentación de resultados del objetivo Especifico 3.	88
4.1.4 Presentación de resultados del objetivo General	88
<b>4.2 Conclusión</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Método de Hotz y Gibbs, función del índice de plasticidad .....	20
<b>Tabla 2.</b> Grado de expansividad.....	20
<b>Tabla 3.</b> Grado de expansividad en función de distintas propiedades geotecnicas .....	38
<b>Tabla 4.</b> Peligro sismico del Departamento de Lima .....	47
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de Sitio (S, TP Y TL).....	50
<b>Tabla 6.</b> Categoría de las Edificaciones y Factor "U" .....	51
<b>Tabla 7.</b> Profundidades y su ubicación de las calicatas .....	54
<b>Tabla 8.</b> Resumen de los trabajos de campo .....	56
<b>Tabla 9.</b> Cantidad de ensayos de suelo.....	57
<b>Tabla 10.</b> Límites de Attenberg.....	64
<b>Tabla 11.</b> Contenido de Humedad .....	64
<b>Tabla 12.</b> Grado para la expansión libre.....	65
<b>Tabla 13.</b> Expansión libre.....	65
<b>Tabla 14.</b> Clasificación grado de expansividad según la expansión controlada	<b>65</b>
<b>Tabla 15.</b> Expansión controlada .....	<b>65</b>
<b>Tabla 16.</b> Método de Holtz y Gibbs, función del índice de plasticidad .....	65
<b>Tabla 17.</b> Grado de expansividad .....	65
<b>Tabla 18.</b> Clasificación de suelos SUCS y ASSTHO .....	66
<b>Tabla 19.</b> Tabla resumen de los ensayos de suelos .....	72
<b>Tabla 20.</b> Parámetros iniciales del suelo .....	76
<b>Tabla 21.</b> Datos para el diseño .....	76
<b>Tabla 22.</b> Parámetros Elásticos .....	76
<b>Tabla 23.</b> Cálculo de la capacidad admisible de carga para profundidades de empotramiento entre 1.50 y 2.00 m de profundidad .....	79
<b>Tabla 24.</b> Distorsión Angular = $\alpha$ :.....	81

<b>Tabla 25.</b> Estimación de asentamientos elásticos para las cargas actuantes limitadas de la capacidad admisible de carga .....	<b>83</b>
<b>Tabla 26.</b> Tabla resumen de los ensayos de suelos .....	<b>85</b>
<b>Tabla 27.</b> Grado para la expansión libre.....	<b>85</b>
<b>Tabla 28.</b> Expansión libre.....	<b>95</b>
<b>Tabla 29.</b> Clasificación grado de expansividad según la expansión controlada .....	<b>95</b>
<b>Tabla 31.</b> Expansión controlada.....	<b>95</b>
<b>Tabla 32.</b> Método de Holtz y Gibbs, función del índice de plasticidad .....	<b>96</b>
<b>Tabla 33.</b> Grado de expansividad .....	<b>96</b>
<b>Tabla 34.</b> Parámetros iniciales del suelo .....	<b>96</b>
<b>Tabla 35.</b> Datos para el diseño .....	<b>96</b>
<b>Tabla 36.</b> Parámetros Elásticos .....	
<b>Tabla 37.</b> Estimación de asentamientos elásticos para las cargas actuantes limitadas de la capacidad admisible de carga .....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cuadro de Plasticidad .....	21
<b>Figura 2.</b> Certificación del Laboratorio de Mecánica de Suelo FIC-INI .....	35
<b>Figura 3.</b> Limites de Atterberg.....	38
<b>Figura 6.</b> Ubicación por Google Maps de la I.E. Nuestra señora del Rosario.....	43
<b>Figura 7.</b> Mapa de Zonificación sísmica del Perú .....	47
<b>Figura 8.</b> Mapa de microzonificación sísmica de Lima CISMID .....	48
<b>Figura 9.</b> Vertientes aluviales, coluvial, depósito de deslizamiento, abanico de piedemonte .....	53
<b>Figura 11.</b> Registro de Muestras de C1 .....	67
<b>Figura 12.</b> Registros de Muestras de C2.....	68
<b>Figura 13.</b> Registro de Muestras de C3. ....	69
<b>Figura 14.</b> Registro de Muestras de C4. ....	70
<b>Figura 15.</b> Ecuación Modificada de Vesic:.....	78

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1. Ecuación para determinar el factor de amplificación sísmica .....</b>	<b>49</b>
<b>Ecuación 2. Ecuación de Espectro de Pseudo aceleraciones.....</b>	<b>50</b>
<b>Ecuación 2 Ecuación de Terzagui Modificda por Vesic .....</b>	<b>77</b>
<b>Ecuación 3 Ecuación distorsión angular .....</b>	<b>80</b>

## RESUMEN

Los suelos expansivos de alta plasticidad a través de los años han ocasionado pérdidas materiales como económicas en toda la parte del mundo. Los suelos arcillosos tienden a tener cambios de volumen cuando son humedecidos, ocasionado asentamientos, disminución de la resistencia al corte y de su capacidad portante.

El objetivo principal de este trabajo es identificar y clasificar los suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad de la institución educativa 003 Nuestra Señora del Rosario del distrito de San Martín de Porres.

La presente investigación se realiza mediante la observación de hechos ya existentes, situaciones que no se pueden manipular. Las variables independientes no son controladas arbitrariamente, a su vez es descriptiva, por lo tanto, es una investigación no experimental de tipo descriptiva. (Hernández-Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

Para poder desarrollar este proyecto de investigación se tuvo que realizar varias fases, entre ellas tenemos una de la fase de campo, donde se efectúan los trabajos de exploración con el fin de conocer los tipos y características del sub-suelo. Las investigaciones de campo estuvieron muy ligadas con el suelo que se encontró. La exploración se realizó mediante 4 calicatas a cielo abierto, estas fueron ubicadas de tal manera que se pueda cubrir toda el área a estudiar. Las profundidades que se alcanzaron fueron de 4.00m. La cantidad de calicatas se realizaron de acuerdo a los requerimientos del cliente, esto de tal manera de se tenga una adecuada estratigrafía y tener muestras representativas del área a investigar. Posteriormente se realizó los estudios de laboratorio, basados normas dadas por la ASTM y la normal E.50, donde los más importantes son el análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad

específica, LL, LP, IP, densidad natural, densidad relativa, ensayos de expansión libre y controlada.

Al procesar los resultados de los diferentes ensayos realizados, se tiene suelos tipo SM, arenas limosas, mezclas de arena y limo, CL que son arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, SP que son arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos, SP-SM, que son arenas limosas medianamente denso, no plástico. En la calicata C2, para profundidad de 0.80 m a 1.67 m, se tiene Arcilla delgada, con poca presencia de raíces seca, y para la profundidad de 1.67 m a 2.40 m, se tiene arcilla delgada con arena, color amarillento a marrón oscuro, medianamente duro, poco húmedo. 0.0% de grava: 17.6% de arena y 82.4% finos. En la calicata C3, para la profundidad de 1.45 m a 2.90 m, se tiene arcilla delgada con arena, de color amarillo-naranja, en estado duro, medianamente húmeda. 0.0% de grava, 24.8% de arena y 75.2% de finos. En la calicata C4, para la profundidad de 1.55 m a 1.75 m, se tiene un lente de arcilla. Se tienen IP que van de valor 13% a 23%, y en algunos casos N.P. En cuanto a la expansión de los suelos, se tiene 1.610% y 3.820% de expansión libre, lo cual indicia que tiene un potencial de expansión muy bajo. Para la expansión controlada se tiene 0.583 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.261 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual indica que tiene un grado de expansividad bajo.

**PALABRAS CLAVES:** Suelos, arcillas, expansiva, plasticidad, pruebas de laboratorio, hinchamiento de la arcilla .

## ABSTRACT

The expansive soils of high plasticity through the years have caused material and economic losses in all parts of the world. Clay soils tend to have volume changes when they are moistened, causing settlements, decreased shear strength and bearing capacity.

The main objective of this work is to identify and classify the expansive clayey soils of high plasticity of the educational institution 003 Nuestra Señora del Rosario in the district of San Martin de Porres.

The present investigation is carried out through the observation of already existing facts, situations that cannot be manipulated. The independent variables are not controlled arbitrarily, in turn it is descriptive, therefore, it is a non-experimental investigation of a descriptive type. (Hernández-Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

In order to develop this research project, several phases had to be carried out, among them we have one of the field phase, where the exploration works are carried out in order to know the types and characteristics of the subsoil. The field investigations were closely linked to the soil that was found. The exploration was carried out through 4 open pits, these were located in such a way that the entire area to be studied could be covered. The depths reached were 4.00m. The number of pits was made according to the client's requirements, this in such a way as to have an adequate stratigraphy and to have representative samples of the area to be investigated. Subsequently, laboratory studies were carried out, based on standards given by ASTM and standard E.50, where the most important are granulometric analysis, moisture content, specific gravity, LL, LP, IP, natural density, relative density, tests free and controlled expansion.

When processing the results of the different tests carried out, there are SM type soils, silty sands, mixtures of sand and silt, CL which are inorganic clays with low or medium

plasticity, SP which are poorly graded sands, sand with gravel, with little or no fines, SP-SM, which are medium dense silty sands, not plastic. In pit C2, for a depth of 0.80 m to 1.67 m, there is thin clay, with little presence of dry roots, and for a depth of 1.67 m to 2.40 m, there is thin clay with sand, yellowish to dark brown, medium hard. , little wet. 0.0% gravel: 17.6% sand and 82.4% fines. In pit C3, for a depth of 1.45 m to 2.90 m, there is thin clay with sand, yellow-orange in color, in a hard state, moderately humid. 0.0% gravel, 24.8% sand, and 75.2% fines. In pit C4, for a depth of 1.55 m to 1.75 m, there is a clay lens. You have IP that range from 13% to 23%, and in some cases N.P. Regarding soil expansion, there is 1,610% and 3,820% free expansion, which indicates that it has a very low expansion potential. For controlled expansion, there are 0.583 Kg/cm<sup>2</sup> and 0.261 Kg/cm<sup>2</sup>, which indicates that it has a low degree of expansiveness.

**KEY WORDS:** Soils, clays, expansive, plasticity, laboratory tests, clay swelling.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

A medida que va pasando el tiempo hasta la actualidad, los suelos expansivos han sido para el mundo un escoyo que ha alcanzado gran impacto a nivel económico y estructural. No fue sino hasta los años 30 que recién se empezó a reconocer los efectos que causó a las construcciones de albañilería confinada mediante agrietamientos en sus estructuras. Las cimentaciones de las edificaciones muestran grandes daños que ocasionan el colapso y la inutilidad debido a este tipo de suelo, ya que poseen la característica de expandirse hasta el 40% de su volumen. Cuando se tenga parte del sector el nivel freático, aproximadamente a 3.90 m.; la capacidad portante del suelo es muy baja llegando tan solo a 0.90 Kg/cm<sup>2</sup>. En esta área del sector los daños causados a las edificaciones se han debido a los suelos expansivos debido al intenso drenaje pluvial (Brandon Enrique & Heiner Arturo, 2021).

Los suelos arenosos y arcillosos en su estado natural son una variedad extendida en todo el territorio peruano. Esta clase de suelos no siempre son utilizados como material firme en la construcción debido a que su granulometría, su índice de plasticidad o su capacidad portante no suelen cumplir con las normas establecidas por lo que se termina descartando su uso (Llamoga, 2017).

En Perú, por primera vez se tuvo conocimiento de la problemática de suelos expansivos, en la ejecución de la obra del canal Quiroz en el departamento y hoy región Piura. Debido a este antecedente, con posterioridad se contempló la existencia de arcillas expansivas en el diseño del Proyecto del Canal Chira - Piura. En cuanto a las edificaciones, hay antecedentes de daños en las ciudades norteñas de Chiclayo, Talara, Paita, San Lorenzo y en la composición de los suelos de arcillas expansivas en Tumbes y Bayovar (Rojas & Alva, 2005).

A raíz de esto, estudios sobre la identificación y clasificación de suelos arcillosos se hace importante para el conocimiento general, no solo en Lima, sino también en todo el Perú, por lo que el presente trabajo de investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Qué se conoce sobre la identificación y clasificación de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad?

### **3.1. Realidad problemática**

Los suelos arcillosos de comportamiento expansivo no cumplen generalmente con los requerimientos geotécnicos para garantizar la estabilidad de las estructuras, tales como terraplenes o taludes viales, lo cual se presenta a la baja resistencia al corte, y sus cambios volumétricos (altas deformaciones) e índice de plasticidad. Para lograr dar uso a esta naturaleza de suelos es preciso manejar procesos de reforzamiento o de último recurso la sustitución completa o parcial del material, lo cual genera sobreexplotaciones de bienes y grandes inversiones económicas, (Alvarez Cabrera & Sosa Gonzales, 2020).

La realización de cualquier proyecto de inversión que involucre el suelo trae consigo una serie de implicancias a nivel técnico, de ensayos, análisis de resultados y la aplicación de la normativa correspondiente para el correcto desarrollo del estudio. El conocimiento del suelo para la ingeniería a nivel de estructuras es importante para la comprensión de sus características y propiedades que nos permita plantear una buena cimentación, es decir, es un elemento básico y muy necesario para la construcción de cualquier estructura de fundación siempre y cuando siga la reglamentación adecuada (Reglamenta Nacional de Edificaciones-E050 Suelos y Cimentaciones). La escasez de estudios geotécnicos y de

mecánica de suelos, no permite el mayor discernimiento para la comprensión y el entendimiento del comportamiento del suelo, debido a que no se tiene mucho conocimiento de las características y sus propiedades para su control y, por ende, tomar las decisiones pertinentes que me garanticen la vida útil del proyecto (Mejía 2016).

En los últimos años en el Perú, dado que existe un desconocimiento de cómo se comporta cierto tipo de suelos en una cimentación y por la negligencia de profesionales responsables, han ocurrido muchos casos de fallas de estos. Gran parte de nuestro territorio posee áreas con suelos colapsables, expansivos y de rellenos sanitarios que se deben de estudiar a detalle debido a la deformación por cambio de volumen que presentan y que lo hace el principal problema de proyectos de inversión de pequeña y de gran envergadura, generalmente por la presencia de filtraciones de agua que elevan el contenido de humedad natural, (Pérez Rojas & Orjuela Ortiz, 2018).

Un suelo arcilloso no solo implica que se reconozca si es potencialmente expansivo por su composición mineralógica, granulometría, límites de consistencia, esto solo constituye una parte del problema, ya que para que se produzca ese hinchamiento o retracción del suelo, aún tienen que coincidir muchos factores, tanto naturales como causados por el hombre. Todos estos factores, contribuyen en mayor o menor proporción, controlan el equilibrio de humedad del suelo, del que en definitiva dependen sus cambios de volúmenes. (Cercado Vázquez & Zavaleta Detquizán, 2018)

La alta importancia de realizar estudios en suelos expansivos en el país, ya que estos generan daños en construcciones livianas y también pueden generar sobre costo en las cimentaciones de construcciones nuevas y de mayor carga sobre los suelos que se está proyectando actualmente (Alvarez Cabrera & Sosa Gonzales, 2020).

Los suelos arcillosos tienden a caracterizarse por contraerse durante el proceso de secado y por expandirse cada vez que son humedecidos; mayormente, los problemas que ocurren por la deformación del volumen del suelo es por la presencia una buena cantidad del mineral montmorillonita que hace que el límite líquido sea superior al 50%, que contenga alto contenido de coloides y presente un índice de plasticidad elevado (Alvarez Cabrera & Sosa Gonzales, 2020).

Para fines de estudio hemos tomado a la IE. 003 Nuestra Señora del Rosario porque presenta características de suelo muy similares a los suelos expansivos de alta plasticidad por lo que beneficiará el desarrollo de esta investigación para identificar y clasificar el suelo en esa zona. La Institución Educativa está ubicada en el distrito de San Martín de Porres colindando con el distrito de Los Olivos. El área en estudio es de aproximadamente de 3,638.27 m<sup>2</sup>, con un perímetro de 248.00 ml.

### **3.2.Base teórica**

- Las arcillas son definidas como aquellas partículas del tipo minerales activos, que son los que atraen el agua, estos minerales tienen la característica de tener partículas de tamaños muy pequeños. El mineral más activo que hay es la montmorillonita. (Alvarez Cabrera & Sosa Gonzales, 2020)
- Los suelos colapsables, son suelos no saturados que experimentan un gran cambio de volumen al saturarse. El cambio puede o no puede ser el resultado de la aplicación de una carga adicional (Das 2012).
- Los suelos expansivos muchas veces se hinchan considerablemente cuando se agrega agua y luego se contraen cuando pierden el agua. Las cimentaciones construidas sobre este tipo de arcillas están sujetas a grandes fuerzas de levantamiento ocasionadas por la expansión. Estas fuerzas inducen levantamiento,

agrietamiento y el rompimiento tanto de las cimentaciones de edificios como de los elementos de una losa de cimentación sobre una base (Das 2012).

### Grado de expansividad

Los suelos expansivos de alta plasticidad y los suelos en general están compuesto por partículas individuales, aire y el algún caso agua que ocupa espacios existentes. A continuación, se muestran parámetros según el grado de expansividad.

Holtz y Gibbs (1954) realizaron una primera clasificación del grado de expansibilidad según el índice de plasticidad como se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Método de Hotz y Gibbs, función del índice de plasticidad*

Índice de plasticidad (%)	0-15	10-35	20-55	>55
Grado de expansividad	Leve	Medio	Alto	Muy Alto

Holtz, Dakshanamurthy y Raman (1973) caracteriza el grado de expansión en función del índice de plasticidad, límite de contracción y límite líquido, siendo este último un nuevo parámetro en comparación con las realizadas previamente por Holtz & Gibbs como se presenta en la Tabla 2

**Tabla 2.**

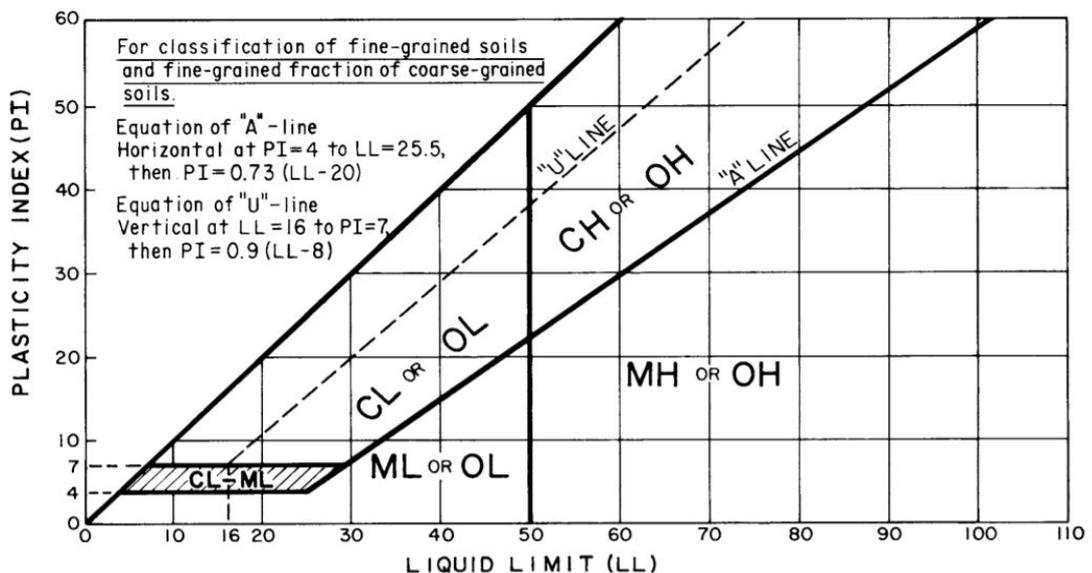
*Grado de expansividad*

Grado de expansión	Índice de plasticidad	Límite de contracción	Límite Líquido
Bajo	<18	>15	20-35
Medio	15-25	10-15	35-50
Alto	25-41	7-12	50-70
Muy alto	>35	<11	>70

## Clasificación de los suelos

Los suelos expansivos de alta plasticidad y los suelos en general están compuesto por partículas individuales, aire y/o agua que ocupa espacios existentes.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la clasificación AASHTO permiten una primera aproximación puesto que los suelos expansivos suelen clasificarse.



**Figura 1.** Cuadro de Plasticidad

**Fuente:** De Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos. ASTM D 2487.

### 3.3. Antecedentes

#### Antecedentes internacionales

En la tesis Doctoral “Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas”, tuvo como objetivo principal estudiar las propiedades ingenieriles y comportamiento geotécnico de suelos arcillosos de alta plasticidad (Arcillas Azules del Guadalquivir) en los términos de la deformabilidad (compresibilidad y asiento), permeabilidad, relación tenso-deformacional, parámetros resistentes, mediante una serie de ensayos de

laboratorio. En la mayoría de los trabajos ingenieriles, para la mejora de las propiedades geotécnicas problemáticas, es recomendable el uso de cal o aditivos químicos basados en las reacciones rápidas de intercambios iónicos y en las reacciones lentas puzolánicas cal-suelo. No obstante, su efectividad para algunos tipos de arcillas está limitada a la reducción del límite líquido y con ello del límite plástico, siendo insignificante para suelos arcillosos ricos en calcio debido a la baja interacción de la arcilla con estos aditivos. Teniendo como resultados del estudio que con la introducción de material granular no existe un cambio en las propiedades índice de los materiales, pero se halló un aumento significativo de la resistencia a la compresibilidad, rigidez y coeficiente de amortiguamiento mientras que la deformabilidad disminuye según se aumenta el contenido en material granular. Las muestras con sólo el 10% de arena muestran una reducción importante de la deformabilidad en comparación con las arcillas sin mezcla compactadas.(Gómez de Santos, 2019).

Estaire Gepp (2004) en su tesis Doctoral “Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares sometidas a sollicitaciones dinámicas”, tuvo como objetivo principal de contribuir al conocimiento de los factores que determinan el comportamiento geomecánico de los suelos granulares en estado seco sometidos a sollicitaciones dinámicas y de las cimentaciones superficiales en ellos apoyadas. El estudio se ha centrado en tres aspectos: en primer lugar, una parte experimental basada en la ejecución de diferentes ensayos de laboratorio y de un modelo físico a escala reducida, realizados con arena de Hostun RF en estado seco y con densidades relativas distintas; posteriormente, en un análisis de los resultados de dichos ensayos que ha permitido su validación y aplicación a casos reales y, por último, en la

modelización de la respuesta tensodeformacional del material en las diferentes situaciones impuestas en los ensayos.

En lo que se refiere a la parte experimental, se han realizado una serie de trabajos de laboratorio, consistentes fundamentalmente en una batería de dieciocho ensayos de corte simple cíclico y en la ejecución de cuarenta ensayos de modelo físico a escala reducida en mesa vibratoria. En los ensayos a escala reducida, la fabricación de una caja rígida de grandes dimensiones ha permitido estudiar la respuesta de un terreno uniforme en condiciones de "campo libre" y el comportamiento de tres tipos de cimentaciones superficiales, materializadas en sendos bloques metálicos que transmitían diferentes cargas verticales al terreno.

Los resultados obtenidos en el modelo físico con diferentes cimentaciones superficiales han servido para analizar la capacidad portante del terreno de apoyo sometido a sollicitaciones dinámicas, mediante la comparación de los resultados de dichos ensayos con los valores propuestos por las diferentes teorías existentes en la bibliografía, y para extraer conclusiones respecto de los posibles modos de fallo de este tipo de cimentaciones.

### **Antecedentes nacionales**

En la tesis para la obtención el título de Ingeniero Civil " Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (sucs) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo lucmacucho alto - sector Lcmaucho, distrito de Cajamarca", se basó fundamentalmente en obtener la capacidad portante del suelo existente en la zona, para lo cual hizo uso de la fórmula de Terzaghi y los parámetros característicos del suelo, y mediante tablas determinó la cohesión y ángulo de

fricción interna de los tipos de suelos, para lo cual hizo 17 calicatas distribuidas por el método de la cuadrícula en un área aproximada de 6 hectáreas, considerando profundidades de 1.50 m y un ancho de 0.80 m de cimiento corrido, los cuales son cimentación más común en la construcción de viviendas unifamiliares y **obteniendo como resultado** que, el suelo de la zona en estudio a una profundidad de 1.50 m presenta una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.19 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.03 Kg/cm<sup>2</sup>, y los siguientes tipos de suelos: Limo arenoso (ML), arcilla ligera arenosa (CL), arena limosa (SM), limo elástico arenoso (MH), arenas arcillosas (SC), arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad (OL), suelo orgánico con arena (OH), gravas arcillosas (GC) y arenas densas arenosas (CH) (María Emérita Briones Alva y Nelson Ulises Irigoín Gonzales, 2015).

Según Olarte Carpio (2019), señala en su tesis titulada “Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del e.p. Cusco – varones” tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, tiene como objetivo principal, estudiar el área donde en donde se realizarán los talleres productivos y a su vez proponer tipo de cimentaciones más adecuadas de acuerdo a las características y propiedades del suelo.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones.

- De acuerdo a los resultados de laboratorio el suelo se esta clasificado como GM (Grava limosa con arena (1.20 – 3.00m de profundidad)) de acuerdo a la clasificación SUCS. Suelo de compacidad media, las características bajo las cuales se realizaron el sondaje y muestreo respectivo fueron las condiciones ambientales.

Recomendando de acuerdo al estudio lo siguiente:

- Cimentaciones con zapatas cuadradas conectadas por vigas de conexión continuas, sobre todo los concernientes a los muros perimetrales, señalando a su vez que la capacidad de carga admisible hallada a 1.40m de profundidad de fundación es de 0.99 Kg/Cm<sup>2</sup>.

En la tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, "Evaluación y diseño de la capacidad portante del suelo con fines de cimentación para viviendas multifamiliares en la CC.NN. Pucallpa, en el Distrito de Shanao, Lamas, San Martín", tuvo como objetivo principal determinar la capacidad portante, asu vez también el estudio, identificación y reconocimiento de los diferentes tipos de suelos de la Zona en mención. Para el cual se tomo 15 calicatas de profundidades de 3.00m (Gómez Tuesta, 2019).

Teniendo como **Resultado** del estudio lo siguiente:

Se obtuvieron los parámetros necesarios como son la cohesión, el ángulo de fricción y la densidad del suelo en estudio, para la determinación de la capacidad admisible, elaborándose los respectivos planos de zonificación.

- En la Zona I : La capacidad de carga varía entre 1.04 y 1.08 kg/cm<sup>2</sup> ; de acuerdo a lo mencionado líneas arriba consideramos una capacidad de carga de 1.04 kg/cm<sup>2</sup> , lo que indica que el suelo es de condición habitable.
- En la Zona II: La capacidad de carga varía entre 0.75 y 0.98 kg/cm<sup>2</sup> ; de acuerdo a lo mencionado líneas arriba consideramos una capacidad de carga de 0.75 kg/cm<sup>2</sup> , lo que indica que el suelo es de condición habitable.

### Llegando a obtener la siguiente **conclusión**:

- De acuerdo a la clasificación de suelos por el método SUCS, en el área de estudio se tienen dos tipos de suelos: arcillas de baja plasticidad (CL) en 15 calicatas, y arcillas de alta plasticidad (CH) en 5 calicatas, con un contenido de humedad promedio de 16.11% considerándose un suelo semiseco.

Cruz Perales (2018) Señala 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” tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, tiene como objetivo principal determinar la capacidad portante el cual permita elaborar una mapa de Zonificación de capacidad portante de suelos, se clasificó los suelos por el método de SUCS, el cual nos indica la presencia de suelos de granulometría fina, los suelos de granulometría fina del tipo arcillosos CL y SC, con porcentaje de humedad baja a media y el método AASHTO, el cual nos indica la presencia de material fino, los suelos de granulometría fina son del tipo Limo-Arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200).

Teniendo como resultado lo siguiente:

Se han determinado dos zonas geotécnicas bien marcadas denominadas Zona I y Zona II los cuales están delimitadas en la Zona I por la C-01, C-02, C-05, C-06, C-08, C-09, C-12, C-16, C-17, C-18 y en la Zona II por la C-03, C-04, C-07, C-10, C-11, C-13, C-14, C-15, la capacidad admisible en la Zona I con una profundidad de cimentación de 3.00 metros y con un ancho de cimentación de 1.00 metro se encuentra entre 0.70 a 0.80 Kg/cm<sup>2</sup> con una capacidad admisible promedio de 0.75 kg/cm<sup>2</sup> o 7.50 tn/m<sup>2</sup>, la capacidad admisible en la Zona II con una profundidad de cimentación de 3.00 metros y con un ancho de cimentación de 1.00

metro se encuentra entre 0.80 a 0.90 Kg/cm<sup>2</sup> con una capacidad admisible promedio de 0.85 kg/cm<sup>2</sup> o 8.50 tn/m<sup>2</sup> .

### **A nivel Local**

No se evidencio ningún proyecto dentro de nuestro área de estudio es por ello que no se tomó en consideración

## **3.4. Formulación del problema**

### **Problema General**

- ¿De que manera la elaboración de un estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos determina el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario?

### **Problema específicos**

- ¿Determinar la clasificación de los suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad en la I.E. Nuestra Señora del Rosario?.
- ¿Cómo se determinan los parámetros técnicos del suelo arcilloso en la I.E. Nuestra Señora del Rosario ?
- ¿Cómo se determina el tipo de cimentación en suelos arcillosos de alta plasticidad en la I.E. Nuestra Señora del Rosario?

## **3.5. Objetivos**

### **Objetivo general**

Elaborar un estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos para determinar el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario

### **Objetivo específicos**

- Determinar la clasificación de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad de la I.E. Nuestra Señora del Rosario.

- Determinar los parámetros técnicos del suelo arcilloso en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.
- Determinar el tipo de cimentación en suelos arcillosos en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.

### 3.6.Hipótesis

#### Hipótesis general

La elaboración de un estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos determinara el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.

**Demostrar que el suelo de sustento es apto soportar la construcción de la estructura ( I.E. Nuestra Señora del Rosario).**

#### Hipotesis específicas

- La determinación de la clasificación de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.
- La determinación de los parámetros técnicos de suelos arcillosos en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.
- La determinación de tipo de cimentación en suelos arcillosos en la I.E. Nuestra Señora del Rosario.

### 3.7.Justificación

El estudio de los suelos expansivos es muy importantes y relevante socialmente, ya que muchas partes del territorio peruano y los diferentes continentes como el americano, asiático, asiático, africano no tienen un adecuado estudio de suelos. Estos suelos generan muchos problemas que ocasionan los suelos expansivos en las obras de infraestructura. Los suelos arcillosos y expansivos están extendidas en gran parte del territorio peruano, estos

suelos no son utilizados como material para la construcción dada que su granulometría, su capacidad portante no suelen cumplir con las normas establecidas. Desde el punto de vista teórico, esta investigación analiza la poca investigación tecnológica en el ámbito local de la ubicación del proyecto. Un problema que se observa en la mayoría de proyectos de construcción, viviendas, pavimentos son las fallas o fracturas debido a la falta de consideración de las solicitudes reales que actuarán en la estructura, así como también de la dificultad del proceso constructivo. Por lo tanto, este proyecto es de relevancia académica y especializada en la correcta evaluación de los suelos arcillosos, para así poder brindar el tipo de suelo y el grado de expansibilidad del suelo en estudio y tomar las medidas necesarias para el diseño de una edificación o implementación de una infraestructura, beneficiando directamente a la Institución Educativa 003 Nuestra Señora del Rosario, ubicado distrito de San Martín de Porres. (Cercado Vásquez & Zavala Detquizán, 2018)

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La aplicación que generaría el estudio de suelos arcillosos de alta plasticidad tuvo como objetivo: identificar y describir avances, estadísticas, nuevos aportes y conocimientos en estudios teóricos y empíricos mediante la clasificación de suelos arcillosos expansivos de un índice plástico muy alto.

### 2.1. Tipo de investigación

Según Arias (2012,p.24), la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

De igual forma, Hernández, Fernández y Baptista(2010.p.80), afirma que la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se abalice. Describe tendencias de un grupo o población.

Por otra parte, la investigación se clasifica bajo la modalidad de campo, por que los datos se obtendrán directamente en el lugar objeto de estudio.

Por su parte, Bautista (2009,p.28), señala que la investigaciones de campo los datos son tomados de fuentes vivas, en contacto directo con los sujetos involucrados con la problemática o situación en estudio, generalmente se realizan en un espacio natural donde se realizan las observaciones.

Por lo tanto, para este trabajo de investigación se empleó la investigación no experimental de tipo descriptiva, ya que se busca la elaboración del estudio de mecánica de suelos arcillosos para poder determinar el tipo de cimentación necesaria.

## **2.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. Se puede inferir, que el diseño de la investigación se refiere a la explicación del modelo metodológico asumido por el investigador para la elaboración de su proyecto de investigación.

De acuerdo a Hernández Sampieri (2014), la investigación no experimental: es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. En este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural.

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Unidad de estudio**

Unidad de estudio: El suelo Arcilloso

### **2.3.2. Población**

Población de estudio: Los suelos del distrito de San Martín de Porres en la I.E. nuestra señora del rosario”

### **2.3.3. Muestra**

El estudio se ha trabajado con un total de 4 calicatas, de la Institución Educativa 003 Nuestra Señora del Rosario del distrito de San Martín de Porres. En el cuál se ejecutaron calicatas a cielo abierto, del cual se tomaron muestras para ser ensayadas en el laboratorio para determinar los parámetros geotécnicos del suelo.

## 2.4. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

### 2.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica es una colección de elementos de instrumentos y medios que llevan a cabo el método y aplica a una sola ciencia; a diferencia del método que es el conjunto de procedimientos y etapas en la investigación, que se aplica a más de una ciencia ,(Ferrer, 2010 pág. 1).

Al ser la técnica casi el último nivel del método científico, reúne los procedimientos. Las técnicas corresponden al último nivel del método científico y reúne los pasos a través del cual se analiza, se observa y se manipula la realidad (Ramírez , s/f pág. 42).

La técnica que se utilizó en la presente investigación fue:

- **Observación**

La observación es un método de recolección de datos que se ajusta a un sistema, válido y confiable de situaciones observables y comportamientos, por medio de un conjunto de subcategorías y categorías (Hernández Sampieri, 2014).

La observación es una técnica por medio del cual el hombre explora su entorno para luego plantear de manera adecuada la problemática a estudiar, prosiguiendo con una formulación de la investigación, incorporando programas, herramientas, y técnicas a utilizar (Muñoz, 2015).

- **Documental**

Según Muñoz,(2015),la técnica del análisis documental empleada fueron fuentes de información a través de recolección de datos escritos, guardada o recogida; recurriendo a tipos de documentos como: libros, periódicos, materiales grabados, imágenes, información estadística entre otras.

Se realizó la recopilación y se analizó la información existente, estos análisis de realización en base a normas e información bibliográfica recopilada, las cuales son tesis, investigaciones realizadas por entidades privadas y públicas de acorde al tema del estudio de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad, los cuales darán una buena base teórica en la realización del trabajo.

- **Fichaje**

Los investigadores utilizan el fichaje para almacenar y recolectar información a través del uso de una ficha, donde la ficha comprende una serie de datos, variable y extensión, referente a un mismo tema, de tal manera que confiere valor propio y unidad (Tenorio, 1998).

## **2.4.2. Instrumentos**

### **2.3.2.1. Instrumentos metodológicos**

#### **2.3.2.1.1. Instrumentos de recopilación de datos**

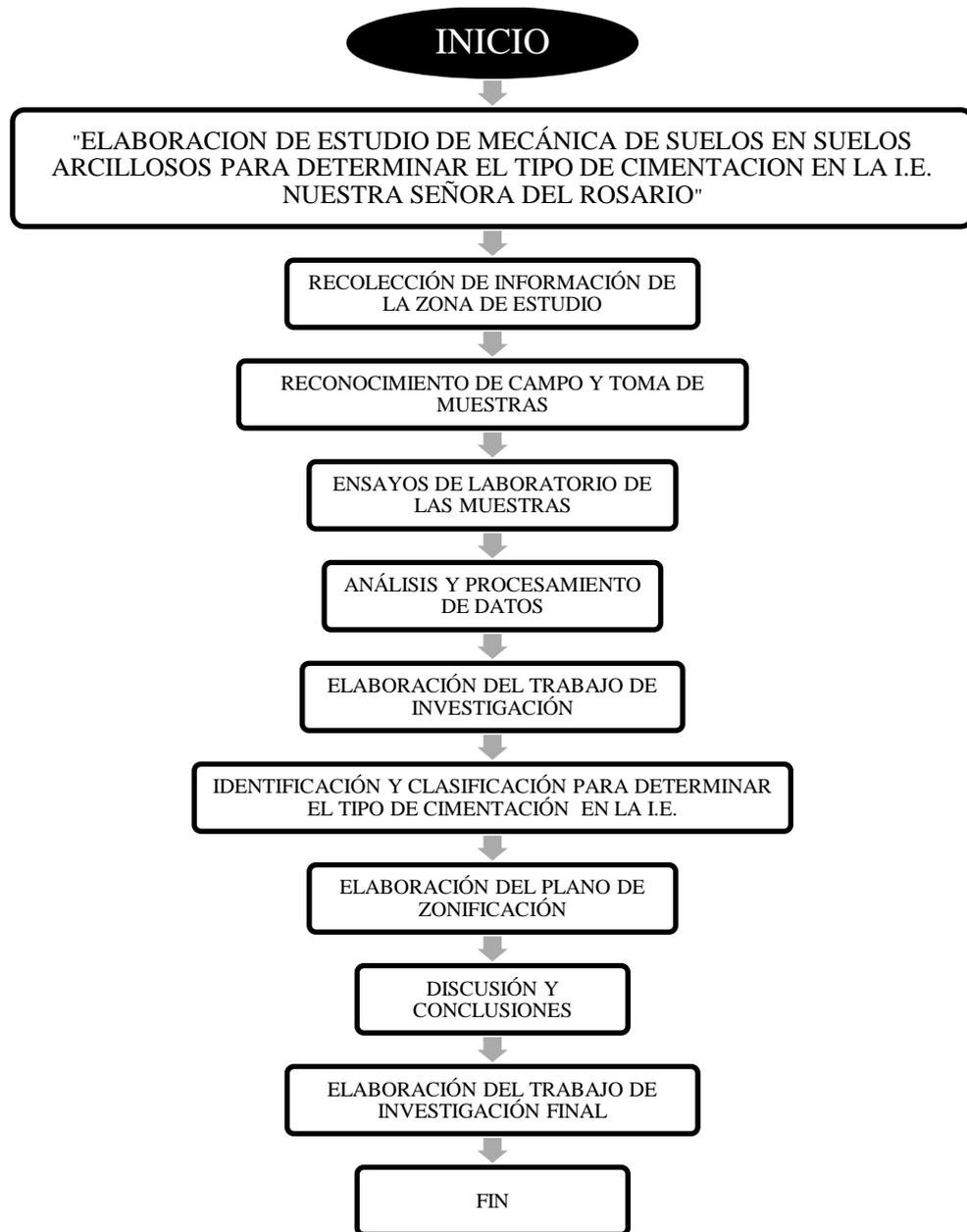
Los instrumentos de recopilación de datos fueron las guías, formatos, manuales, normas que permitieron que la recolección y registro se realicen de forma ordenada y sistemática.

##### **2.3.2.2.1. Instrumento de ingeniería**

- Tamices ASTM
- Balanza
- Horno
- Equipo de Casa Grande

### **2.4.3. Procedimientos de recolección de datos**

Se realizó mediante el siguiente Procedimiento



#### 2.4.3.1. Fase de Campo

- Reconocimiento de la zona de estudio.
- **Distribución de calicatas en la zona de estudio.** Para la distribución de calicatas se tuvo en cuenta el reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.30. Suelos y cimentaciones.
- **Ubicación de calicatas:** se ha utilizado la metodología de la cuadrícula. Luego se realizó el levantamiento de cada calicata con GPS.

- **Extracción de muestras:** La extracción de muestras se ha realizado por cada estrato encontrado en la calicata.

### 2.4.3.2. Trabajo de Gabinete

La fase de gabinete está dada por las siguientes actividades:

Primero: Para un mayor resultado el análisis de muestras de nuestra investigación se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual está certificado por el ISO 9001.



**Figura 2.** *Certificación del Laboratorio de Mecánica de Suelo FIC-UNI*

De Laboratorio de Mecánica de Suelos FIC-UNI

Validación de datos

- **Análisis de muestras en laboratorio:** En el laboratorio de mecánica de suelos FIC – UNI se ha realizado los siguientes ensayos de acuerdo a la norma Técnica Peruana.
  - Ensayo de límites de Atterberg (NTP 339.129 – 1999)
  - Ensayos granulométricos por tamizado y por sedimentación (NTP 339.128 – 1999).
  - Determinación del peso específico de las partículas, entre otros.

- **Procesamiento de Resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio.**

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

- **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).

- **Plano de zonificación por tipo de suelo.**

- **Identificación de los Perfiles Estratigraficos**

- **Análisis de Cimentación**

- **Calculo de la capacidad portante del suelo.**
- **Cálculo de asentamientos**

#### **2.4.4. Para analizar los datos**

A continuación se describen los procedimientos que se realizarón para el análisis de la información.

##### **2.4.4.1. Normatividad**

El análisis de datos y recomendaciones se realizó siguiendo las especificaciones técnicas y demás condiciones establecidas en las normas:

- Norma E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente
- Norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- Norma técnica E.050 “Suelos y cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

#### 2.4.4.2. Identificación

Los suelos tienen la facultad de expandirse y presentan características en campo, así mismo se tienen suelos que tienen poca o ninguna capacidad de expandirse. Hay suelos con elevada capacidad para expandirse, pero pueden o no expandirse, este comportamiento depende de la condición física del material, humedad y los cambios de esfuerzos.

Cuando se tratan de suelos expansivos no solamente implica la tendencia a aumentar de volumen cuando aumenta el contenido de agua, sino también implica la disminución de volumen o contracción si se pierde el agua.

El potencial expansivo de un suelo está relacionado con su índice de plasticidad. De acuerdo a los objetivos planteados de identificar y clasificar los suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad de la institución educativa 003 Nuestra Señora del Rosario del distrito de San Martín de Porres, lo que se pretendió para alcanzar este objetivo fue estudiar todos los ensayos de laboratorio, con estos resultados se pudo establecer relaciones y identificar las arcillas expansivas de alta plasticidad entre los ensayos realizados en las muestras de suelo.

Los ensayos fueron analizados de tal manera que permitió determinar su posible expansión:

- Se realizó el procedimiento para la identificación de los suelos expansivos de alta plasticidad.
- Se hizo un análisis sobre los resultados de granulometría, gravedad específica.
- Se utilizó los resultados del Índice de Plasticidad los cuales fueron relacionados con los resultados del Potencial de Expansión.

- De forma indirecta, también el contenido en humedad y el grado de saturación nos pueden indicar si un suelo es expansivo o no, ya que los suelos saturados difícilmente pueden hincharse más.
- Así mismo se analizó el porcentaje de cambio de volumen (hinchamiento). El cual se relacionó con el índice de Plasticidad y Porcentaje de Cambio de Volumen para la identificación del Grado de Expansión.

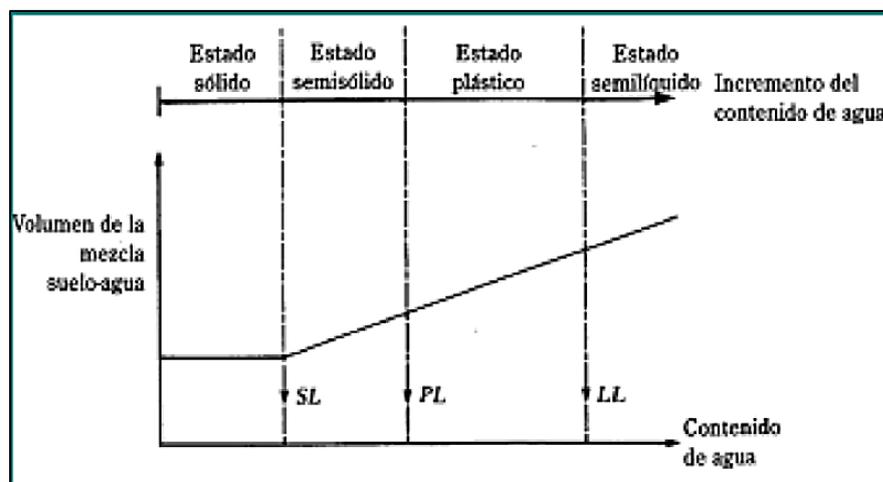
**Tabla 3.**

*Grado de expansividad en función de distintas propiedades geotécnicas*

Expansividad	Límite de retracción	Índice de plasticidad	Límite líquido	Contenido e finos	Hinchamiento $\epsilon$ superficie (cm)	Presión de hinchamiento (Kpa)
Baja	>15	<15	<30	<30	0-1	<50
Media	11-15	15-30	11-15	30-60	1-2	50-12
Alta	<11	<30	>60	>60	2-3	>12

De tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos. 2018

Para una buena caracterización geotécnica de los suelos cohesivos es necesario determinar algunos parámetros como es la densidad seca, grado de saturación o índice de huecos ya que a partir ellos y de otros como son los límites de atterberg nos permitieron conocer si el suelo presentó un comportamiento plástico, expansivo, firme; los cuales fueron obtenidos con los ensayos de laboratorio realizados.



**Figura 3.** Límites de Atterberg

De Límites de Atterberg. ASTM D 4318.

#### **2.4.4.3. Caracterización**

La caracterización del material consiste en establecer con qué tipo de suelo se está trabajando, para caracterizar un material se requiere determinar su granulometría, límites de Atterberg, propiedades físicas, potencial de expansión.

- Con los porcentajes obtenidos en el ensayo de granulometría, y demás resultados de los límites de Atterberg, se pudo realizar la clasificación del material mediante el método de la SUCS o AASHTO, para conocer con qué tipo de suelo se ha trabajado y correlacionar con los posibles resultados que se obtuvo en los ensayos de expansibilidad.

#### **2.4.4.4. Granulometría**

- En el ensayo se utilizó la norma ASTM D-422, AASHTO T88, J. E. Bowles (Experimento N° 5), MTC E 107-2000. A través de este ensayo se pas una muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas, el cual nos ayudo a determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas.
- A su vez esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200). (LMS)

#### **2.4.4.5. Expansividad**

##### **Límite de Attenberg**

- En el ensayo se utilizó la norma de Límites de consistencia ASTM D4318.
- Estos ensayos sirvieron para expresar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad en las características de plasticidad de un suelo cohesivo.

- Los ensayos se efectuarán en la fracción de muestra de suelo que pasa la malla N°40.
- La obtención de los límites líquido y plástico de una muestra de suelo nos permitieron determinar un tercer parámetro que es el índice de plasticidad.

### **Contenido de Humedad**

- En el ensayo se utilizó la N.T.P. 339.127 (ASTM-D2216).
- Este ensayo consistió en pasar una muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas a fin de determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas.

### **Expansión libre**

- En este ensayo se utilizó la norma ASTM 4829 Standard Test Method for Expansion Index of Solis.
- Este ensayo nos proporcionó el porcentaje de expansión del suelo.

### **Expansión Controlada**

- En este ensayo se utilizó la norma ASTM 4829 Standard Test Method for Expansion Index of Solis.
- Este ensayo nos proporciona información sobre la presión de expansión que presenta un suelo arcilloso (presión necesaria para que el suelo no se expanda ni se consolide):

#### **2.4.4.6. Clasificación**

##### **2.4.4.7.1. Características de las partículas del suelo**

### **Morfología de una partícula de suelo**

#### **Tamaño**

- El tamaño de las partículas se determinó por medio del análisis granulométrico, las características del suelo están determinadas por las propiedades de la fracción más fina.
- Las fracciones finas y muy finas están constituidos generalmente por un solo mineral, éstas pueden ser angulares, con forma de escama y en algunos casos en forma tubular, pero no redondeadas.

### **Forma de las partículas**

- La forma de las partículas arcillosas es de lámina aplanada, pero también se tuvo partículas cilíndricas y prismáticas en estos suelos.

### **Color**

- Los colores de las arcillas están relacionados con su composición mineralógica, los colores son útiles para estudios geológicos, ya que se pudieron clasificar en unidades geológicas, y con ellos hacer un mapeo geológico, pero con poco valor para un estudio de geotécnico.

#### **2.4.4.7.2. Registros de muestras**

- En el registro de muestras se mostró la información de campo, en relación en contraste a los ensayos de laboratorio, el cual ayudó para obtener una correcta interpretación de los resultados y trabajo en campo.

#### **2.4.4.7.3. Estratigrafía**

- Los perfiles estratigráficos son importantes, ya que muestran cómo están conformados los suelos según las capas.
- Esta estratigrafía se realizó con la ayuda de los estudios geotécnicos, las exploraciones geotécnicas, el registro de calicatas, registro de muestras, donde se muestra la composición del suelo por cada capa, haciendo

correlaciones en las 4 calicatas realizadas para la reconstrucción de este perfil estratigráfico.

#### **2.4.4.7.4. Plano de sectorización**

- En el plano de sectorización, se tiene la ubicación de las calicatas realizadas, así mismo se tiene plasmadas las zonas según el tipo de suelo, esto de acuerdo a las investigaciones geotécnicas. Así mismo se muestra la ubicación del proyecto.

#### **2.4.5. Elaboración de mapa de zonificación**

- Se elaboró el mapa de zonificación de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad de la Institución Educativa 003 Nuestra Señora del Rosario, distrito de San Martín de Porres. Este mapa permitió reconocer rápidamente la zona de estudio.

#### **2.4.6. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación se ejecutó con la total transparencia y honestidad debido a que se basó en los lineamientos del código de ética de la Universidad Privada de Norte dado que toda la información adquirida en este estudio de investigación se utilizó para fines académicos y para poder implementar la elaboración de estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos y a su vez determinar el tipo de cimentaciones dentro del Distrito de San Martín de Porres. Así mismo la información plasmada y recopilada en el este trabajo de investigación fueron de fuentes bibliográficas confiables cada una citada en cada párrafo , por otros lado el trabajo de tesis fue sometido al software Turniting para constatar el porcentaje de plagio o similitud.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

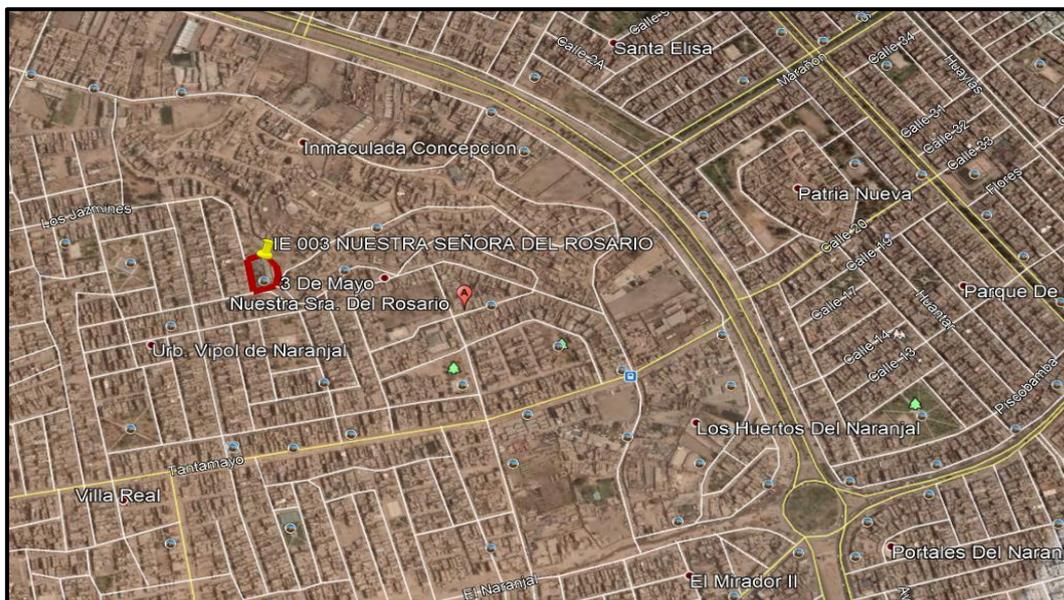
### 3.1. Recolección de datos

#### 3.1.1. Recopilación de la información del área de estudio

##### 3.1.1.1 Geografía y ubicación del área de estudio

###### 3.1.1.1.1 Ubicación

La zona de estudio a Nivel Político, está ubicada en el distrito de San Martín de Porres, provincia de Lima y departamento de Lima. El área en estudio es de aproximadamente de 3,638.27 m<sup>2</sup>, con un perímetro de 248.00 ml. La institución educativa presenta construcciones precarias de triple y techos de calamina, el terreno presenta desniveles ocasionados por la acumulación de rellenos de niveles variables, pero que hallan en gran potencia en un sector definido del terreno. Se hallan cotas con respecto al nivel de mar desde un máximo 63.640 msnm a un mínimo de 58.702 msnm



**Figura 4.** Ubicación por Google Maps de la I.E. Nuestra señora del Rosario

Fuente: Google Earth

### **3.1.1.1.2 Clima y altitud de la zona**

San Martín de Porres se considera que tiene un clima desértico. Durante el año virtualmente no hay precipitaciones. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es BWh. En San Martín de Porres, la temperatura media anual es de 18.7 °C. La precipitación media aproximada es de 3 mm.

### **3.1.1.1.3 Temperatura**

En Lima, los veranos son calientes, bochornosos, áridos y nublados, los inviernos son largos, frescos, secos, ventosos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 29 °C.

La institución educativa se halla cotas con respecto al nivel de mar desde un máximo 69 msnm a un mínimo de 61 msnm.

### **3.1.1.1.4 Geomorfología**

Geomorfológicamente en la zona de estudio se diferencian: unidades de montaña, colinas y lomadas, piedemonte y planicies; cuyo origen está ligado a procesos tectónicos, gravitacionales, depositacionales y erosivos, ocurridos durante el ciclo geológico. Asimismo, estos ambientes se encuentran asociados a eventos recientes de desglaciación y movimientos en masa relacionados a eventos del fenómeno El Niño.

### **3.1.1.1.5 Geología**

El área metropolitana de Lima y Callao, está localizada sobre los abanicos de deyección cuaternarios de los ríos Rímac y Chillón, enmarcados en rocas sedimentarias del Jurásico Superior al Cretáceo Inferior y rocas intrusivas del batolito andino.

La estratigrafía del área dentro del cual se desarrolla el proyecto en estudio, está comprendida dentro de la zona costanera de la provincia de Lima. El área está mayormente constituida por rocas sedimentarias e ígneas y depósitos de suelos inconsolidados, cuyas edades se extienden desde el Jurásico al Cuaternario reciente. Tectónicamente, se trata de una suave estructura anticlinal, fallada por estructuras orientadas sensiblemente N-S, que condicionan un espesor entre 400 a 600 m de los depósitos aluviales, de características heterogéneas, rellenando probablemente una fosa tectónica.

Localmente, la unidad morfológica sobre la que se asienta la mayor parte del área de estudio corresponde a las laderas y crestas marginales de la Cordillera de los Andes, de topografía abrupta formada por plutones y stocks del Batolito Costanero. El suelo, hasta la profundidad de exploración efectuada en el Estudio de Mecánica de Suelos, está conformado por depósitos coluvio-aluviales de gravas, arenas, arcillas y limos depositados sobre rocas calizas metamorfizadas.

Los depósitos coluvio-aluviales son mayormente producto de una dinámica de laderas muy intensa, teniendo como agentes de erosión el viento, el agua de lluvia y la gravedad por ello las partículas de gravas y arenas son sub-angulosas y mal lavadas.

Los afloramientos rocosos y depósitos no consolidados comprometidos con la zona de estudio, están conformados por rocas de naturaleza magmática del tipo Granito y Tonalita y depósito Coluvio aluvional. Estas rocas en buen estado con resistentes y muy duras.

En los alrededores del área de estudio, los afloramientos rocosos tonalíticos y graníticos producto de la fase compresiva del terciario inferior, han desarrollado un sistema de fallamiento con dirección NO-SE paralela a la cadena andina, que ha favorecido el rápido

El distrito de San Martín de Porres presenta material de las Series Pleistoceno de la Era Cenozoico, Sistema Cuaternario constituidos por unidades estratigráficas de depósitos

éólicos, aluviales y marinos, además de presentar algunas unidades correspondientes a la familia ventanilla de la serie inferior del Sistema Cretáceo y Era Mezosoica. Asimismo, de acuerdo al portal de la Municipalidad Distrital de San Martín de Porres litológicamente, el subsuelo se halla constituido por conglomerados de gravas y arenas mediante compactos, con algunos lentes arenosos. La porosidad y permeabilidad de algunos niveles permite la existencia de mapas acuíferos (aguas subterráneas que son extraídas mediante pozos).

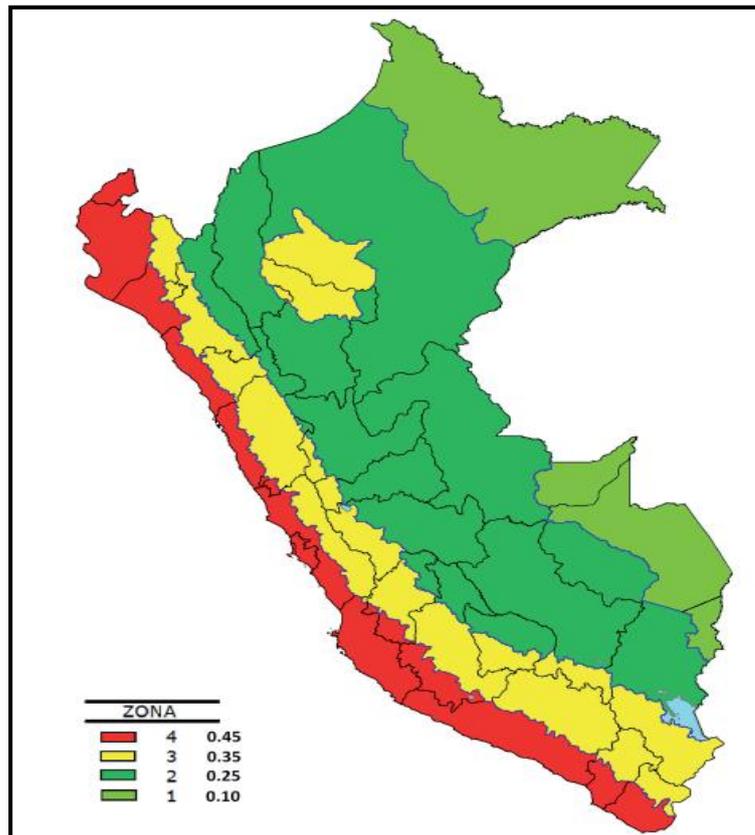
#### **3.1.1.1.6 Geodinámica externa**

Los diferentes procesos de geodinámica externa, que se han identificados en el área en estudio, son muy leves ya que se halla en una zona de crecimiento urbano, se pueden apreciar pequeños deslizamientos de rocas menores, pero que son detenidos por las construcciones informales construidas en las laderas del cerro colindante, también se halla vía carrozable a nivel de suelo natural, el cual se halla aun nivel superior con respecto al nivel de cota de los módulos prefabricados existentes en la institución educativa.

No se ha detectado de manera visual fallas, fisura o fracturas en las edificaciones frente a la Institución Educativa, cabe precisar que se halla edificaciones de hasta 5 niveles

#### **3.1.1.1.7 Sismicidad**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** . La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. El Anexo N° 1 (Norma E.030).



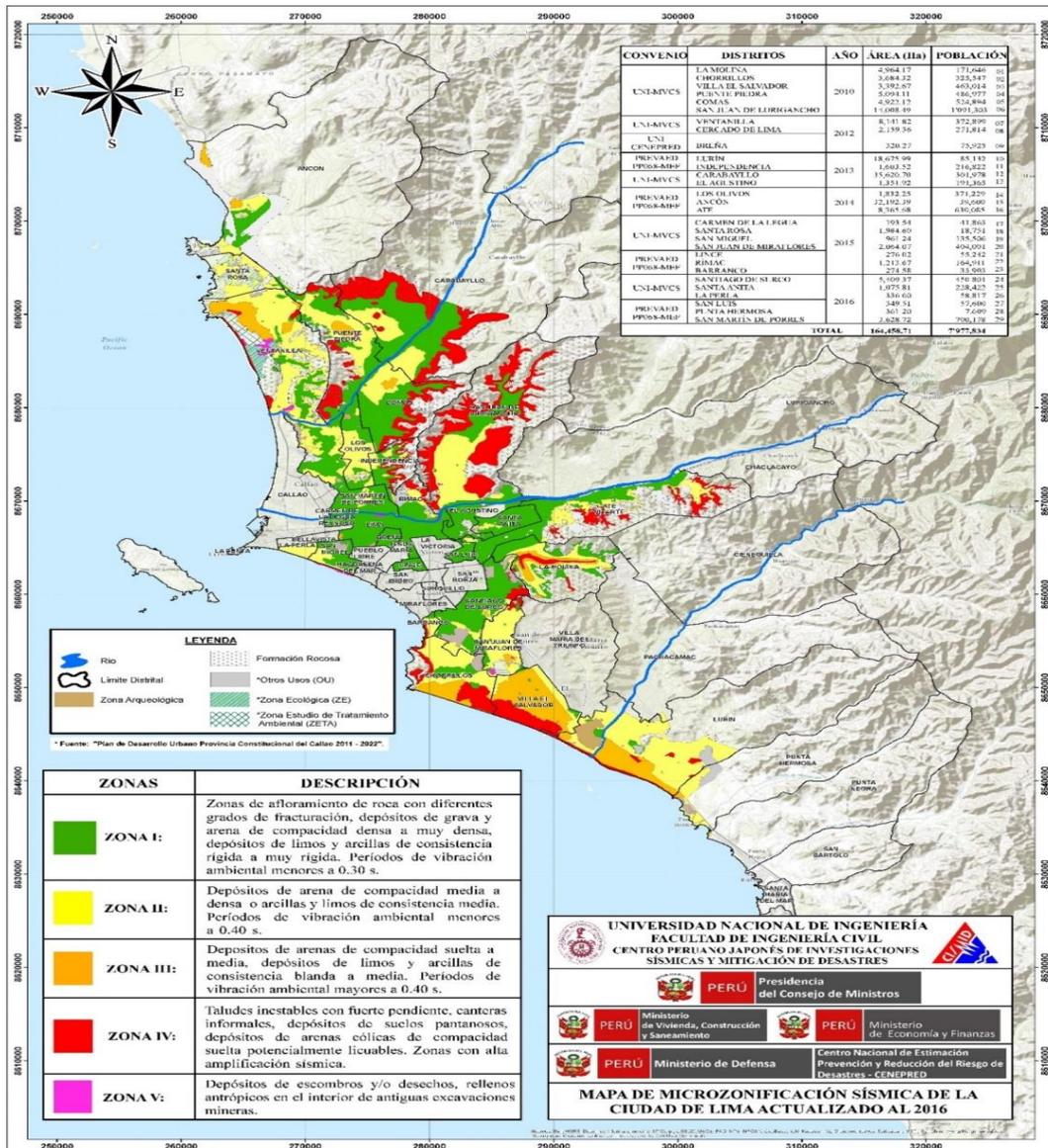
**Figura 5.** Mapa de Zonificación sísmica del Perú

Feunte: Norma E. 0.30 Diseño Sismorresistente. Mapa de zonificación sísmica del Perú 2016

**Tabla 4.**  
*Peligro sísmico del Departamento de Lima*

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
Lima	Lima	San Juan de Miraflores	4	Todos los distrito
		San Luis		
		San Martín de Porres		
		San Miguel		

Nota: Peligro sísmico del Departamento de Lima. Ref Norma E.0.30, Capítulo 2, peligro sísmico



**Figura 6. Mapa de microzonificación sísmica de Lima CISMID**

Fuente: De UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, FIC – CISMID. Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Lima actualizado al 2006.

❖ **Parámetros sismorresistentes**

De acuerdo al reglamento nacional de construcciones y a la Norma Técnica de edificación E.030 Diseño Sismorresistente, se deberá tomar los siguientes valores:

La descripción litológica hecha precedentemente y de la información obtenida, se indica que la estructura proyectada se emplazará sobre suelos arenosos y arcillosos de media

a alta plasticidad según la Norma E.030 corresponde a un Perfil Tipo S3 Asimismo, se

recomienda asumir en los diseños Sismorresistentes los siguientes parámetros:

a) Factor de Zona

- $Z = 0.45 (*)$

b) Condiciones Geotécnicas

- El suelo investigado, pertenece al Tipo S3, que corresponde a suelos blandos

c) Periodo de Vibración del Suelo

- $TP = 1.00 \text{ s} - TL = 1.6 \text{ s}$

d) Factor de Suelo – S3

- $S = 1.10$

e) Factor de Amplificación Sísmica (C)

Se calculará en base a las siguientes expresiones:

***Ecuación 1. Ecuación para determinar el factor de amplificación sísmica***

- $T < T_p$   $C = 2.5$

- $T < T_p < T_L$   $C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$

- $T < T_p$   $C = 2.5 \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$

Para T =Factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo

f) Categoría de la Edificación

- A

g) Factor de Uso

- $U = 1.5$

h) Para cada una de las direcciones horizontales por analizar se utilizará la siguiente fórmula:

### Ecuación 2. Ecuación de Espectro de Pseudo aceleraciones

$$Sa = \frac{Z*U*S*C}{R} * g$$

Para:

- Sa = Espectro de pseudo aceleraciones
- Z = Factor de zona U= Factor de uso
- S = Factor de amplificación del suelo
- C = Factor de amplificación sísmica
- R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
- G = Aceleración de la gravedad
- \* = El área en estudio, corresponde a la zona 4, el factor de zona se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo intermedio con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años

**Tabla 5.**  
*Parámetros de Sitio (S, TP Y TL)*

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

PERÍODOS "TP" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
TP (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

**Fuente:** De Norma E.030 Diseño Sismorresistente, - Parámetros de Sitio.

**Tabla 6.**  
*Categoría de las Edificaciones y Factor "U"*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimiento de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>• Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>• Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones tecnológicas y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1.5

**Fuente:** De Norma E030 Diseño Sismorresistente - Categoría de Edificación.

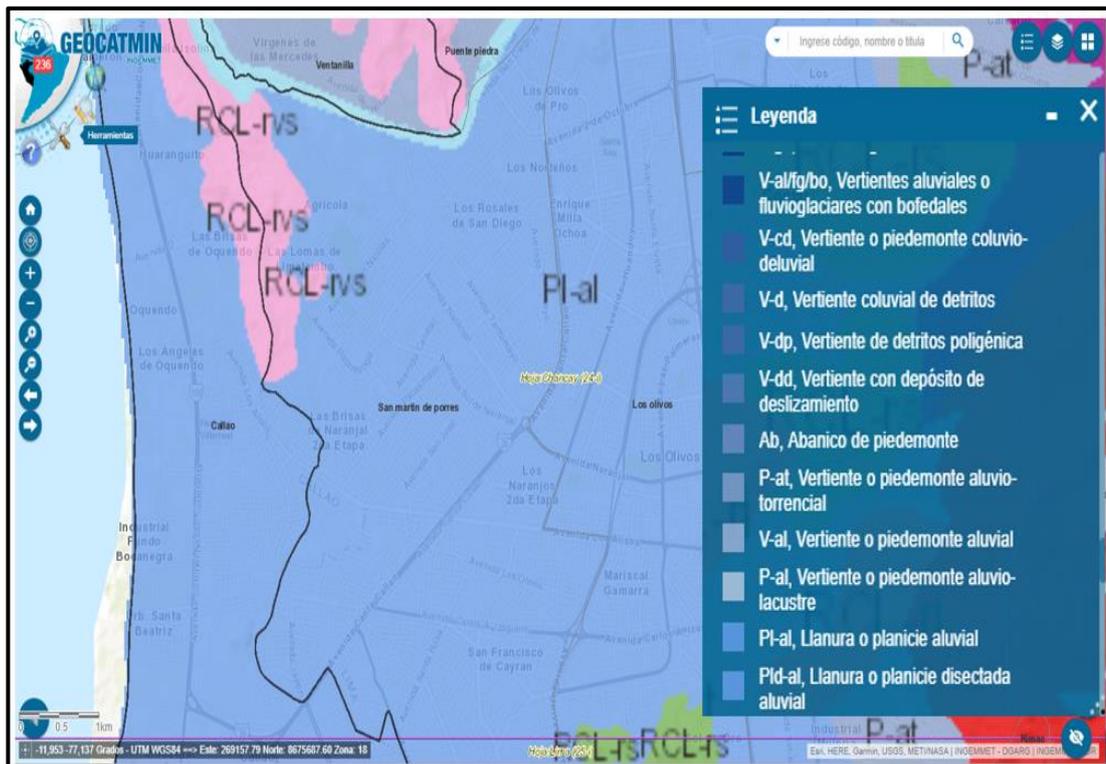
### 3.1.1.1.8 Estratigrafía

Las formaciones más antiguas del área están representadas por sedimentos de edad permo-triásica, que afloran en la esquina NE del cuadrángulo de San Marcos y ocupan una extensión aproximada de 1 km<sup>2</sup>. Sin embargo, su mayor desarrollo se ha distinguido en las zonas adyacentes. Sobreyaciendo a estos depósitos y ocupando el 70 % del área se exponen rocas del Mesozoico correspondiendo el 25 % a una cobertura cenozoica, constituida por rocas efusivas que, en discordancia angular, descansan sobre los sedimentos anteriores.

Finalmente, se distinguen delgadas fajas de lechos lacustres y suelos de edad cuaternaria. Aisladamente, existen cuerpos intrusivos que, en su mayoría, tienen afloramientos pequeños.

En el área se han encontrado muy buenas exposiciones del Cretáceo sedimentario, caracterizándose por la predominancia de una serie clástica en la parte inferior y una calcárea en la superior. Debe remarcarse que, en el sector más occidental, la presencia de una acumulación cretácea volcánico- sedimentaria dificulta la interpretación tectónica, prevaleciendo un ambiente continental de deposición. Mayormente, los sedimentos son fluviales y deltaicos, especialmente en la parte oriental donde son más delgados, presentando mayor grosor hacia el oeste. Las areniscas y cuarcitas en el límite plataforma-cuenca se interdigitan con las calizas y lutitas marinas de la formación Santa, la cual presenta algunos niveles con paraglauconias que sugieren un ambiente de corrientes en aguas salobres. Esta característica deposicional continúa con las lutitas, areniscas y cuarcitas de la formación Carhuaz, terminando en la parte superior con una predominancia de cuarcitas que conforman la formación Farrat. Esto sugiere que el sector de cuenca estuvo sometido a movimientos de subsidencia que diferenciaron cada vez al Geoanticlinal del Marañón de la cuenca occidental.

Es evidente que durante la deposición del grupo Goyllarisquiza, la cuenca siempre fue de un mar somero, donde el intercambio constante de aguas daba lugar a zonas bien oxigenadas. A medida que se hundía, era rellenada por materiales clásticos, de tal forma que se mantenían los mismos niveles. Por lo tanto, el área de sedimentación clástica que había tenido un largo periodo de aparente tranquilidad, fue en realidad de constante movimiento, dando como resultado una acumulación de cerca de 2000 m. en la plataforma. (INGEMMET, 2015)



**Figura 7.** Vertientes aluviales, coluvial, depósito de deslizamiento, abanico de piedemonte

Fuente: Adaptado a INGEMET

### 3.2.1. Investigación de Campo

#### ❖ Face de Campo

- Se efectuaron trabajos de exploración con el fin de conocer el tipo y características resistentes del sub-suelo.
- Las investigaciones de campo estuvieron íntimamente ligados al suelo encontrado.
- La exploración se realizará mediante 04 calicatas, a cielo abierto ubicadas estratégicamente, lo cual cubre razonablemente el área a investigar.
- Las profundidades máximas alcanzadas fueron de 4.00 m, computados a partir del nivel de terreno actual, la cantidad de calicatas y sus profundidades se han realizado según solicitud del investigador, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a

ejecutar de cada uno de los estratos de suelos encontrados, de las muestras disturbadas representativas.

- El nivel frático no fue encontrado hasta la profundidad explorada.

**Tabla 7.**

*Profundidades y su ubicación de las calicatas*

Calicata	Profundidad (m)	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m)
		N	E	
C-1	4.00	8676554.29	272575.42	58.25
C-2	4.00	8676539.37	272601.38	59.20
C-3	4.00	8676580.68	272598.38	59.25
C-4	4.00	8676568.05	272629.56	59.40

En la calicata C-1, con una profundidad de 4.00 m.



**Imagen 1.** *Vista de la estratigrafía de la calicata C-1*

**Fuente:** Elaboración Propia

En la calicata C-2, con una profundidad de 4.00 m.



**Imagen 2.** *Vista de la Calicata C-2 con ensayo de densidad*

**Fuente:** Elaboración Propia

En la calicata C-3, con una profundidad de 4.00 m.



**Imagen 3.** *Vista de la estratigrafía de la calicata C-3*

**Fuente:** Elaboración Propia

En la calicata C-4, con una profundidad de 4.00 m.



**Imagen 4.** Vista de la estratigrafía de la calicata C-4

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 8.**

*Resumen de los trabajos de campo*

Calicata/ Sondaje	Profundidad de la Calicata (m)	N° de Muestras	
		Alteradas	Inalteradas
N°			
C <sub>1</sub>	4.00	-	2
C <sub>2</sub>	4.00	3	2
C <sub>3</sub>	4.00	3	2
C <sub>4</sub>	4.00	-	2

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.1. Datos Geotécnicos

#### Ensayos recopilados

Los resultados de los ensayos recopilados serán Anexados. En la **Tabla 9** se muestran la cantidad de ensayos recopilados.

**Tabla 9.**  
*Cantidad de ensayos de suelo*

Sondaje N°	Prof. (m) de-a	Muestra	Ensayos Estándar			Densidad	EXPANSIÓN		
			Granulometría	LL (%)	LP (%)		Wn(%)	Nat	Libre
C <sub>1</sub>	2.45-4.00	M <sub>1</sub>	1	1	1	1			
C <sub>2</sub>	0.25-0.80	M <sub>1</sub>							
C <sub>2</sub>	0.80-1.67	M <sub>2</sub>	1	1	1	1			
C <sub>2</sub>	1.67-2.40	M <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	
C <sub>2</sub>	2.40-4.00	M <sub>4</sub>	1	1	1	1			
C <sub>3</sub>	0.95-1.45	M <sub>1</sub>							
C <sub>3</sub>	1.45-2.90	M <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	
C <sub>3</sub>	2.90-4.00	M <sub>3</sub>	1	1	1	1			
C <sub>4</sub>	0.55-1.55	M <sub>1</sub>	1	1	1	1			
C <sub>4</sub>	1.55-1.75	M <sub>2</sub>	-	-	-	-			
C <sub>4</sub>	1.75-4.00	M <sub>3</sub>	1	1	1	1			
Totales			8	8	8	8	4	2	2

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Descripción del trabajo en Campo

#### 3.2.1. Identificación de Calicatas

##### 3.2.1.1. Registro de Calicatas

De acuerdo a la exploración efectuada mediante las calicatas C1 @ C4, los resultados de los registros de las cuatro (04) calicatas presenta las siguientes características:

#### Calicata N°01

- De 0.00-1.30 m.

- **Relleno no controlado** compuesto por desmonte más presencia de recortes de bolsas de plástico, en estado suelto.
- A **-1.35 m** se presenta de Línea Eléctrica compuestas por seis cables, energizados.
- **De 1.40-1.70 m.**
  - **Relleno no controlado** compuesto por Limo arcilloso de color marrón oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plástico y raíces, en estado semi denso.
- **De 1.70-2.00 m.**
  - Presencia de Tubería de Concreto de 30 cm. de diámetro.
- **De 2.00-2.45 m.**
  - **Relleno no controlado** compuesto por Arena limo Arcilloso de color beige oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plásticas y raíces secos, en estado semi denso, medio húmedo.
- **De 2.45-4.00 m (M-1).**
  - Arena limosa de color amarillento, en estado poco denso a suelto, poco húmedo.
  - El nivel freático, no se halló

### Calicata N°02

- **De 0.00-0.25 m.**
  - **Relleno no controlado** compuesto por Arena Gravosa con Limo con desmonte más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto.
  - Relleno compuesto por Limo arcilloso de color marrón oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plástico y raíces, en estado semi

denso.

- **De 0.25-0.80 m.**
  - Material compuesto por Arena Limosa de color beige, en estado denso, de mediana humedad.
- **De 0.80-1.67 m.**
  - Arcilla delgada arenosa de color marrón oscuro, con poca presencia raíces secas, en estado semi denso, medianamente húmedo.
- **De 1.67-2.40 m.**
  - Arcilla delgada con arena color amarillento a marrón oscuro, medianamente duro, poco húmedo.
- **De 2.40-4.00 m.**
  - Arena fina mal gradada con limo de color amarillento, en estado suelto a medianamente denso, de bajo contenido de humedad.
  - El nivel freático, no se halló.

### **Calicata N°03**

- **De 0.00-0.95 m.**
  - **Relleno no controlado** embebido en una matriz de por arena gravosa con limo, con desmonte más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto.
- **De 0.95-1.45 m.**
  - Relleno no controlado embebido en una matriz de arena con limo de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad.
- **De 1.45-2.90 m.**
  - Arcilla delgada con arena, de color amarillo-naranja, en estado duro,

de mediana humedad.

- **De 2.90-4.00 m.**
  - Arena limosa de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad.
  - El nivel freático, no se halló.

#### **Calicata N°04**

- **De 0.00-0.55 m.**
  - **Relleno no controlado** de desmonte más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto, embebido en una matriz de arena gravosa con limo.
- **De 0.55-1.55 m.**
  - Arena limosa de color beige, en estado semi denso, mediana humedad.
- **De 1.55-1.75 m.**
  - Lente de arcilla de color amarillo-naranja, en estado duro, de mediana humedad.
- **De 1.75-4.0 m.**
  - Arena de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad.
  - El nivel freático, no se halló.

### **3.3. Análisis de datos**

#### **3.3.1. Identificación**

##### **3.3.1.1 Caracterización**

### 3.3.1.1.1 Granulometría

#### Calicata N°01

- **De 0.00-1.30 m.**
  - Relleno no controlado compuesto por desmonte más presencia de recortes de bolsas de plástico, en estado suelto.
  - A -1.35 m se presenta de Línea Eléctrica compuestas por seis cables, energizados.
- **De 1.40-1.70 m.**
  - Relleno no controlado compuesto por Limo arcilloso de color marrón oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plástico y raíces, en estado semi denso.
- **De 1.70-2.00 m.**
  - Presencia de Tubería de Concreto de 30 cm. de diámetro.
- **De 2.00-2.45 m.**
  - Relleno no controlado compuesto por Arena limo Arcilloso de color beige oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plásticas y raíces secos, en estado semi denso, medio húmedo.
- **De 2.45-4.00 m (M-1).**
  - Arena limosa (SM) de color amarillento, en estado poco denso a suelto, poco húmedo. 0.0 % de grava; 78.2 % de arena; 21.8 % de finos
  - El nivel freático, no se halló

#### Calicata N°02

- **De 0.00-0.25 m.**
  - Relleno no controlado compuesto por Arena Gravosa con Limo con

desmante más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto.

- Relleno compuesto por Limo arcilloso de color marrón oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plástico y raíces, en estado semi denso.
- **De 0.25-0.80 m.**
  - Material compuesto por Arena Limosa de color beige, en estado denso, de mediana humedad.
- **De 0.80-1.67 m.**
  - Arcilla delgada arenosa (CL) de color marrón oscuro, con poca presencia raíces secas, en estado semi denso, medianamente húmedo. 4.4 % de grava de TM  $\frac{3}{4}$ "; 41.0 % de arena; 54.6 % de finos.
- **De 1.67-2.40 m.**
  - Arcilla delgada con arena (CL) color amarillento a marrón oscuro, medianamente duro, poco húmedo. 0.0 % de grava; 17.6 % de arena; 82.4 % de finos.
- **De 2.40-4.00 m.**
  - Arena fina mal gradada con limo (SP-SM) de color amarillento, en estado suelto a medianamente denso, de bajo contenido de humedad. 0.0 % de grava, 88.6 % de arena; 11.4 % de finos.
  - El nivel freático, no se halló.

### **Calicata N°03**

- **De 0.00-0.95 m.**
  - Relleno no controlado embebido en una matriz de por arena gravosa con limo, con desmante más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto.

- **De 0.95-1.45 m.**
  - Relleno no controlado embebido en una matriz de arena con limo de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad.
- **De 1.45-2.90 m.**
  - Arcilla delgada con arena (CL), de color amarillo-naranja, en estado duro, de mediana humedad. 0.0 % de grava; 24.8 % de arena; 75.2 % de finos.
- **De 2.90-4.00 m.**
  - Arena limosa (SM) de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad. 0.0 % de grava; 84.8 % de arena; 15.2 % de finos.
  - El nivel freático, no se halló.

#### **Calicata N°04**

- **De 0.00-0.55 m.**
  - Relleno no controlado de desmonte más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto, embebido en una matriz de arena gravosa con limo.
- **De 0.55-1.55 m.**
  - Arena limosa (SM) de color beige, en estado semi denso, mediana humedad. Tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ ". 4.5 % de grava; 73.5 % de arena; 22.0 % de finos.
- **De 1.55-1.75 m.**
  - Lente de arcilla (CL) de color amarillo-naranja, en estado duro, de mediana humedad.
- **De 1.75-4.0 m.**
  - Arena mal gradada con limo (SP-SM) de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad. 0.0 % de grava; 91.8 % de arena; 8.2 % de finos.

- El nivel freático, no se halló.

### 3.3.1.2 Expansividad

#### 3.3.1.2.1. Límite de Attenberg

Con los resultados de los ensayos de laboratorio en las 4 Calicatas, obtenemos el índice de Plasticidad con:  $IP = LL-LP$ . Los resultados de muestran en el Anexo B.

**Tabla 10.**  
*Límites de Attenberg*

N° Calicata	Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	N.P.	N.P.	N.P.
C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	36.0	23.0	13.0
C <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	44.0	21.0	23.0
C <sub>2</sub>	M <sub>4</sub>	N.P.	N.P.	N.P.
C <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	35.0	17.0	18.0
C <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>	N.P.	N.P.	N.P.
C <sub>4</sub>	M <sub>1</sub>	N.P.	N.P.	N.P.
C <sub>4</sub>	M <sub>3</sub>	N.P.	N.P.	N.P.

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.3.1.2.2. Contenido de Humedad

**Tabla 11.**  
*Contenido de Humedad*

CALICATA SONDAJE	PROFUNDIDAD (m.)	DHC	W	DSC
No	de - a			
C-01	2.45 - 4.00	1.86	8.00	1.72
C-02	0.80 - 1.67	1.75	8.70	1.61
C-03	2.90 - 4.00	1.84	5.40	1.75
C-04	0.55 - 1.55	1.85	8.50	1.71

DSC = Densidad seca de campo

DCH = Densidad húmeda de campo

W = Contenido de humedad

#### 3.3.1.2.3. Expansión Libre

**Tabla 12.**  
*Evaluación del Potencial de Expansión*

Grado de expansión	Expansión libre Bajo presión vertical (%)	Indice de plasticidad IP (%)	Porcentaje de partículas (%)
Muy Alto	> 30	> 32	>37
Alto	20-30	23-45	18-37
Medio	10-20	12-34	12-27
Bajo	< 10	< 10	<17

**Fuente:** Norma E-050 de suelos y cimentaciones (artículo 37.3 potencial de expansión)

**Tabla 13.**  
*Expansión libre*

Calicata Sondaje N°	Prof. (m) de-a	Muestra	EXPANSIÓN LIBRE (%)	Potencial de expansión
C <sub>2</sub>	1.67-2.40	M <sub>3</sub>	1.610	Bajo
C <sub>3</sub>	1.45-2.90	M <sub>2</sub>	3.820	Bajo

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 3.3.1.2.4. Expansión controlada

En la siguiente tabla se presenta los resultados del ensayo de expansión controlada, En el anexo 11, se observa un valor mayor para la C<sub>2</sub>, con una carga de 0.583 kg/cm<sup>2</sup>. Y en el anexo 14, se observa un valor de presión de expansión para la C<sub>3</sub> con una carga de 0.261 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 14.**  
*Grado de expansividad*

N° Calicata	Muestra	IP (%)	Grado de expansividad
C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	13.0	Medio
C <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	23.0	Alto
C <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	18.0	Medio

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.2. Clasificación

#### 3.3.2.1 Clasificación de Suelos

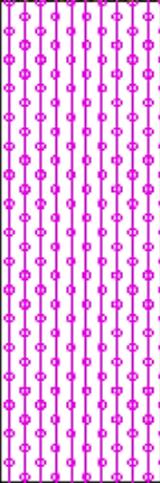
**Tabla 15.**  
*Clasificación de suelos SUCS y ASSTHO*

Calicata Sondaje N°	Prof. (m) de-a	Muestra	SUCS	ASSTHO
C <sub>1</sub>	2.45-4.00	M <sub>1</sub>	SM	A-2-4(0)
C <sub>2</sub>	0.25-0.80	M <sub>1</sub>		
C <sub>2</sub>	0.80-1.67	M <sub>2</sub>	CL	A-6 (5)
C <sub>2</sub>	1.67-2.40	M <sub>3</sub>	CL	A-7-6 (19)
C <sub>2</sub>	2.40-4.00	M <sub>4</sub>	SP-SM	A-2-4 (0)
C <sub>3</sub>	0.95-1.45	M <sub>1</sub>		
C <sub>3</sub>	1.45-2.90	M <sub>2</sub>	CL	A-6- (12)
C <sub>3</sub>	2.90-4.00	M <sub>3</sub>	SM	A-2-4(0)
C <sub>4</sub>	0.55-1.55	M <sub>1</sub>	SM	A-2-4(0)
C <sub>4</sub>	1.55-1.75	M <sub>2</sub>	-	
C <sub>4</sub>	1.75-4.00	M <sub>3</sub>	SP-SM	A-3 (0)

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.3.2.2 Registro de muestras

Con los registros de calicatas y clasificación SUCS de los ensayos de laboratorio, se hizo un Registro de Muestras de la **Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11.**

Prof.(m)	TIPO EXCAVACION	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. SUCS
1.00m.	A TAJID ABIERTO Φ=1.5			<p>De 0.00-1.30 m. Relleno compuesto por desmonte más presencia de recortes de bolsas de plástico, en estado suelto. A -1.35m se presenta de Línea Eléctrica compuestas por seis cables, energizados.</p> <p>De 1.40-1.70 m. Relleno compuesto por Limo arcilloso de color marrón oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plástico y raíces, en estado semi denso.</p> <p>De 1.70-2.00 m. Presencia de Tubería de Concreto de 30 cm. de diámetro.</p> <p>De 2.00-2.45 m. Relleno compuesto por Arena limo Arcilloso de color beigs oscuro, con poca presencia de restos de bolsas de plásticas y raíces secos, en estado semi denso, medio húmedo.</p>	R
2.00m.					
2.40m.					
3.00m.				<p>Arena limosa (SM) de color amarillento, en estado poco denso a suelto, poco húmedo. 0.0 % de grava; 78.2 % de arena; 21.8 % de finos</p>	SM
4.00m.					
4.50m.					

**Figura 8.** Registro de Muestras de CI

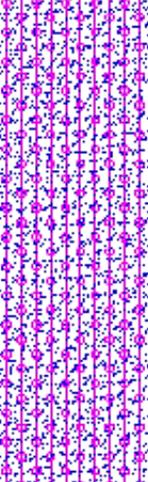
Prof.(m)	TIPO EXCAVACION	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. SUCS
0.80m	A TAJO ABIERTO Ø 1.5			Relleno no controlado con presencia de desmonte, bolsas plásticas, embebidas en una matriz de arenas, limos y algunas gravas	R
1.00m				Arcilla delgada arenosa de color marrón oscuro, con poca presencia raíces secas, en estado semi denso, medianamente húmedo. 4.4 % de grava de TM ¾"; 41.0 % de arena; 54.6 % de finos	CL
1.67m				Arcilla delgada con arena, color amarillento a marrón oscuro, medianamente duro, poco húmedo. 0.0 % de grava; 17.6 % de arena; 82.4 % de finos	CL
2.00m					
2.40m					
3.00m				Arena fina mal gradada con limo de color amarillento, en estado suelto a medianamente denso, de bajo contenido de humedad. 0.0 % de grava, 88.6 % de arena; 11.4 % de finos	SP-SM
4.00m					
4.50m					

Figura 9. Registros de Muestras de C2

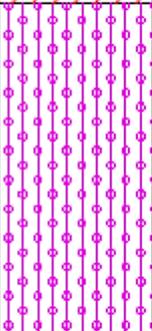
Prof.(m)	TIPO EXCAVACION	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. SUCS
1.00m.	A TAJADO ABIERTO $\phi=1.5$			Relleno no controlado con presencia de desmonte, bolsas plásticas, embebidas en una matriz de arenas, limos y algunas gravas	R
1.45m.					
2.00m.				Arcilla delgada con arena, de color amarillo-naranja, en estado duro, de mediana humedad. 0.0 % de grava; 24.8 % de arena; 75.2 % de finos	CL
2.90m.					
3.00m.				Arena limosa (SM) de color amarillento, en estado semi denso, de poca a mediana humedad. 0.0 % de grava; 84.8 % de arena; 15.2 % de finos	SM
4.00m.					
4.50m.					

Figura 10. Registro de Muestras de C3.

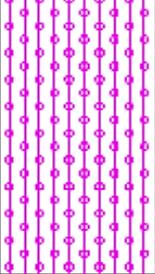
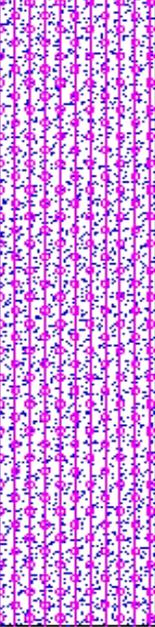
Prof.(m)	TIPO EXCAVACION	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. SUCS
0.55m.				Relleno no controlado de desmonte más presencia de restos de bolsas de plásticas, en estado semi compacto, embebido en una matriz de arena gravosa con limo	R
1.00m. 1.55m.	A TAJID ABIERTO φ=1.5			Arena limosa de color beige, en estado semi denso, mediana humedad. Tamaño máximo de ¾". 4.5 % de grava; 73.5 % de arena; 22.0 % de finos	SM
1.75m.				Lente de arcilla	CL
2.00m. 3.00m. 4.00m.				Arenas limosas de color pardo, medio denso, no plastico	SP-SM
4.50m.					

Figura 11. Registro de Muestras de C4.

### 3.3.2.3 Estratigrafía

De acuerdo al Registro de Calicatas y Muestras podemos tener el tipo de suelos.

#### Para la calicata C1:

- De 1.40 a 1.70 m. se encontró un material de relleno compuesto por Limo Arcilloso de color marrón oscuro.

- De 2.00 a 2.45 m. se encontró relleno compuesto por Arena Limo Arcilloso de color beigs oscuro.
- De 2.45 a 4.00 m. se encontró Arena limosa con clasificación SUCS **SM**.

#### **Para la calicata C2:**

- De 0.80 a 1.67 m. se encontró un material de arcilla delgada arenosa de coloro marrón oscuro, con una clasificación SUCS CL.
- De 1.67 a 2.40 m. se encontró un material compuesto por Arcilla delgada con arena, color amarillento a marrón oscuro, con una clasificación SUCS CL.
- De 2.40 a 4.00 m se encontró Arena fina mal gradada con limo, con clasificación SUCS SP-SM.

#### **Para la calicata C3:**

- De 1.45 a 2.90 m. se encontró un material compuesto por Arcilla delgada con arena, con una clasificación SUCS CL.
- De 2.90 a 4.00 m. se encontró un material compuesto por Arena limosa con clasificación SUCS SM.

#### **Para la calicata C4:**

- De 0.55 a 1.55 m. se encontró un material compuesto por Arena Limosa de color beige, con una clasificación SUCS SM.
- De 1.55 a 1.75 m. se encontró un material compuesto por lente de arcilla con una clasificación SUCS CL.
- De 1.75 a 4.00 m. se encontró un material compuesto por Arenas limosas de color pardo, no plástico, con una clasificación SUCS SP-SM.

### 3.3.3. Resumen de resultados finales de los ensayos de suelo

**Tabla 16.**
*Tabla resumen de los ensayos de suelos*

Calicata	Prof.	Ensayos Estándar					Densidad	EXPANSIÓN		CONSOLIDACIÓN			
Sondaje	(m)	Muestra								UNIDIMENSIONAL			
N°	de-a		sucs	LL	LP	Wn	Nat.	LIBRE	CONTROLADA	Cc	Cs	Pc	Ps
				(%)	(%)	(%)		(%)	kg/cm <sup>2</sup>			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	2.45-4.00	M <sub>1</sub>	SM	N.P	N.P	8.0	1.72						
C <sub>2</sub>	0.25-0.80	M <sub>1</sub>											
C <sub>2</sub>	0.80-1.67	M <sub>2</sub>	CL	36.0	23.0	8.7	1.67						
C <sub>2</sub>	1.67-2.40	M <sub>3</sub>	CL	44.0	21.0	21		1.610	0.583	0.149	0.044	1.580	0.500
C <sub>2</sub>	2.40-4.00	M <sub>4</sub>	SP-SM	N.P	N.P	3.5							
C <sub>3</sub>	0.95-1.45	M <sub>1</sub>											
C <sub>3</sub>	1.45-2.90	M <sub>2</sub>	CL	35.0	17.0	1.5		3.820	0.261	0.127	0.029	1.460	0.550
C <sub>3</sub>	2.90-4.00	M <sub>3</sub>	SM	N.P	N.P	5.4	1.75						
C <sub>4</sub>	0.55-1.55	M <sub>1</sub>	SM	N.P	N.P	8.5	1.71						
C <sub>4</sub>	1.55-1.75	M <sub>2</sub>	-	-	-	-							
C <sub>4</sub>	1.75-4.00	M <sub>3</sub>	SP-SM	N.P	N.P	4							

**Fuente:** Elaboración Propia

En la **Tabla 6** apreciamos el resumen de los ensayos de la clasificación SUCS de las muestras tomadas de 4 calicatas, la calicata C1, tiene un suelo con clasificación SUCS SM (Arena Limosa), la calicata C2 tiene un suelo con clasificación SUCS CL (Arcilla de baja Plasticidad) y SP-SM (Arena pobremente gradada con limo) para una profundidad de C2, la calicata C3 tiene un suelo con clasificación SUCS CL (Arcilla de baja plasticidad) y SM (Arena Limosa), la calicata C4 tiene un suelo con clasificación SUCS SP-SM (Arena pobremente gradada con limo). El Anexo 25, muestra el Plano Bidimensional de las secciones estratigráficas, dónde se aprecia las diferentes litologías de la zona de estudio.

En el anexo 1 en la calicata C3, muestra 2 de profundidad 1.45 – 2.90 metros, se ha clasificado un suelo arcilloso.

En el anexo 2 en la calicata C4 de profundidad 1.75 – 4.00 metros , se ha identificado que es una clasificación SP-SM, arena mal gradada con limo.

En el anexo 3 en la calicata 4, muestra 1 de profundidad 0.55 – 1.55 metros se ha clasificado como un suelo SM , arena limosa.

En el anexo 4 en la calicata 3, muestra 3 de profundidad 2.90 – 4.0 metros, un suelo SM arena limosa .

En el anexo 5 se observa la calicata 4, muestra 3 de profundidad 1.75 a 4.0 metros se ha identificado que es un suelo SP-SM, arena mal gradada con limo.

En el anexo 6, en la calicata C3, muestra 2 de profundidad 1.45 – 2.9 metros se ha identificado un suelo CL, una arcilla delgada con arena.

En el anexo 7 en la calicata C2, muestra 4 de 2.40 – 4.00 metros observamos un suelo SP-SM, una arena mal gradada con limo.

En el Anexo 8 en la calicata 2 , muestra 3 con una profundidad 1.67- 2.40 m observamos un suelo Cl, que es arcilla delgada con arena.

En el anexo 9 en la calicata C2, muestra 2 con una profundidad de 0.80 - 1.67 m observamos un suelo CL, arcilla delgada arenosa.

En el anexo 10 en la calicata C1, muestra 1 con una profundidad de 2.45 - 4.0 metros se observo un suelo SM , arena limosa.

### **3.4. Análisis de Cimentación**

#### **3.4.1. Profundidad de Cimentación**

De acuerdo a los trabajos de campo, de Laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos, características del proyecto y al análisis, se ha evidenciado que los materiales de relleno no controlado superficial presentan espesores variables; de la campaña exploratoria se identificó que este relleno superficial fluctúa desde los 0.55 m hasta los 1.45 m (para el caso de las calicatas C-2, C-3 y C-4), mientras que en la zona de la calicata C-1 se evidenció un espesor de relleno no controlado de 2.40 m.

En ese sentido, se propone una profundidad mínima de cimentación de 1.50 m de profundidad de empotramiento  $D_f$ , con la salvedad de que en aquellas zonas próximas a la calicata C-1 y aquellas otras zonas que se puedan identificar con espesores de relleno no controlado superior a 1.50 m, entonces se deberá o bien profundizar el nivel de empotramiento de cimentación o el empleo de falsas zapatas compuestas de concreto pobre + piedra grade.

Del análisis de clasificación SUCS, se espera encontrar el suelo natural (en la mayor parte del terreno plano existente) conformado por arcilla (CL) y arena limosa (SM). Estos materiales no presentan presencia de grava, sin embargo, tanto la arcilla contempla la participación de arena; mientras que la arena limosa contempla la participación de finos según su gradación granulométrica, por consecuencia, se podría asociar cierta similitud. (más aún cuando los ensayos de consolidación reportados en las arcillas demuestran una presión de pre-consolidación  $P_c$  de 1.46 – 1.58 kg/cm<sup>2</sup>, así como que los ensayos triaxiales

muestran un considerable ángulo de fricción producto de la participación de la fracción gruesa – arena).

La profundidad mínima de empotramiento  $D_f$  de 1.50 m, a su vez servirá de control de los eventuales hinchamientos que podría sufrir las arcillas (CL) de la zona de estudio, ello debido a que según los ensayos de laboratorio realizado sobre muestras inalteradas tipo  $m_{ib}$  ensayadas en el Laboratorio geotécnico del CISMID, el grado de expansión de esta arcilla corresponde a un 5.65 % (en expansión libre), mientras que la presión de control corresponde a 0.583 kg/cm<sup>2</sup>.

Nota: Al excavar 1.50 m y empotrar la cimentación, se estaría transmitiendo una carga superior a 0.583 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se superaría la presión que controla a la eventual expansión de la arcilla.

Nota: En los subsiguientes acápite del presente informe, se desarrollará la estimación de la capacidad admisible del suelo para profundidades de empotramiento mayores-iguales a 1.50 m, donde queda a criterios del especialista de estructuras seleccionar la profundidad de empotramiento más idónea dependiendo del tipo de estructura a proyectar (muro de contención, edificación, cerco perimétrico) y de las cargas a las que será sometida esta estructura.

### **3.4.2. Tipo de Cimentación**

El tipo de cimentación que se recomienda es el de zapatas cuadradas o rectangulares, conectadas mediante vigas de cimentación (de ameritarse y sustentadas a criterio del especialista de estructuras) y/o cimientos corridos más zapatas para el caso de edificaciones y cerco perimétrico.

El tipo de cimentación que se recomienda es el de zapatas rectangulares continuas para el caso de eventuales muros de contención que se puedan necesitar.

Nota: En caso que no se plantee muros de contención para los rellenos de gran potencia (zona de desmonte) evidenciados próximos a la vía, en el ingeniero estructural especialista podría considerar el empleo de soil-nailing, de modo tal que de esta forma podría

prescindir de muro de contención ya que estos anclajes sostendrían el relleno (a evaluar por el especialista de estructuras).

### 3.4.3. Cálculo y análisis de la capacidad admisible de carga

Los parámetros iniciales de resistencia del suelo se le asocia un ángulo de fricción promedio de 26° de ángulo de fricción y 1.3 t/m<sup>2</sup> de cohesión.

**Tabla 17.**  
*Parámetros iniciales del suelo*

PARÁMETROS DE RESISTENCIA NO CASTIGADOS	
Angulo de Fricción Interna ( $\phi$ )	26.00°
Cohesión (C)	1.3 t/m <sup>2</sup>
Peso Específico del Suelo por encima del N.F.C. ( $\gamma$ )	1.65 t/m <sup>3</sup>

Sin embargo, para estos fines se ha considerado el efecto de falla local, con lo cual se obtienen los siguientes parámetros geotécnicos del suelo:

**Tabla 18.**  
*Datos para el diseño*

DATOS PARA EL DISEÑO	
Angulo de Fricción Interna ( $\phi$ )	17.27°
Cohesión (C)	0.40 t/m <sup>2</sup>
Peso Específico( $\gamma$ )	1.80 t/m <sup>2</sup>
Factor de Seguridad (FS)	3.00
Inclinación de la carga ( $\beta^\circ$ )	0°

Además, se ha considerado los siguientes parámetros elásticos del suelo:

**Tabla 19.**  
*Parámetros Elásticos*

PARÁMETROS ELÁSTICOS	
E=	2200 t/m <sup>2</sup>

---

Poisson ( $\mu$ )	0.35
-------------------	------

---

En el anexo 16 se observa el ángulo de fricción interna y la cohesión.

En el anexo 17 se observa el peso específico del suelo.

En el anexo 20, para cálculos de diseño se está tomando por seguridad falla local por que los factores son castigados previo al cálculo.

En el anexo 21 se observa los valores típicos de acuerdo a las características del suelo el módulo elástico y el factor poisson.

De esta forma, se verifica que los factores de compresibilidad son equivalentes a la unidad (1.00).

La capacidad de carga, se ha determinado en base a la Ecuación de Meyerhof y Vesic, con sus respectivos parámetros que es:

Ecuación general de capacidad última del suelo

***Ecuación 3 Ecuación de Terzagui Modificda por Vesic***

$$* \_ (qu = c. Nc. Fcd. Fcc * q. Nq. Fqc * (1/2). \gamma. B. N\gamma. F\gamma d. F\gamma c)$$



**Tabla 140.**

*Cálculo de la capacidad admisible de carga para profundidades de empotramiento entre 1.50 y 2.00 m de profundidad*

Tipo de Cimentación	Df	B	L	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA			FACTORES DE PROFUNDIDAD			Qult	Qadm
				Nc	N <sub>γ</sub>	Nq	Fcs	Fys	Fqs	Fcd	Fyd	Fqd		
<b>Cuadrada</b>	1.50	1.00	1.00	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.38	1.00	1.30	3.42 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.14 kg/cm<sup>2</sup></b>
	1.50	1.50	1.50	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.39	1.00	1.31	3.53 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.18 kg/cm<sup>2</sup></b>
	1.50	2.00	2.00	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.29	1.00	1.23	3.43 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.14 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Rectangular</b>	1.50	1.00	2.50	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.38	1.00	1.30	3.01 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
	1.50	1.50	3.75	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.30	1.00	1.24	3.02 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.01 kg/cm<sup>2</sup></b>
	1.50	2.00	5.00	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.29	1.00	1.23	3.13 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.04 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Cimientos corridos</b>	1.50	0.40	3.20	12.54	3.67	4.90	1.05	0.95	1.04	1.51	1.00	1.40	2.84 kg/cm <sup>2</sup>	<b>0.95 kg/cm<sup>2</sup></b>
	1.50	0.60	4.80	12.54	3.67	4.90	1.05	0.95	1.04	1.46	1.00	1.37	2.83 kg/cm <sup>2</sup>	<b>0.94 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Cuadrada</b>	2.00	1.00	1.00	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.43	1.00	1.34	4.29 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.43 kg/cm<sup>2</sup></b>
	2.00	1.50	1.50	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.36	1.00	1.29	4.21 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.40 kg/cm<sup>2</sup></b>
	2.00	2.00	2.00	12.54	3.67	4.90	1.39	0.60	1.31	1.39	1.00	1.31	4.38 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.46 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Rectangular</b>	2.00	1.00	2.50	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.43	1.00	1.34	3.76 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.25 kg/cm<sup>2</sup></b>
	2.00	1.50	3.75	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.36	1.00	1.29	3.75 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.25 kg/cm<sup>2</sup></b>
	2.00	2.00	5.00	12.54	3.67	4.90	1.16	0.84	1.12	1.39	1.00	1.31	3.95 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.32 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Cimientos corridos</b>	2.00	0.40	3.20	12.54	3.67	4.90	1.05	0.95	1.04	1.53	1.00	1.42	3.54 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.18 kg/cm<sup>2</sup></b>
	2.00	0.60	4.80	12.54	3.67	4.90	1.05	0.95	1.04	1.49	1.00	1.39	3.53 kg/cm <sup>2</sup>	<b>1.18 kg/cm<sup>2</sup></b>

**Fuente:** Profundidad de empotramiento; B: Ancho; L: Largo; q<sub>adm</sub>: capacidad admisible de carga

En la **tabla 20**, se utiliza el criterio de la profundidad de cimentación, se basa en siempre estimarla de acuerdo al suelo más estable al momento de la exploración, es decir por ejemplo si se tiene dos suelos una arcilla y debajo de esta una grava, es recomendable cimentar por el material granular o grava ya que esta presenta mejores características de soporte.

La dimensiones estimadas de la cimentación va de acuerdo a las características de la estructura, es decir; si tenemos una estructura menor se utiliza cimientos pequeños a medianos, en caso tener una estructura (10 o 15 y 20 pisos) se utilizará cimentaciones de mayores dimensiones.

#### **3.4.4. Cálculo de asentamiento**

En los análisis de cimentación, se distinguen dos clases de asentamientos, asentamientos totales y diferenciales, de los cuales, estos últimos son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura.

La presión admisible de los suelos granulares (para nuestro caso, las gravas arenos-arcillosas), generalmente depende de los asentamientos, debiendo en todo caso, verificarse el factor de seguridad por corte.

La presión admisible por asentamiento, es aquella que al ser aplicada por una cimentación de tamaño específico, produce un asentamiento tolerable por la estructura.

El límite de los asentamientos tolerables el cual corresponde al límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas según la E.050 Suelos y Cimentaciones, está dado por la distorsión angular,  $\alpha$ :

#### ***Ecuación 4 Ecuación distorsión angular***

$$\alpha = \frac{f -}{L} = \frac{1}{500}$$

$\alpha$  : Distorsión angular

$L$  : Luz

$\int$  -: Asentamiento diferencial

**Tabla 21.**

*Distorsión Angular =  $\alpha$ :*

<b>DISTORSIÓN ANGULAR = <math>\alpha</math></b>	
$\alpha = d/l$	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20m
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

**Fuente:** Ref., Pág. 8, artículo 14, Norma E.050 Suelos y cimentaciones

d: Límite máximo.

l: La luz máxima del portico de la estructura.

El asentamiento, se ha calculado mediante la teoría elástica, que está dado por la fórmula:

***Ecuación 4 de asentamiento***

$$p = P \frac{IfB(1 - \mu^2)}{Es}$$

Para:

- $p$  = Asentamiento (cm)
- $P$  = Presión de trabajo (kg/cm<sup>2</sup>)
- $B$  = Ancho menor cimentación (cm)
- $\mu$  = Relación de Poisson
- $Es$  = Modulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)
- $If$  = Factor de influencia, que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles 1977).

Reemplazando valores:

En la **tabla 22**, se observa la distorsión angular máxima permitida la cuál se debe calcular previamente a la estimación del asentamiento, ésta distorsión depende directamente de la luz máxima de un portico de la estructura a proyectar, es decir a mayor luz existirá mayor distorsión angular.

**Tabla 152.**
*Estimación de asentamientos elásticos para las cargas actuantes limitadas de la capacidad admisible de carga*

Tipo de Cimentación	Df (m)	B (m)	L (m)	qact (t/m <sup>2</sup> )	Asentamientos (Si) - centímetros				Carga Admisible (Toneladas)
					Cimentación Rígida	Cimentación Flexible			
						Centro	Esquina	Promedio	
<b>Cuadrada</b>	1.50	1.00	1.00	<b>11.39</b>	0.38	0.51	0.25	<b>0.43</b>	11
	1.50	1.50	1.50	<b>11.77</b>	0.59	0.79	0.40	<b>0.67</b>	26
	1.50	2.00	2.00	<b>11.43</b>	0.77	1.02	0.51	<b>0.87</b>	46
<b>Rectangular</b>	1.50	1.00	2.50	10.04	0.50	0.67	0.33	<b>0.57</b>	25
	1.50	1.50	3.75	10.06	0.75	1.00	0.50	<b>0.85</b>	57
	1.50	2.00	5.00	10.44	1.04	1.39	0.70	<b>1.18</b>	104
<b>Cimientos corridos</b>	1.50	0.40	3.20	9.48	0.27	0.36	0.18	<b>0.31</b>	12
	1.50	0.60	4.80	9.44	0.41	0.54	0.27	<b>0.46</b>	27
<b>Cuadrada</b>	2.00	1.00	1.00	14.31	0.48	0.64	0.32	<b>0.54</b>	14
	2.00	1.50	1.50	14.05	0.71	0.94	0.47	<b>0.80</b>	32
	2.00	2.00	2.00	<b>14.62</b>	0.98	1.31	0.65	<b>1.11</b>	58
<b>Rectangular</b>	2.00	1.00	2.50	<b>12.54</b>	0.63	0.84	0.42	<b>0.71</b>	31

	2.00	1.50	3.75	<b>12.50</b>	0.94	1.25	0.62	<b>1.06</b>	70
	2.00	2.00	5.00	<b>13.17</b>	1.32	1.75	0.88	<b>1.49</b>	132
<b>Cimientos</b>	2.00	0.40	3.20	<b>11.78</b>	0.34	0.45	0.23	<b>0.38</b>	15
<b>corridos</b>	2.00	0.60	4.80	<b>11.75</b>	0.51	0.68	0.34	<b>0.57</b>	34

**Nota:** Del análisis de asentamiento por consolidación, dado que se cuenta con una presión de preconsolidación entre 1.46 a 1.58 kg/cm<sup>2</sup>, y en vista que la capacidad admisible de carga es menor a dicha presión de preconsolidación, sumado al hecho de que el espesor de la arcilla en la mayoría de los casos no superaría el 1.50 m, entonces se estima que el asentamiento por consolidación fluctúa entre 0.8 a 1.1 cm. Consecuentemente, no se esperarían que exista problemas por asentamientos excesivos más aun cuando es de conocimiento que el asentamiento por consolidación se visualizaría en una eventual saturación del suelo, lo que se vería contrarrestado por los esfuerzos de expansión del mismo.

### 3.5. Resumen de resultados finales

**Tabla 16.**
*Tabla resumen de los ensayos de suelos*

Calicata	Prof.	Ensayos Estándar					Densidad	EXPANSIÓN		CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL			
Sondaje	(m)	Muestra	sucs	LL (%)	LP (%)	Wn (%)	Nat.	LIBRE (%)	CONTROLADA	Cc	Cs	Pc	Ps
N°	de-a								kg/cm <sup>2</sup>			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	2.45-4.00	M <sub>1</sub>	SM	N.P	N.P	8.0	1.72						
C <sub>2</sub>	0.25-0.80	M <sub>1</sub>											
C <sub>2</sub>	0.80-1.67	M <sub>2</sub>	CL	36.0	23.0	8.7	1.67						
C <sub>2</sub>	1.67-2.40	M <sub>3</sub>	CL	44.0	21.0	21		1.610	0.583	0.149	0.044	1.580	0.500
C <sub>2</sub>	2.40-4.00	M <sub>4</sub>	SP-SM	N.P	N.P	3.5							
C <sub>3</sub>	0.95-1.45	M <sub>1</sub>											
C <sub>3</sub>	1.45-2.90	M <sub>2</sub>	CL	35.0	17.0	1.5		3.820	0.261	0.127	0.029	1.460	0.550
C <sub>3</sub>	2.90-4.00	M <sub>3</sub>	SM	N.P	N.P	5.4	1.75						
C <sub>4</sub>	0.55-1.55	M <sub>1</sub>	SM	N.P	N.P	8.5	1.71						
C <sub>4</sub>	1.55-1.75	M <sub>2</sub>	-	-	-	-							
C <sub>4</sub>	1.75-4.00	M <sub>3</sub>	SP-SM	N.P	N.P	4							

**Fuente:** Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **4. Discusión**

Se beneficia en romper con el criterio erróneo que en lima, no existe la posibilidad de suelos arcillosos con posibilidad de expansión alta, se ha demostrado que existe zonas que deben ser materia de mayores análisis.

Como estudio esta limitado en puntos de exploración, pues lo que se tiene una estimación extrapolada de la información, pues siempre es necesario un especialista en la etapa de ejecución, y corroborar o realizar cambios de lo expresado en el estudio de suelos.

#### **4.1 Resultados**

Se presento los resultados del proyecto en base a la información recogida mediante las técnicas e instrumentos de estudio en datos cuantitativos de análisis descriptivo e inferencial, las que se objetivizan mediante cuadros estadísticos, gráficos y testimonios de acuerdo a las hipótesis de trabajo y su relación con cada una de las manifestaciones de la variable independiente.

##### **4.1.1 Presentación de resultados del objetivo Especifico 1**

**“Determinar la clasificación de suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad de la I.E. Nuestra Señora del Rosario”**

En la tabla 16 , el ensayo de caracterización física del suelo, se observa la granulometría , contenido de humedad, clasificación (norma SUCS) y su curva granulométrica. Con esta información presentada se determina la clasificación del suelo arcilloso de alta plasticidad en la I.E. Nuestar Señora del Rosario.

Complementando a la información de la tabla 16, en el Anexo 1 se observa su granulometría, los limites de consistencia y su clasificación SUCS , ASTM D2487: CL

## **Expansión Libre**

En la tabla 12 y 13, se muestra los cuadros resumen de los resultados de los ensayos de expansión libre y controlada, lo que en comparación con la tabla de la norma (ANEXO 17) lo que es exigencia de la norma, nos confirma la baja expansión del suelo arcilloso.

## **Grado de expansión referido al índice de plasticidad**

En Tabla 12 se muestra en grado de expansividad en función del Índice de Plasticidad (IP), en el anexo 9 se observa en la calicata C2 que se tiene un IP de 13% teniendo un grado de expansividad medio, y un LP de 23% teniendo un grado de expansividad alto. Y en el anexo 6, observamos en la calicata C3 se tiene un IP de 18% teniendo un grado de expansividad medio.

### **4.1.2 Presentación de resultados del objetivo Especifico 2**

**“Determinar los parámetros técnicos del suelo arcilloso en la I.E. Nuestra Señora del Rosario”.**

Los parámetros iniciales de resistencia del suelo se le asocia un ángulo de fricción promedio de  $26^\circ$  de ángulo de fricción y 1.3 t/m<sup>2</sup> de cohesión. Mostrado en la **Tabla17**.

Sin embargo, para estos fines se ha considerado el efecto de falla local, el cual se muestra en la **Tabla18**, dónde se tiene un ángulo de fricción de  $17.33^\circ$ , y cohesión de 0.87 t/m<sup>3</sup>.

En la **Tabla 19** se muestran los parámetros elásticos de suelo, se tiene un modulo de elasticidad de 2200 t/m<sup>2</sup>, modulo de poisson 0.35, que depende del tipo de suelo.

### **Presentación de resultados del objetivo Especifico 3.**

**“Determinar el tipo de cimentación en suelos arcillosos en la I.E. Nuestra Señora del Rosario”.**

El tipo de cimentación que se toman en cuenta para el cálculo de las capacidades admisibles (**Tabla 140**) se toma en cuenta la estructura y el suelo, para eso se proponen diferentes tipos de cimentación, zapatas cuadradas, rectangulares, con una determinada profundidad de desplante.

### **4.1.4 Presentación de resultados del objetivo General**

**“Elaborar un estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos para determinar el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario”.**

Se elaboró el estudio de mecánica de suelos el cual nos permitió conocer el tipo de suelo de fundación. Para lo cual se realizó 4 calicatas a cielo abierto, el cual fue analizado mediante los ensayos de laboratorio, ensayos estándar y ensayos especiales, por el cual se conocen los parámetros geotécnicos para el diseño de cimentaciones. Con los procedimientos recomendados en la Norma E.50 Suelos y Cimentaciones se realizaròn los cálculos de capacidad admisible y última, para diferentes tipo de cimentación, anchos B y L diferentes, así mismo la determinación de los asentamientos permisibles considerando un determinado factor de seguridad (FS=3). Es así que un adecuado estudio de mecánica de suelos permite zonificar y caracterizar el área de interés de la I.E. Nuestra Señora del Rosario.

De tal manera de concluir, si es terreno es apto para la construcción o no de la estructura.

## **4.2 Conclusión y recomendaciones**

- El programa de exploración geotécnica basado en la ejecución de cuatro (04) calicatas de 4.00m de profundidad satisface lo establecido como programa

mínimo de investigación de la norma E.050 suelos y cimentaciones vigente (2018).

- El tipo de suelos natural encontrado corresponde a arcillas con arena (CL) y arenas limosas (ML) de lo cual se deduce que la participación de la grava es despreciable, sin embargo existe apte cohesivo (por la presencia de arena).
- El factor de zona corresponde a  $Z=0.45$ ; el perfil de suelos corresponde a S3: Suelos Blandos  $S=1.10$ , los periodos  $T_p=1.00$ ;  $T_l=1.60$ .
- Los espesores de relleno no controlado superficial encontrados en las calicatas C-02, C-3 y C-4 fluctúan desde 0.55 a 1.45m, motivo por el cual, la profundidad mínima de empotramiento (Df) de la cimentación será de 1.50m.

Nota: Esta profundidad de empotramiento contrarresta el fenómeno de expansión de suelos con la presión de control de expansión es de 0.583 Kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de expansión libre menor a 6% (bajo potencial de expansión).

Sin embargo, dado que en la calicata C-1 se evidenció una potencia de relleno no controlado de hasta 2.40m, entonces, para estos perfiles de suelos particulares se deberá o bien profundizar el Df, o bien el empleo de falsas zapatas hasta alcanzar el suelo natural, o bien re conformar mediante afirmado compactado al 95% de la máxima densidad Proctor hasta alcanzar el suelo natural.

Nota: En la calicata C-1, a la profundidad de 1.35m, se ha evidenciado 6 cables energizados (aparentemente que conecta una red eléctrica subterránea entre dos postes. Además, a la profundidad de 1.70-2.00m, se encontró una tubería de desagüe de 0.30m de diámetro. Motivo por el cual, en las partidas de movimiento de tierras deberá prevalecer el debido cuidado, así como que se deberá considerar las obras complementarias pertinentes dada la advertencia de estos elementos

enterrados (tubería de concreto y 6 cables eléctricos energizados que conectan postes).

- El cálculo de la capacidad admisible y estimación de asentamientos se presenta en el cuerpo del presente informe, de ellos se concluye que se puede proceder a considerar diferentes tipos de cimentaciones tales como zapatas aisladas o conectadas o combinadas, y/o cimientos corridos para el caso de cerco perimétrico o edificación. Además, para el caso de muro de contención se puede considerar zapata rectangular corrida.

A manera de resumen se presenta los resultados de la capacidad admisible de carga:

**Tabla 17.**  
*Tipo de Cimentación*

<b>Tipo de Cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B(m)</b>	<b>L(m)</b>	<b>Qact (t/m3)</b>	<b>Asentamiento elástico (cm)</b>
<b>Cuadrada</b>	1.5	1.0	1.0	11.39	0.43
	1.5	1.5	1.5	11.77	0.67
	1.5	2.0	2.0	11.43	0.87
<b>Rectangular</b>	1.5	1.0	2.5	10.04	0.57
	1.5	1.5	3.8	10.06	0.85

**Tabla 18.**  
*Tipo de Cimentación*

<b>Tipo de Cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B(m)</b>	<b>L(m)</b>	<b>Qact (t/m3)</b>	<b>Asentamiento elástico (cm)</b>
<b>Cimientos corridos</b>	1.5	2.0	5.0	10.44	1.18
	1.5	0.4	3.2	9.48	0.31
	1.5	0.6	4.8	9.44	0.46
	2.0	1.0	1.0	14.31	0.54

<b>Tipo de Cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B(m)</b>	<b>L(m)</b>	<b>Qact (t/m3)</b>	<b>Asentamiento elástico (cm)</b>
<b>Cuadrada</b>	2.0	1.5	1.5	14.05	0.8
	2.0	2.0	2.0	14.62	1.11
<b>Rectangular</b>	2.0	1.0	2.5	12.54	0.71
	2.0	1.5	3.8	12.5	1.06
	2.0	2.0	5.0	13.17	1.49
<b>Cimiento corrido</b>	2.0	0.4	3.2	11.78	0.38
	2.0	0.6	4.8	11.75	0.57

## Bibliografía

- Alvarez Cabrera, A., & Sosa Gonzales, J. (2020). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso de alta plasticidad del Caserío Bello Horizonte, distrito de Curimaná, departamento de Ucayali, adicionando pet reciclado*. Lima.
- Angumbo, B. S. (2019). *Caracterización de suelos expansivos de la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Brandon Enrique, B., & Heiner Arturo, L. (2021). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos*. Lima.
- Cercado Vásquez, L., & Zavala Detquizán, J. (2018). "ANÁLISIS DEL GRADO DE EXPANSIBILIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS EN LAS CALLES DEL ASENTAMIENTO HUMANO SEÑOR DE LOS MILAGROS DEL DISTRITO DE CHACHAPOYAS - AMAZONAS".
- Cercado Vázquez, L., & Zavaleta Detquizán, J. (2018). "ANÁLISIS DEL GRADO DE EXPANSIBILIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS EN LAS CALLES DEL ASENTAMIENTO HUMANO SEÑOR DE LOS MILAGROS DEL DISTRITO DE CHACHAPOYAS - AMAZONAS". Trujillo .
- Cruz Perales, D. S. (2018). "Zonificación De La Capacidad Portante de la Localidad de Soritor Del Distrito de Soritor – Provincia de Moyobamba – Región San Martín". Tarapoto : Universidad Nacional de San Martin .
- Estaire Gepp, J. (2004). "Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares sometidas a solicitaciones dinámicas". Madrid: Universidad Politécnica de Madrid .
- Gómez de Santos, C. (2019). "Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas". Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Gómez Tuesta, J. y. (2019). "Evaluación y diseño de la capacidad portante del suelo con fines de cimentación para viviendas multifamiliares en la CC.NN. Pucallpa, en el Distrito de Shanao, Lamas, San Martín". Tarapoto : Universidad Nacional de San Martin .

INGEMMET. (2015). *Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao*. Lima.

LMS, L. d. (s.f.). *ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO*. Lima: UNI.

María Emérita Briones Alva y Nelson Ulises Irigoín Gonzales. (2015). *Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo lucmacucho alto- Sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca*". Cajamarca: Universidad Privada Del Norte.

Olarte Carpio, L. (2019). *"Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del E.P. Cusco-Varones"*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.

Pérez Rojas, J., & Orjuela Ortiz, J. (2018). *ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA EXPANSIVIDAD EN SUELOS BENTONÍTICOS*. Bogotá.

## ANEXOS

### ANEXO A

### ENSAYOS DE LABORATORIO

## Resultado de los análisis del suelo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería

### ANEXO 1: Analisis granulométrico por tamizado – ASTM D422 C-3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004059

Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 333-2-1

SOLICITANTE : ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ  
PROYECTO : I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO  
UBICACIÓN : SAN MARTIN DE PORRRES - LIMA - LIMA  
FECHA : 30 DE ABRIL 2019

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3  
Muestra : M-2  
Prof. (m.) : 1.45 - 2.90

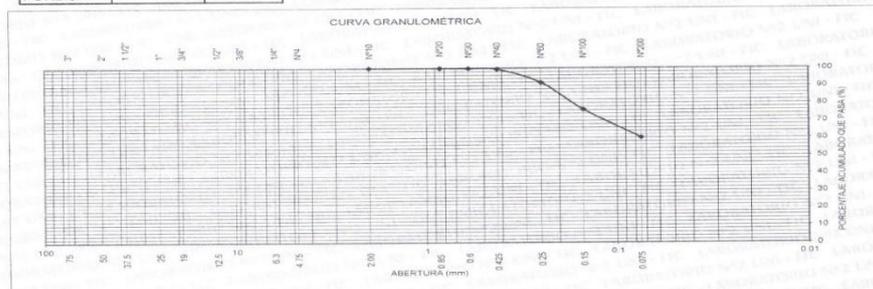
#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(%)	
		Parcial Retenido	Acumulado Retenido / Pasa
3"	75.000	-	-
2"	50.000	-	-
1 1/2"	37.500	-	-
1"	25.000	-	-
3/4"	19.000	-	-
1/2"	12.500	-	-
3/8"	9.500	-	-
1/4"	6.300	-	-
Nº4	4.750	-	-
Nº10	2.000	-	100.0
Nº20	0.850	0.1	99.9
Nº30	0.600	0.1	99.8
Nº40	0.425	0.4	99.4
Nº60	0.250	7.6	91.8
Nº100	0.150	15.5	76.3
Nº200	0.075	16.1	60.2
FONDO		60.2	

% Grava	----
% Arena	39.8
% Finos	60.2

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido	29
Límite Plástico	19
Índice Plástico	10

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CL



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante  
Ejecutado por: Tec. D. Del Rio R.  
Revisado por: Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

## ANEXO 2 : Ensayos de caracterización físicas C-4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Fecha : Mayo, 2019

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 4  
Muestra : M - 3  
Profundidad (m) : 1.75 - 4.00

Hoja : 1 de 1

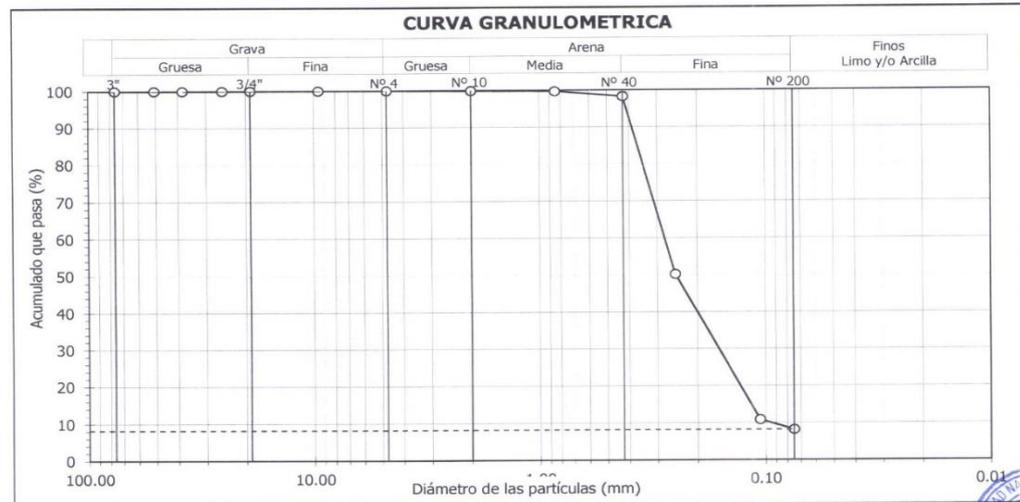
Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	99.9
N° 20	0.850	99.7
N° 40	0.425	98.3
N° 60	0.250	50.3
N° 140	0.106	10.9
N° 200	0.075	8.2

Contenido de humedad - D2216		
	(%)	
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido (%)	NP
	Límite Plástico (%)	NP
	Índice de Plasticidad (%)	NP
	Límite de Contracción - D4943 (%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	3.0
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	1.0
	Grava [ N° 4 < φ < 3" ] (%)	0.0
	Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ] (%)	91.8
	Finos [ φ < N° 200 ] (%)	8.2

Clasificación - D3282 / D2487

AASHTO SUCS

**A-3 (0) SP - SM Arena mal gradada con limo**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

*David G. Luna Duran*  
**DAVID G. LUNA DURAN**  
ING. CIVIL - CIP. 43968



Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

### ANEXO 3: Ensayos de caracterización físicas C-4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 Facultad de Ingeniería Civil  
 Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
 y Mitigación de Desastres  
 Laboratorio Geotécnico



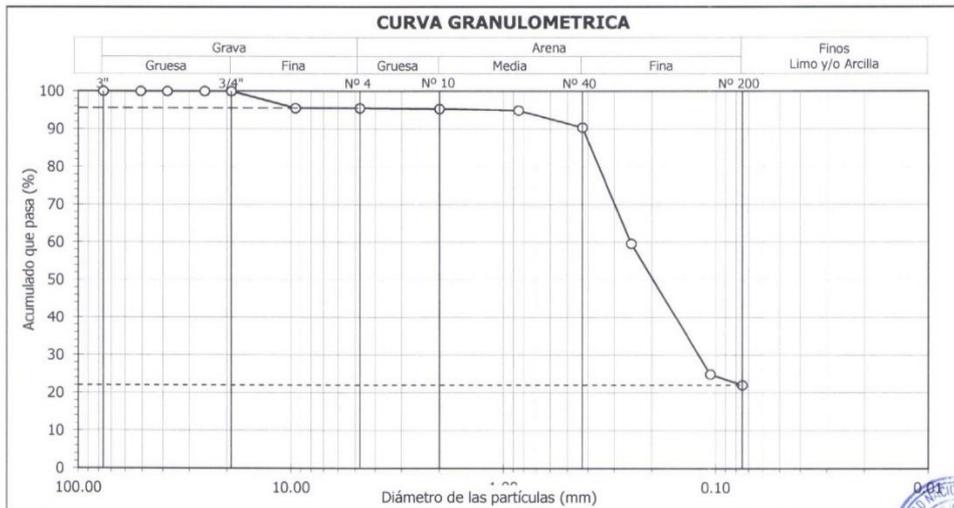
#### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS (ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072 Fecha : Mayo, 2019  
 Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
 Proyecto : I. E. Nº 0003 Nuestra Señora del Rosario  
 Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima  
 Sondaje : C - 4 Hoja : 1 de 1  
 Muestra : M - 1  
 Profundidad (m) : 0.55 - 1.55

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	95.5
Nº 4	4.750	95.5
Nº 10	2.000	95.3
Nº 20	0.850	94.9
Nº 40	0.425	90.4
Nº 60	0.250	59.6
Nº 140	0.106	24.9
Nº 200	0.075	22.0

Contenido de humedad - D2216 (%)		8.5
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido (%)	NP
	Límite Plástico (%)	NP
	Índice de Plasticidad (%)	NP
Resultados de granulometría por tamizado	Límite de Contracción - D4943 (%)	---
	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ Nº 4 < φ < 3" ] (%)	4.5
	Arena [ Nº 200 < φ < Nº 4 ] (%)	73.5
Finos [ φ < Nº 200 ] (%)		22.0

Clasificación - D3282 / D2487  
 AASHTO SUCS  
**A-2-4 (0) SM Arena limosa**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

*David G. Luna Duménil*  
**DAVID G. LUNA DUMÉNIL**  
 ING. CIVIL - I.P. 43968



Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
 Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
 (+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
 Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

## ANEXO 4: Ensayos de caracterización físicas M-3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

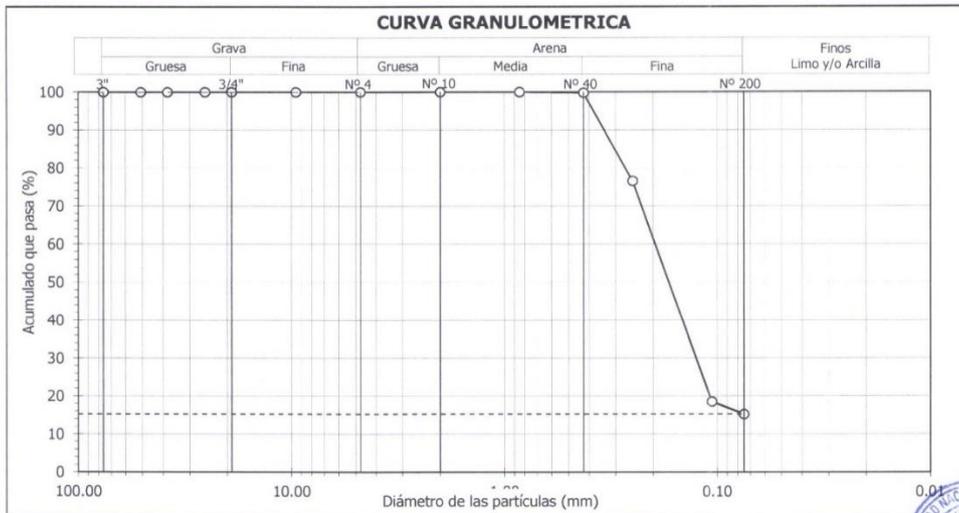
Informe : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario  
Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima  
Fecha : Mayo, 2019

Sondaje : C - 3  
Muestra : M - 3  
Profundidad (m) : 2.90 - 4.00  
Hoja : 1 de 1

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.850	100.0
N° 40	0.425	99.8
N° 60	0.250	76.6
N° 140	0.106	18.5
N° 200	0.075	15.2

Contenido de humedad - D2216 (%)		5.4
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido (%)	NP
	Límite Plástico (%)	NP
	Índice de Plasticidad (%)	NP
Resultados de granulometría por tamizado	Límite de Contracción - D4943 (%)	---
	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ N° 4 < φ < 3" ] (%)	0.0
Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ] (%)	84.8	
Finos [ φ < N° 200 ] (%)	15.2	

Clasificación - D3282 / D2487	
AASHTO	SUCS
<b>A-2-4 (0)</b>	<b>SM Arena limosa</b>



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

DAVID G. LUNA DURAN  
ING. CIVIL - CIP. 63998



Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

**ANEXO 5: Ensayos de caracterización física C-4**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072 Fecha : Mayo, 2019  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario  
Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 4 Hoja : 1 de 1  
Muestra : M - 3  
Profundidad (m) : 1.75 - 4.00

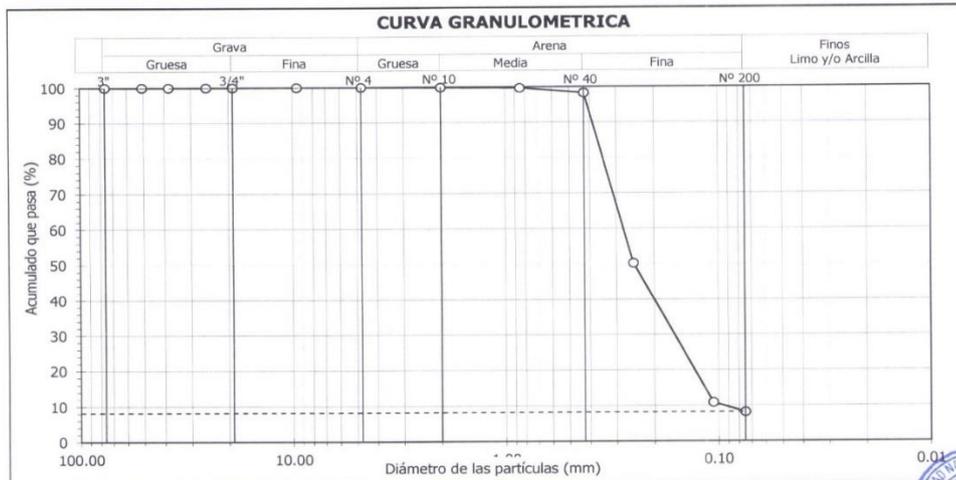
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
Nº 4	4.750	100.0
Nº 10	2.000	99.9
Nº 20	0.850	99.7
Nº 40	0.425	98.3
Nº 60	0.250	50.3
Nº 140	0.106	10.9
Nº 200	0.075	8.2

Contenido de humedad - D2216	(%)	4.1
Límites de consistencia	(%)	NP
Límite Líquido	(%)	NP
Límite Plástico	(%)	NP
Índice de Plasticidad	(%)	NP
Límite de Contracción - D4943	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		3.0
Coefficiente de Curvatura (Cc)		1.0
Grava [ N° 4 < φ < 3" ]	(%)	0.0
Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ]	(%)	91.8
Finos [ φ < N° 200 ]	(%)	8.2

Clasificación - D3282 / D2487

AASHTO SUCS

**A-3 (0) SP - SM Arena mal gradada con limo**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

*David G. Luna Duran*  
**DAVID G. LUNA DURAN**  
ING. CIVIL - CIP. 43988



Av. Túpac Amaru 1150, Rimac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

## ANEXO 6: Ensayos de caracterizaciones físicas C-3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072 Fecha : Mayo, 2019  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

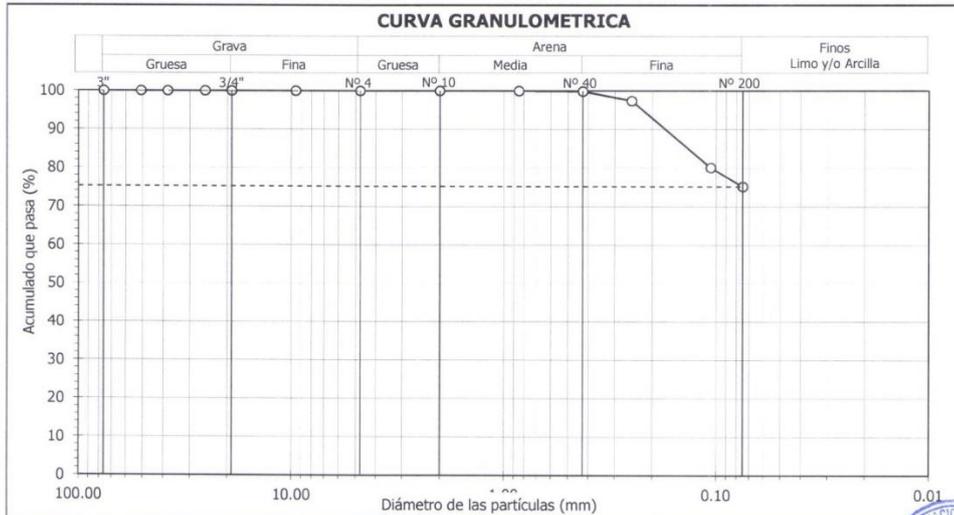
Sondaje : C - 3 Hoja : 1 de 1  
Muestra : M - 2  
Profundidad (m) : 1.45 - 2.90

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.850	100.0
N° 40	0.425	99.9
N° 60	0.250	97.4
N° 140	0.106	80.1
N° 200	0.075	75.2

Contenido de humedad - D2216		
	(%)	13.5
Límites de consistencia	Límite Líquido (%)	35
	Límite Plástico (%)	17
	Índice de Plasticidad (%)	18
	Límite de Contracción - D4943 (%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ] (%)	0.0
	Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ] (%)	24.8
	Finos [ $\phi$ < N° 200 ] (%)	75.2

Clasificación - D3282 / D2487  
AASHTO SUCS

**A-6 (12) CL Arcilla delgada con arena**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

  
**DAVID G. LUNA DURÁN**  
ING. CIVIL - CIP. 43988



## ANEXO 7: Ensayos de caracterización física C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

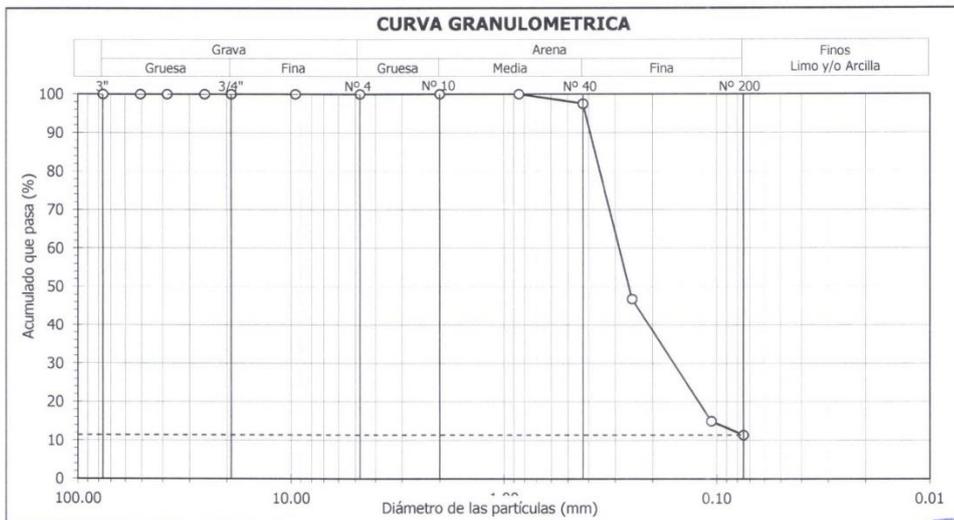
Informe : LG19-072 Fecha : Mayo, 2019  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario  
Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima  
Sondaje : C - 2 Hoja : 1 de 1  
Muestra : M - 4  
Profundidad (m) : 2.40 - 4.00

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.850	100.0
N° 40	0.425	97.5
N° 60	0.250	46.8
N° 140	0.106	15.0
N° 200	0.075	11.4

Contenido de humedad - D2216		
	Contenido de humedad (%)	3.5
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido (%)	NP
	Límite Plástico (%)	NP
	Índice de Plasticidad (%)	NP
	Límite de Contracción - D4943 (%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ N° 4 < φ < 3" ] (%)	0.0
	Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ] (%)	88.6
	Finos [ φ < N° 200 ] (%)	11.4

Clasificación - D3282 / D2487  
AASHTO SUCS

**A-2-4 (0) SP - SM Arena mal gradada con limo**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

DAVID G. LUNA DUR

ING. CIVIL - CP. 4396



## ANEXO 8: Ensayos de caracterización física C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Fecha : Mayo, 2019

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 2  
Muestra : M - 3  
Profundidad (m) : 1.67 - 2.40

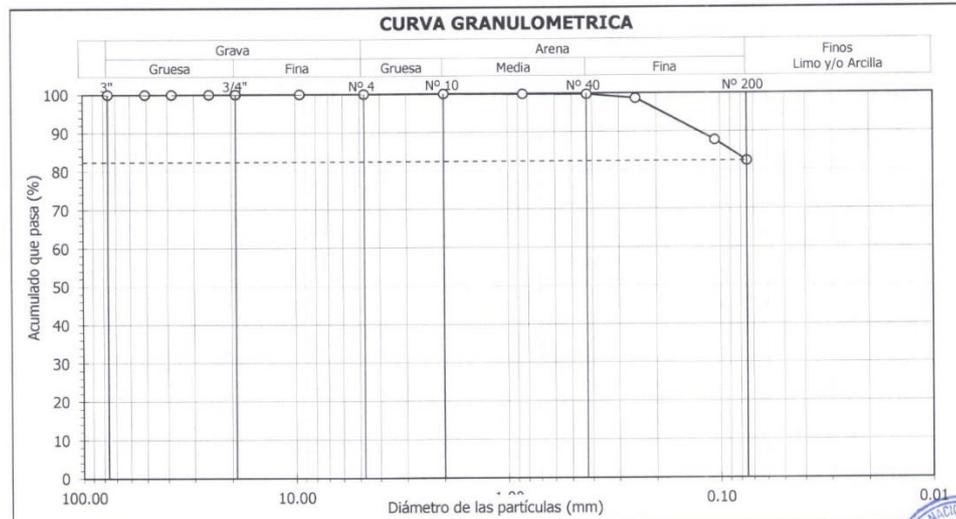
Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.850	99.9
N° 40	0.425	99.8
N° 60	0.250	98.7
N° 140	0.106	87.8
N° 200	0.075	82.4

Contenido de humedad - D2216	(%)	20.5
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido (%)	44
	Límite Plástico (%)	21
	Índice de Plasticidad (%)	23
Límite de Contracción - D4943	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ N° 4 < φ < 3" ] (%)	0.0
	Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ] (%)	17.6
Finos [ φ < N° 200 ] (%)	(%)	82.4

Clasificación - D3282 / D2487  
AASHTO SUCS

**A-7-6 (19) CL Arcilla delgada con arena**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

*David C. Luna Du*  
DAVID C. LUNA DU  
ING. CIVIL - CIP. 43988



## ANEXO 9: Ensayos de caracterizaciones físicas C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Fecha : Mayo, 2019

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 2  
Muestra : M - 2  
Profundidad (m) : 0.80 - 1.67

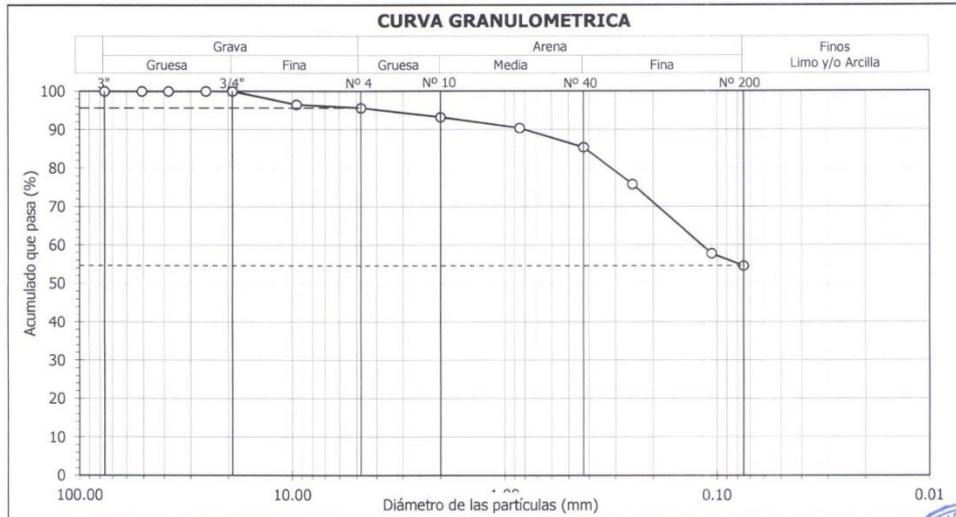
Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	96.5
N° 4	4.750	95.6
N° 10	2.000	93.2
N° 20	0.850	90.4
N° 40	0.425	85.4
N° 60	0.250	75.8
N° 140	0.106	57.8
N° 200	0.075	54.6

Contenido de humedad - D2216		
		(%) 8.7
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido	(%) 36
	Límite Plástico	(%) 23
	Índice de Plasticidad	(%) 13
	Límite de Contracción - D4943	(%) ---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	---
	Grava [ N° 4 < φ < 3" ]	(%) 4.4
	Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ]	(%) 41.0
	Finos [ φ < N° 200 ]	(%) 54.6

Clasificación - D3282 / D2487  
AASHTO SUCS

**A-6 (5) CL Arcilla delgada arenosa**



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

*David G. Luna Dur*  
**DAVID G. LUNA DUR**  
ING. CIVIL - CIP. 43988



**ANEXO 10: Ensayos de caracterización físicas C-1**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

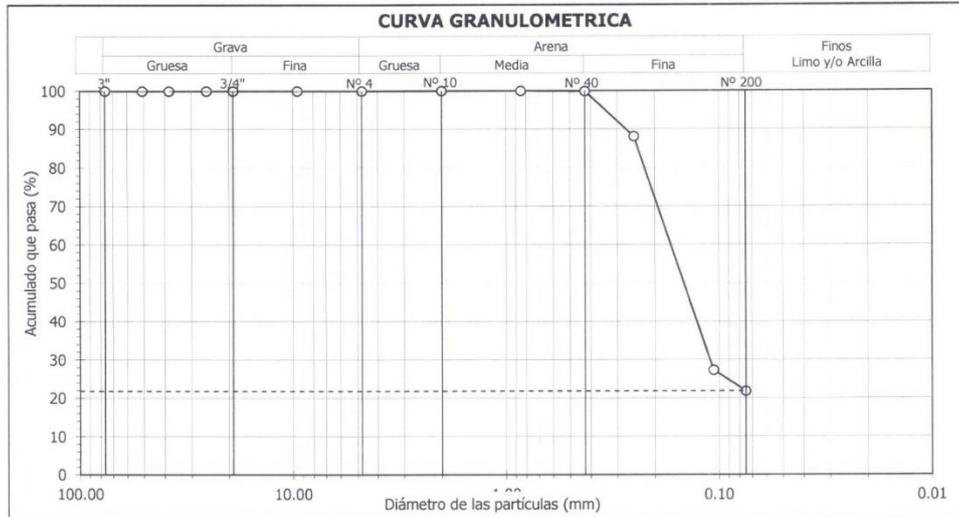
Informe : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario  
Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima  
Fecha : Mayo, 2019

Sondaje : C - 1  
Muestra : M - 1  
Profundidad (m) : 2.45 - 4.00  
Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 4	4.750	100.0
N° 10	2.000	100.0
N° 20	0.850	100.0
N° 40	0.425	99.9
N° 60	0.250	88.1
N° 140	0.106	27.3
N° 200	0.075	21.8

Contenido de humedad - D2216	(%)	8.0
Límites de consistencia D4318	(%)	NP
Límite Líquido	(%)	NP
Límite Plástico	(%)	NP
Índice de Plasticidad	(%)	NP
Límite de Contracción - D4943	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado		
Grava [ N° 4 < φ < 3" ]	(%)	0.0
Arena [ N° 200 < φ < N° 4 ]	(%)	78.2
Finos [ φ < N° 200 ]	(%)	21.8
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---

Clasificación - D3282 / D2487	
AASHTO	SUCS
<b>A-2-4 (0) SM Arena limosa</b>	



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

*David G. Luna Dun*  
**DAVID G. LUNA DUN**  
ING. CIVIL - C.I.P. 43988

**ANEXO 11: Ensayo de expansión de carga controlada (Metodo A) – ASTM D 4545 C-2**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 004061**

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME S19 - 333-1-3

SOLICITADO : ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ  
PROYECTO : I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO  
UBICACIÓN : SAN MARTIN DE PORRRES - LIMA - LIMA  
FECHA : 30 DE ABRIL 2019

**ENSAYO DE EXPANSIÓN DE CARGA CONTROLADA (MÉTODO A) - ASTM D 4546**

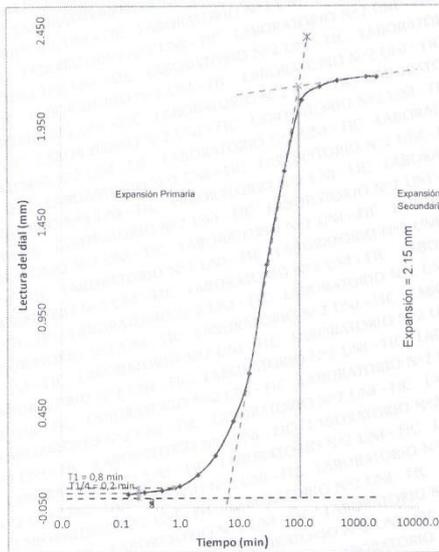
Calicata : C-2  
Muestra : M-3  
Prof. (m) : 1.67 - 2.40

**CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN**

	INICIAL	FINAL
Diámetro(mm)	112.40	112.40
Altura(mm)	38.10	40.30
Densidad Seca (gr/cm3)	1.58	1.49
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.80	1.89
Húmedad (%)	13.99	26.93
Saturación (%)	52.66	89.07
Gravedad de sólidos (Gs)	2.71	2.71
Relacion de vacios (e)	0.721	0.820

ETAPA DE EXPANSIÓN		
Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Expansion Libre (%)
0	0.000	0.00
0.13	0.020	0.05
0.25	0.030	0.08
0.5	0.040	0.10
1	0.060	0.16
2	0.120	0.31
4	0.220	0.58
8	0.400	1.05
15	0.650	1.71
30	1.220	3.20
60	1.710	4.49
120	2.080	5.46
240	2.150	5.64
480	2.180	5.72
1440	2.200	5.77
2160	2.200	5.77

EXPANSIÓN LIBRE (%) : **5.65**



**ETAPA DE CONSOLIDACION**

Presion (kg/cm2)	Lectura dial (mm)	e
0.00	2.200	0.820
0.25	1.150	0.773
0.50	0.240	0.732
1.00	-0.840	0.683

Presión de control: **0.583 kg/cm2**

Nota: La muestra se remoldó con la densidad del Peso Volumétrico  
Muestra remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Tec. P. Huambo Ch  
Revisión : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

## ANEXO 12: Ensayo de Expansión libre C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004063

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S19 - 333-1-2

SOLICITADO : ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ  
PROYECTO : I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO  
UBICACIÓN : SAN MARTÍN DE PORRRES - LIMA - LIMA  
FECHA : 30 DE ABRIL 2019

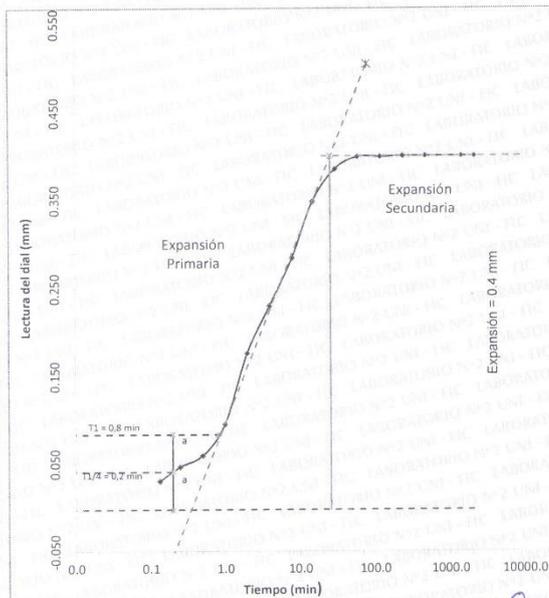
### ENSAYO DE EXPANSION LIBRE

Estado : Inalterado  
Calicata : C-2  
Muestra : M-3  
Prof. (m.) : 1.67 - 2.40

### CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN

	INICIAL	FINAL
Diámetro(mm)	63.7	63.7
Altura(mm)	25.0	25.4
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.51
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.76	1.92
Húmedad (%)	14.96	27.31
Saturación (%)	52.9	93.1
Gravedad de solidos (Gs)	2.71	2.71
Relacion de vacios (e)	0.767	0.796

ETAPA DE EXPANSIÓN		
Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Expansión Libre (%)
0	0.000	0.00
0.13	0.030	0.12
0.25	0.046	0.18
0.5	0.059	0.24
1	0.095	0.38
2	0.176	0.70
4	0.230	0.92
8	0.284	1.14
15	0.348	1.39
30	0.385	1.54
60	0.399	1.60
120	0.399	1.60
240	0.400	1.60
480	0.400	1.60
1440	0.400	1.60
2160	0.400	1.60



EXPANSIÓN LIBRE (%) : **1.61**

Ejecutado por : Téc. D. Del Rio R.  
Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

**ANEXO 13: Reporte de ensayos de laboratorio C-2**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 004064**

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**INFORME N° S19 - 333-1-1**

SOLICITANTE : ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ  
PROYECTO : I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO  
UBICACIÓN : SAN MARTÍN DE PORRRES - LIMA - LIMA  
FECHA : 30 DE ABRIL 2019

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-2  
Muestra : M-3  
Prof. (m.) : 1.67 - 2.40

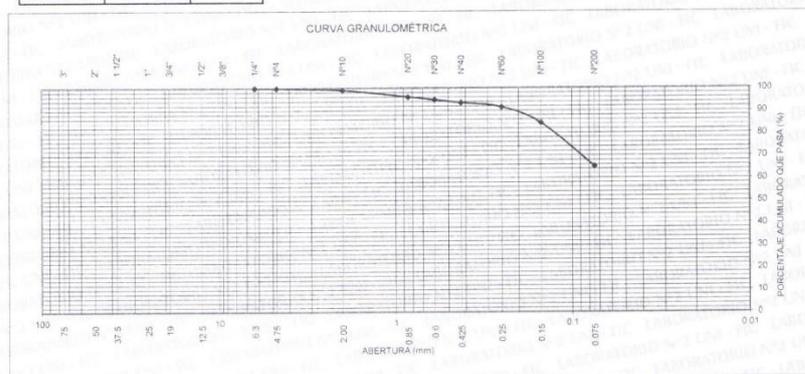
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422**

Tamiz	Abertura (mm)	%		
		Parcial Retenido	Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-
3/8"	9.500	-	-	-
1/4"	6.300	-	-	100.0
N°4	4.750	0.1	0.1	99.9
N°10	2.000	0.8	1.0	99.0
N°20	0.850	3.0	4.0	96.0
N°30	0.600	1.3	5.3	94.7
N°40	0.425	1.3	6.5	93.5
N°60	0.250	2.0	8.5	91.5
N°100	0.150	7.1	15.6	84.4
N°200	0.075	19.3	34.9	65.1
FONDO		65.1		

% Grava	: 0.1
% Arena	: 34.8
% Finos	: 65.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido	: 28
Límite Plástico	: 20
Índice Plástico	: 8

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CL



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por : Téc. D. Del Río N.  
Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

**ANEXO 14: Ensayos de expansión de carga controlada (Método A) – ASTM D 4546**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 004056**

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME S19 - 333-2-3

SOLICITADO : **ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ**  
PROYECTO : **I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**  
UBICACIÓN : **SAN MARTÍN DE PORRRES - LIMA - LIMA**  
FECHA : **30 DE ABRIL 2019**

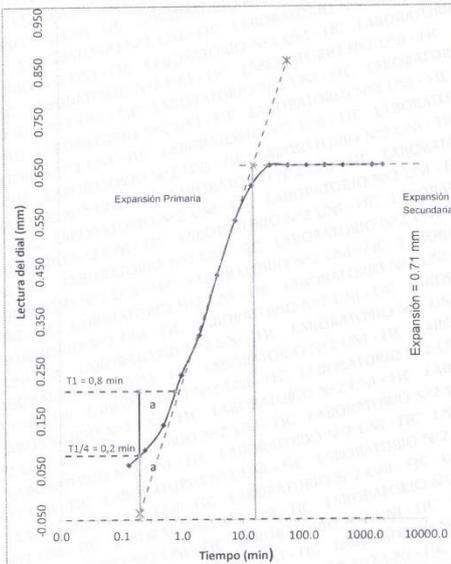
**ENSAYO DE EXPANSIÓN DE CARGA CONTROLADA (MÉTODO A) - ASTM D 4546**

Calicata : C-3  
Muestra : M-2  
Prof. (m.) : 1.45 - 2.90

**CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN**

	INICIAL	FINAL
Diámetro(mm)	112.50	112.50
Altura(mm)	38.10	38.76
Densidad Seca (gr/cm3)	1.64	1.61
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.88	1.99
Humedad (%)	14.49	23.63
Saturación (%)	59.68	93.26
Gravedad de sólidos (Gs)	2.72	2.72
Relacion de vacios (e)	0.660	0.689

ETAPA DE EXPANSIÓN		
Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Expansion Libre (%)
0	0.000	0.00
0.13	0.060	0.16
0.25	0.090	0.24
0.5	0.140	0.37
1	0.240	0.63
2	0.320	0.84
4	0.440	1.15
8	0.550	1.44
15	0.620	1.63
30	0.660	1.73
60	0.660	1.73
120	0.660	1.73
240	0.660	1.73
480	0.660	1.73
1440	0.660	1.73



EXPANSIÓN LIBRE (%) : **1.86**

**ETAPA DE CONSOLIDACION**

Presion (kg/cm2)	Lectura dial (mm)	e
0.00	0.660	0.689
0.25	0.032	0.662
0.50	-0.500	0.639

Presión de control: **0.261 kg/cm2**

Muestra remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Tec. P. Huambo Ch.

Revisión : Ing. D. Basurto R.



*[Signature]*  
Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

**ANEXO 15: Ensayo de expansión libre C-3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 004057**

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**INFORME N° S19 - 333-2-2**

**SOLICITADO** : ING. CARLOS TARAZONA LOPEZ  
**PROYECTO** : I.E. N° 000-3 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO  
**UBICACIÓN** : SAN MARTÍN DE PORRRES - LIMA - LIMA  
**FECHA** : 30 DE ABRIL 2019

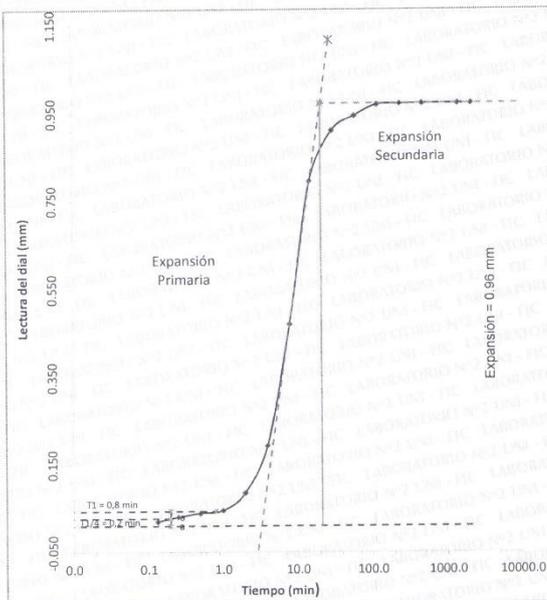
**ENSAYO DE EXPANSION LIBRE**

**Estado** : Inalterado  
**Calicata** : C-3  
**Muestra** : M-2  
**Prof. (m.)** : 1.45 - 2.90

**CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN**

	INICIAL	FINAL
Diámetro(mm)	63.5	63.5
Altura(mm)	25.2	26.2
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.48	1.43
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.72	1.83
Húmedad (%)	15.95	27.76
Saturación (%)	52.2	83.7
Gravedad de solidos (Gs)	2.72	2.72
Relacion de vacios (e)	0.832	0.903

ETAPA DE EXPANSIÓN		
Tiempo (min)	Lectura Dial (mm)	Expansión Libre (%)
0	0.000	0.00
0.13	0.020	0.08
0.25	0.030	0.12
0.5	0.039	0.15
1	0.045	0.18
2	0.085	0.34
4	0.193	0.77
8	0.470	1.87
15	0.794	3.15
30	0.910	3.61
60	0.944	3.75
120	0.969	3.85
240	0.971	3.85
480	0.972	3.86
1440	0.972	3.86
2160	0.972	3.86



**EXPANSIÓN LIBRE (%) :** **3.82**

Ejecutado por : Téc. D. Del Rio R.  
Revisado por : Ing. D. Basurto R.



*[Signature]*  
Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842  
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms\_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

**ANEXO 16: Ensayo de compresión triaxial C-2**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres**  
**Laboratorio Geotécnico**



**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL**

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

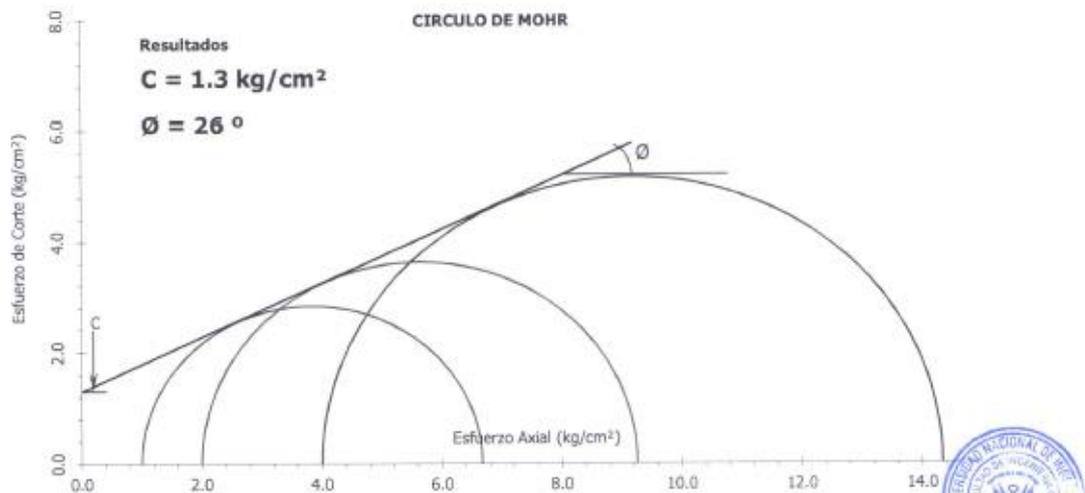
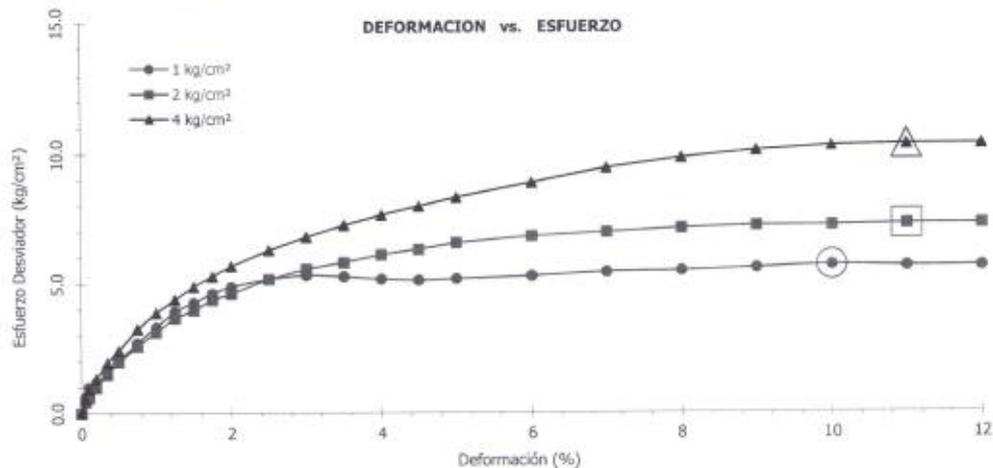
Informe N° : LG19-072  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Fecha : Mayo, 2019

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 2  
Muestra : M - 3  
Profundidad (m) : 1.67 - 2.40  
Estado : Inalterado

Hoja : 4 de 4  
AASHTO : A-7-6 (19)  
SUCS : CL // Arcilla delgada con arena  
Velocidad : 0.5 mm/min



Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421  
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

*David G. Luna Duran*  
**DAVID G. LUNA DURAN**  
ING. CIVIL - CIP. 43968



## ANEXO 17: Ensayo de compresión triaxial C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe N° : LG19-072 Fecha : Mayo, 2019  
Solicitante : ING. CARLOS TARAZONA LÓPEZ  
Proyecto : I. E. N° 0003 Nuestra Señora del Rosario

Ubicación : Dist. San Martín de Porres, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 2 Hoja : 3 de 4  
Muestra : M - 3 AASHTO : A-7-6 (19)  
Profundidad (m) : 1.67 - 2.40 SUCS : CL // Arcilla deigada con arena  
Estado : Inalterado Velocidad : 0.5 mm/min

**PRESION DE CELDA : 4 kg/cm<sup>2</sup>**

#### Datos iniciales del espécimen

Díámetro : 4.9 cm  
Altura : 9.92 cm  
Humedad : 18 %  
Densidad seca : 1.66 g/cm<sup>3</sup>

#### Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	p (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kg/cm <sup>2</sup> )	q/p	Oblicuidad ( $\sigma_1/\sigma_3$ )
0.00	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.56	4.56	4.28	0.28	0.07	1.14
0.10	0.95	4.95	4.48	0.48	0.11	1.24
0.20	1.35	5.35	4.67	0.67	0.14	1.34
0.35	1.97	5.97	4.98	0.98	0.20	1.49
0.50	2.41	6.41	5.21	1.21	0.23	1.60
0.75	3.26	7.26	5.63	1.63	0.29	1.81
1.00	3.88	7.88	5.94	1.94	0.33	1.97
1.25	4.38	8.38	6.19	2.19	0.35	2.10
1.50	4.89	8.89	6.44	2.44	0.38	2.22
1.75	5.28	9.28	6.64	2.64	0.40	2.32
2.00	5.67	9.67	6.84	2.84	0.41	2.42
2.50	6.29	10.29	7.15	3.15	0.44	2.57
3.00	6.80	10.80	7.40	3.40	0.46	2.70
3.50	7.24	11.24	7.62	3.62	0.48	2.81
4.00	7.64	11.64	7.82	3.82	0.49	2.91
4.50	7.97	11.97	7.99	3.99	0.50	2.99
5.00	8.31	12.31	8.16	4.16	0.51	3.08
6.00	8.87	12.87	8.44	4.44	0.53	3.22
7.00	9.44	13.44	8.72	4.72	0.54	3.36
8.00	9.83	13.83	8.91	4.91	0.55	3.46
9.00	10.11	14.11	9.05	5.05	0.56	3.53
10.00	10.28	14.28	9.14	5.14	0.56	3.57
11.00	10.33	14.33	9.17	5.17	0.56	3.58
12.00	10.33	14.33	9.17	5.17	0.56	3.58

#### Observaciones :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

*Benal* 

### ANEXO 18: Clasificación de suelos expansivos

TABLA 11 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS			
Potencial de expansión $E_p$	Expansión en consolidómetro, bajo presión vertical de 7 kPa (0,07 kgf/cm <sup>2</sup> )	Índice de plasticidad $IP$	Porcentaje de partículas menores que dos micras
%	%	%	%
Muy alto	> 30	> 32	> 37
Alto	20 – 30	23 – 45	18 – 37
Medio	10 – 20	12 – 34	12 – 27
Bajo	< 10	< 20	< 17

Ref.: Earth Manual, U.S. Bureau of Reclamation (1998)

**Fuente:** Artículo 37.3 Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

### ANEXO 19

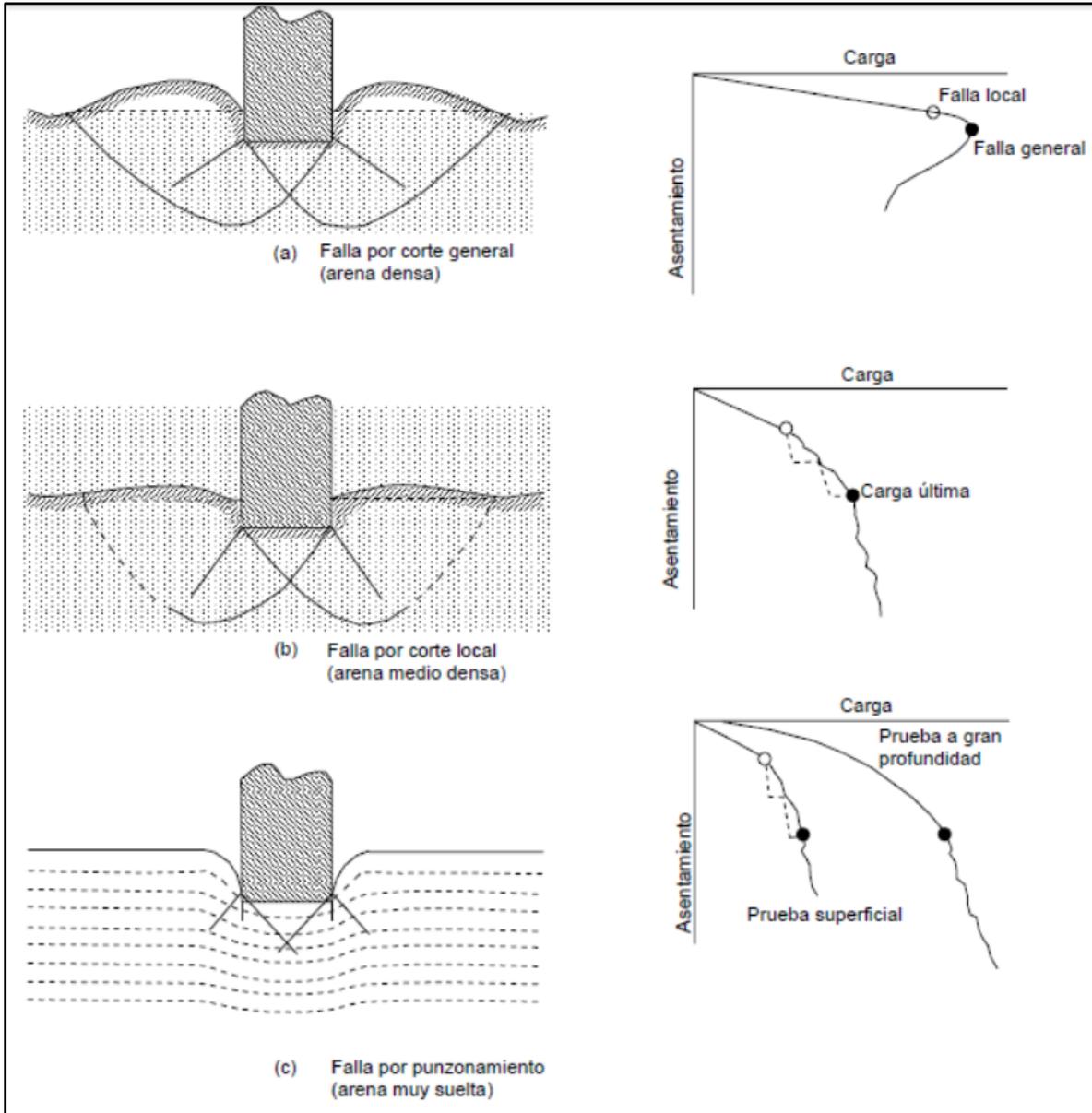
**Artículo 21.- Factor de seguridad frente a una falla por corte**

Los factores de seguridad mínimos que deben tener las cimentaciones son los siguientes:

- 21.1. Para cargas estáticas: 3,0
- 21.2. Para sollicitación máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable): 2,5

**Fuente:** Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

**ANEXO 20: Curva carga – Asentamiento y Zonas de falla en pruebas modelos en Arena**



**Fuente:** Libro Ing. Jorge Alva – Cimentaciones Superficiales

### ANEXO 21: Metodo Elástico para el cálculo de asentamiento inmediatos

$$\text{Formula : } S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

- Simbología :
- $S_i$  = Asentamiento Probable (cm)
  - $\mu$  = Relación de Poisson ( adimensional)
  - $E_s$  = Módulo de Elasticidad (ton/m<sup>2</sup>)
  - $I_f$  = Factor de Forma (cm/m)
  - $q$  = Presión de Trabajo (ton/m<sup>2</sup>)
  - $B$  = Ancho de La Cimentación (m)

#### Cuadros Auxiliares

TIPO DE SUELO	$E_s$ (ton/m <sup>2</sup> )	TIPO DE SUELO	$\mu$ (-)
ARCILLA MUY BLANDA	30 - 300	ARCILLA: SATURADA	0.4 - 0.5
BLANDA	200 - 400	NO SATURADA	0.1 - 0.3
MEDIA	450 - 900	ARENOSA	0.2 - 0.3
DURA	700 - 2000	LIMO	0.3 - 0.35
ARCILLA ARENOSA	3000 - 4250	ARENA : DENSA	0.2 - 0.4
SUELOS GRACIARES	1000 - 16000	DE GRANO GRUESO	0.15
LOESS	1500 - 6000	DE GRANO FINO	0.25
ARENA LIMOSA	500 - 2000	ROCA	0.1 - 0.4
ARENA : SUELTA	1000 - 2500	LOESS	0.1 - 0.3
DENSA	5000 - 10000	HIELO	0.36
GRAVA ARENOSA : DENSA	8000 - 20000	CONCRETO	0.15
SUELTA	5000 - 14 000		
ARCILLA ESQUISTOSA	14000 - 140000		
LIMOS	200 - 2000		

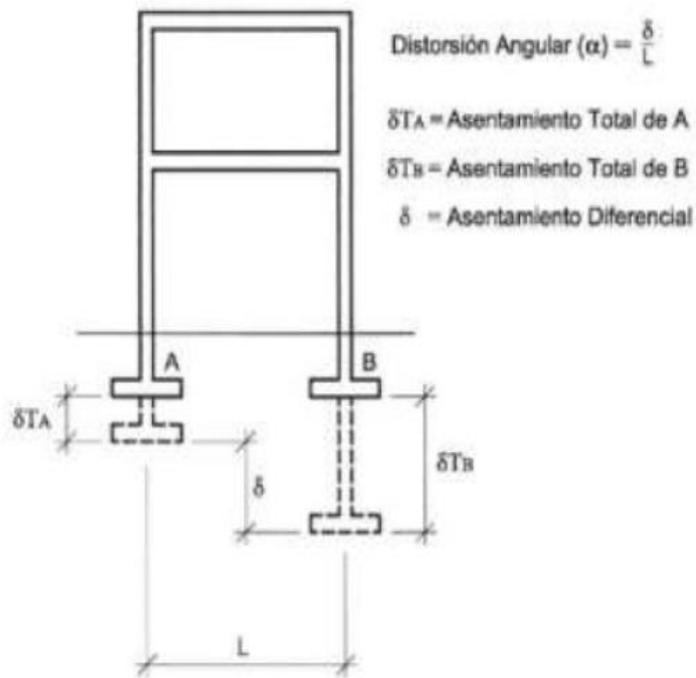
Fuente: Libro Ing. Jorge Alva – Cimentaciones Superficiales

## ANEXO 22: Asentamiento tolerante

### Artículo 19.- Asentamiento tolerable

- 19.1. Todo **EMS** debe indicar el asentamiento tolerable que se ha considerado para la edificación o estructura motivo del estudio. El Asentamiento Diferencial (Figura 4) no debe ocasionar una distorsión angular mayor que la indicada en la Tabla 8.
- 19.2. En el caso de suelos granulares el asentamiento diferencial se puede estimar como el 75% del asentamiento total.

**FIGURA 4**  
**Asentamiento Diferencial**



**Fuente:** Artículo 19.1- Norma E.050 suelos y cimentaciones

**Imagen 5.** *Vista panoramica de la Calicata C-1*



**Imagen 6.** *Vista del ensayo de densidad en la calicata C-1*



**Imagen 7.** *Vista de la estratigrafía de la calicata C-1*



**Imagen 8.** Vista panorámica de la calicata C-2



*Imagen 9. Vista del ensayo de densidad en la calicata C-1*



**Imagen 10.** Vista de la estratigrafía de la calicata C-1



**Imagen 11.** *Vista panoramica de la Calicata C-3*



**Imagen 12.** *Vista de la estratigrafía de la calicata C-2*



**Imagen 13.** *Vista panoramica de la Calicata C-4*



**Imagen 14.** *Vista de la estratigrafía de la calicata C-2*



## ANEXO 23 PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS I.E. 003 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO

