



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN EL DISEÑO DE  
MUROS CON ANCLAJE TEMPORAL EN UN SÓTANO DEL  
PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO BREÑA - LIMA**

PRESENTADA POR

**JOEL NILO ESPINOZA OCHOA**

**FELIX LAUREANO CHATE AÑANCA**

ASESOR

**ARMANDO NAVARRO PEÑA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial – Compartir igual  
CC BY-NC-SA**

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN EL DISEÑO DE  
MUROS CON ANCLAJE TEMPORAL EN UN SÓTANO DEL  
PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
BREÑA - LIMA**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**ESPINOZA OCHOA, JOEL NILO  
CHATE AÑANCA, FELIX LAUREANO**

**LIMA - PERÚ**

**2018**

### **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a Dios, quien me guía por el camino del bien. A mis padres, Nilo, América, y a mis hermanos; por su apoyo, comprensión y compañía durante todos los años de mi vida. Quiero que sientan que este pequeño logro también es de ustedes, y espero que estén felices y orgullosos porque prometo seguir adelante.

**Joel Nilo, Espinoza Ochoa**

### **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a Dios, quien me guía por el camino del bien. A mis padres, Laureano y Sofía, por su apoyo, comprensión y compañía durante todos los años de mi vida. Quiero que sientan que este pequeño logro también es de ustedes, y espero que estén felices y orgullosos, porque prometo seguir adelante.

**Felix Laureano, Chate Añanca**

### **Agradecimiento**

A la Universidad de San Martín de Porres, por brindar todos los conocimientos requeridos para nuestra formación, a lo largo de nuestra carrera universitaria. Al Dr. Armando Navarro Peña y Mg. Ing. Ernesto Antonio Villar Gallardo, por la orientación y paciencia brindadas para el correcto desarrollo de la presente tesis.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Situación problemática .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.4 Justificación e importancia.....	3
1.5 Alcances y limitaciones .....	3
1.6 Viabilidad.....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes de la investigación .....	6
2.2 Bases teóricas .....	7
2.2.1 Estudio de mecánica de suelo .....	7
2.2.2 Muros anclados .....	14
2.3 Definición de términos básicos.....	30
2.4 Hipótesis .....	32
2.4.1 Hipótesis general.....	32
2.4.2 Hipótesis específicas .....	32
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>33</b>
3.1 Diseño de investigación.....	33
3.2 Tipo de investigación.....	33
3.3 Nivel de investigación.....	34
3.4 Variables .....	34
3.4.1 Operacionalización de las variables.....	34
3.5 Población y muestra.....	36
3.6 Técnicas de investigación.....	36

3.7	Instrumentos de recolección de datos .....	37
3.8	Técnicas de recolección de datos .....	37
3.9	Procesamiento y análisis estadístico de los datos .....	38
3.10	Cronograma de actividades .....	38
	<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO</b> .....	40
4.1	Caso de investigación .....	40
4.1.1	Ubicación del área de estudio .....	40
4.1.2	Ubicación geográfica .....	41
4.2	Análisis de estudio de suelos .....	41
4.2.1	Excavación de calicatas .....	41
4.2.2	Trabajo de campo .....	42
4.2.3	Muestreo y registro de excavaciones .....	44
	<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b> .....	48
5.1	Ensayos de laboratorio .....	48
5.1.1	Estudio de granulometría .....	48
5.1.2	Estudio de humedad .....	62
5.1.3	Estudio de densidad seca .....	71
5.1.4	Estudio de resistencia del aire .....	84
	<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN</b> .....	97
	CONCLUSIONES .....	98
	RECOMENDACIONES .....	99
	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	100
	ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología de tipos de suelo .....	8
Tabla 2. Sistema de clasificación SUCS .....	9
Tabla 3. Tensionamiento .....	28
Tabla 4. Variables.....	34
Tabla 5. Operacionalización de variables .....	35
Tabla 6. Cronograma de actividades .....	39
Tabla 7. Ubicación de calicatas .....	41
Tabla 8. Resumen de las calicatas .....	41
Tabla 9. Resumen de muestras obtenidas de las calicatas.....	44
Tabla 10. Profundidad de calicata C-1 .....	45
Tabla 11. Profundidad de calicata C-2.....	46
Tabla 12. Profundidad de calicata C-3.....	47
Tabla 13. Tabla granulométrica calicata C-1 / M-1 .....	49
Tabla 14. Tabla granulométrica calicata C-1 / M-2.....	50
Tabla 15. Tabla granulométrica calicata C-1 / M-3.....	52
Tabla 16. Tabla granulométrica calicata C-2 / M-1 .....	54
Tabla 17. Tabla granulométrica calicata C-2 / M-2.....	55
Tabla 18. Tabla granulométrica calicata C-2 / M-3.....	57
Tabla 19. Tabla granulométrica calicata C-3 / M-1 .....	59
Tabla 20. Tabla granulométrica calicata C-3 / M-2.....	60
Tabla 21. Porcentaje de humedad de las calicatas .....	64
Tabla 22. Descripción de la calicata C-1 .....	65
Tabla 23. Límite de Atterberg / Calicata C-1 / M-1 .....	65
Tabla 24. Resultado de límites calicata C-1 / M-1 .....	66
Tabla 25. Descripción de la calicata C-2.....	67
Tabla 26. Límite de Atterberg / Calicata C-2 / M-1 .....	67
Tabla 27. Resultado de límites calicata C-2 / M-1 .....	68
Tabla 28. Descripción de la calicata C-3.....	69
Tabla 29. Límite de Atterberg / Calicata C-3 / M-1 .....	69
Tabla 30. Resultado de límites calicata C-3 / M1 .....	70
Tabla 31. Promedio general obtenido del estudio de humedad.....	71
Tabla 32. Descripción de la calicata C-1 .....	71
Tabla 33. Densidad de campo de la calicata C-1 .....	72
Tabla 34. Mínima densidad.....	73
Tabla 35. Máxima densidad / Calicata C-1 / Datos básicos .....	73
Tabla 36. Máxima densidad / Calicata C-1 / Resultados .....	73
Tabla 37. Resumen de los ensayos de densidad.....	74
Tabla 38. Descripción del suelo según la densidad relativa .....	74
Tabla 39. Descripción de la Calicata C-2 .....	75
Tabla 40. Densidad de campo / calicata C-2.....	76
Tabla 41. Mínima densidad / calicata C-2 .....	77
Tabla 42. Máxima densidad / calicata C-2 / Datos básicos .....	77
Tabla 43. Máxima densidad / calicata C-2 / Resultados.....	77

Tabla 44. Resumen de los ensayos de densidad.....	78
Tabla 45. Descripción del suelo según la densidad relativa .....	78
Tabla 46. Descripción de la calicata C-3 .....	79
Tabla 47. Densidad de campo de la calicata C-3.....	80
Tabla 48. Mínima densidad / calicata C-3 .....	81
Tabla 49. Máxima densidad / calicata C-3 / Datos básicos .....	81
Tabla 50. Máxima densidad / calicata C-3 / Resultados.....	81
Tabla 51. Resumen de los ensayos de densidad.....	82
Tabla 52. Descripción del suelo según la densidad relativa .....	82
Tabla 53. Promedio general obtenido del estudio de densidad seca.....	83
Tabla 54. Descripción del suelo según la densidad relativa .....	83
Tabla 55. Descripción de la calicata C-1 .....	84
Tabla 56. Resultados de calicata C-1 / M-3 .....	85
Tabla 57. Resumen del ensayo de corte directo .....	86
Tabla 58. Cálculo de coeficiente de empuje.....	87
Tabla 59. Descripción de la calicata C-2.....	88
Tabla 60. Resultados de calicata C-2 / M-3 .....	89
Tabla 61. Resumen del ensayo de corte directo .....	90
Tabla 62. Cálculo de coeficiente de empuje.....	91
Tabla 63. Descripción de la calicata C-3.....	92
Tabla 64. Resultados de calicata C-3 / M-2 .....	93
Tabla 65. Resumen del ensayo de corte directo .....	94
Tabla 66. Cálculo de coeficiente de empuje.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Presión lateral de tierra en reposo sobre una pared.....	13
<i>Figura 2.</i> Presión de tierra en reposo para un suelo sumergido parcialmente.....	13
<i>Figura 3.</i> Anclajes de barra.....	15
<i>Figura 4.</i> Anclajes de cables.....	15
<i>Figura 5.</i> Anclaje temporal.....	16
<i>Figura 6.</i> Anclaje permanente.....	16
<i>Figura 7.</i> Inyección única (a).....	18
<i>Figura 8.</i> Inyección única (b).....	18
<i>Figura 9.</i> Inyección repetitiva (a).....	19
<i>Figura 10.</i> Inyección repetitiva (b).....	19
<i>Figura 11.</i> Inyección selectiva repetitiva.....	20
<i>Figura 12.</i> Excavación de los módulos o paños.....	21
<i>Figura 13.</i> Perforación del terreno.....	22
<i>Figura 14.</i> Instalación del anclaje.....	23
<i>Figura 15.</i> Habilitación y colocación del acero de refuerzo.....	25
<i>Figura 16.</i> Habilitación y encofrado de los muros.....	25
<i>Figura 17.</i> Colocación de concreto.....	26
<i>Figura 18.</i> Curado y protección del concreto.....	27
<i>Figura 19.</i> Tensionamiento.....	28
<i>Figura 20.</i> Tensado del anclaje.....	29
<i>Figura 21.</i> Secuencia de desarrollo de actividades.....	36
<i>Figura 22.</i> Ubicación del área de estudio.....	40
<i>Figura 23.</i> Ubicación del área de estudio – Calicata 01.....	42
<i>Figura 24.</i> Ubicación del área de estudio – Calicata 02.....	43
<i>Figura 25.</i> Ubicación del área de estudio – Calicata 03.....	43
<i>Figura 26.</i> Curva granulométrica calicata C-1 / M-1.....	50
<i>Figura 27.</i> Curva granulométrica calicata C-1 / M-2.....	51
<i>Figura 28.</i> Curva granulométrica calicata C-1 / M-3.....	53
<i>Figura 29.</i> Curva granulométrica calicata C-2 / M1.....	55
<i>Figura 30.</i> Curva granulométrica calicata C-2 / M-2.....	56
<i>Figura 31.</i> Curva granulométrica calicata C-2 / M-3.....	58
<i>Figura 32.</i> Curva granulométrica calicata C-3 / M-1.....	60
<i>Figura 33.</i> Curva granulométrica calicata C-3 / M-2.....	61
<i>Figura 34.</i> Determinación del límite líquido del suelo.....	65
<i>Figura 35.</i> Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1.....	66
<i>Figura 36.</i> Determinación del límite líquido del suelo.....	67
<i>Figura 37.</i> Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1.....	68
<i>Figura 38.</i> Determinación del límite líquido del suelo.....	69
<i>Figura 39.</i> Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1.....	70
<i>Figura 40.</i> Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-1 / M-3.....	86
<i>Figura 41.</i> Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-1 / M-3.....	86
<i>Figura 42.</i> Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-2 / M-3.....	90
<i>Figura 43.</i> Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-2 / M-3.....	90
<i>Figura 44.</i> Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-3 / M-2.....	94
<i>Figura 45.</i> Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-3 / M-2.....	94

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal a partir de un programa de pruebas de laboratorio.

La finalidad del estudio de la granulometría es determinar la curva granulométrica, la cual indica el diámetro de las partículas que se utilizaron en las muestras de laboratorio y así identificar el tipo de suelo presente en el proyecto. Al definir el tipo de suelo, se establece el tipo de inyección a utilizar y que se le aplicara al suelo para un mejor sostenimiento del anclaje. Resultados: se obtuvo un porcentaje de humedad natural el cual permite saber qué tipo de resistencia debe de tener el muro de pantalla (concreto); asimismo, en cuanto a la densidad seca del suelo se obtuvo el grado de compactación mediante el ensayo de cono de arena que permite conocer el tipo de inyección. Se concluyó con la determinación del esfuerzo cortante o capacidad portante del suelo; de igual modo, la cohesión y el ángulo de fricción interna de la muestra del suelo, con la finalidad de determinar la capacidad de carga que puede obtener un bulbo de anclaje sobre el tipo de suelo y el espesor del muro pantalla. Conclusión: se hizo estudios de mecánica de suelos de la granulometría, resistencia del suelo, densidad seca, humedad del suelo. El análisis de datos se hizo en base a cuadros y gráficos; con ello, se realizó el diseño de los muros anclados temporalmente.

**Palabras claves:** Estudio de mecánica de suelos, diseño de muros anclados temporalmente.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the influence of the study of soil mechanics in the design of walls with temporary anchoring from a laboratory test program.

The purpose of the study of the granulometry is to determine the granulometric curve, which indicates the diameter of the particles that were used in the laboratory samples and thus identify the type of soil present in the project. When defining the type of soil, the type of injection to be used is established and applied to the soil for a better anchoring. Results: a percentage of natural humidity was obtained which allows to know what type of resistance should have the screen wall (concrete); Likewise, in terms of the dry density of the soil, the degree of compaction was obtained by means of the sand cone test, which allows knowing the type of injection. It was concluded with the determination of the shear stress or load bearing capacity of the soil; Likewise, the cohesion and the internal friction angle of the soil sample, in order to determine the load capacity that an anchor bulb can obtain on the type of soil and the thickness of the screen wall. Conclusion: soil mechanics studies were carried out on granulometry, soil resistance, dry density, soil moisture. The data analysis was done based on tables and graphs; with this, the design of the temporarily anchored walls was made.

Keywords: Study of soil mechanics, design of temporarily anchored walls

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el ámbito de la construcción, se utiliza el sistema de Muros Anclados como sostenimientos temporales, conocidos en el Perú como Muros Pantalla. Este sistema consiste en la realización de un movimiento de tierras para la ejecución de cortes o excavaciones en los proyectos. Actualmente, el tipo de suelo es fundamental para la construcción de los muros anclados, razón por la cual, en el presente proyecto, se ha ejecutado, previamente a la edificación, un estudio de mecánica de suelos, el cual, tiene como finalidad el diseño de muros anclados temporalmente.

La mecánica de suelos desarrolla la importancia de determinar el estudio de granulometría, humedad del suelo, densidad seca y resistencia del suelo. Dichos ensayos de laboratorio permiten determinar las condiciones del estudio del suelo con el fin de optimizar el diseño de muros anclados. Ahora bien, considerando que dicho proceso es uno de los trabajos preliminares dentro de la edificación de una construcción, la no realización de los adecuados estudios previos de mecánica de suelos, podría acarrear graves daños, ya sea económicos así como también de pérdidas humanas, derrumbes o colapsos de muros anclados; puesto que habría un desconocimiento del estado real del suelo donde se pretender construir. .

La tesis está estructurada en cinco capítulos. En el primer capítulo, se presenta la situación de la problemática de la investigación, el problema, los objetivos, justificación e importancia, los alcances y limitaciones de la misma; además de la viabilidad del estudio; en el segundo capítulo, se expone los antecedentes del trabajo, las bases teóricas y la definición de términos básicos en los cuales se sustenta dicha investigación, lo que hace plausible la formulación de las hipótesis. La metodología es presentada en el tercer capítulo, esto es, el diseño, tipo y nivel de investigación. Asimismo, se presentan las variables, población y muestra, las técnicas de investigación, los instrumentos de recolección de datos utilizados, las técnicas de instrumentos de recolección de datos, el procesamiento y análisis estadísticos de los datos, así como el cronograma de actividades para realizar todo el estudio.

En el cuarto capítulo, se describe la investigación y el análisis realizado del estudio de suelos, el cual permite conocer las características del suelo de la zona. En el quinto capítulo, se detalla los datos y requerimientos mínimos del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima, materia de la presente investigación, así como también se exponen los resultados obtenidos de la tesis, tras realizar los ensayos de laboratorio correspondientes. En el capítulo de la Discusión, capítulo VI, se presenta la evaluación de los resultados, en aras a su respectiva implementación.

# **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Situación problemática**

Actualmente, en la capital de Lima, se han identificado situaciones indeseadas de colapsos y derrumbes, las cuales, muchas veces, tienen origen en un desconocimiento de metodologías que permitan evaluar la estabilidad del suelo así como de su difusión o mala aplicación.

El problema de la estabilidad se da, principalmente, debido al impacto de los movimientos del terreno por la descompresión ocurrida del talud, la cual genera la pérdida de estabilidad del suelo, sus efectos en el muro anclado temporalmente, edificaciones vecinas, así como su relación con los procedimientos constructivos; puesto que es complicado predecir el potencial de daño que sufrirán estos factores cuando estén sometidos a deformaciones del terreno causado por la excavación.

Tener un buen conocimiento del suelo específico —tal como lo advierte la presente investigación—, desde el punto de vista del estudio de la mecánica de suelos, permitirá realizar un diseño, en el cual prevalecerá la consideración de los procedimientos; especialmente se tendrá en cuenta, los procedimientos constructivos, materiales y también las consideraciones técnicas, todo ello con el fin de optimizar el proceso y garantizar así su viabilidad técnica.

En nuestro país, no existe una norma específica para el tipo de excavaciones profundas ni para la construcción de los muros anclados, propios del sistema de sostenimiento del talud. En efecto, las compañías constructoras utilizan normas de otros países, algunas buenas y otras no tanto, razón por la cual no existe la garantía requerida respecto a la seguridad. De otro lado, tampoco se ha tomado en cuenta los estudios de mecánica de suelo, consideraciones que son importantes para evitar fallas tal y como se vienen dando en los diferentes distritos de Lima.

De lo anterior, se colige la relevancia de la mecánica de suelo en tanto permite determinar el tipo de suelo ideal para el diseño de la construcción de los muros anclados, a partir de un anclaje temporal y de tal forma no generar pérdidas de recursos materiales ni económicos en un proyecto. Para ello, resulta necesario realizar el estudio de la granulometría, la humedad del suelo, la densidad seca y la resistencia del suelo.

## **1.2 Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cuál es la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?

- **Problemas específicos**

- ¿En qué medida influye el estudio de la granulometría del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?
- ¿En qué medida influye el estudio de la humedad del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?
- ¿En qué medida influye el estudio de la densidad seca del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?
- ¿En qué medida influye el estudio de la resistencia del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?

## **1.3 Objetivos**

- **Objetivo general**

Determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.

- **Objetivos específicos**

- Evaluar la influencia del estudio de la granulometría del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- Evaluar la influencia del estudio de la humedad del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- Evaluar la influencia del estudio de la densidad seca del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- Evaluar la influencia del estudio de la resistencia del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.

#### **1.4 Justificación e importancia**

El conocimiento del tipo de suelo en la proyección de nuevos diseños resulta relevante para obtener resultados óptimos. De allí la importancia del desarrollo de la presente investigación, puesto que permite determinar el tipo de suelo y su respectivo comportamiento para el diseño de muros anclados con anclaje temporal en un proyecto particular. Por tanto, conocer el valor de los ensayos en los suelos del distrito de Breña, permitirá ablandar el diseño y proponer dimensiones óptimas para los componentes de los anclajes.

El presente estudio llevado a cabo en el proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima, servirá como guía para los profesionales que ejecutan el muro pantalla con anclaje temporal, lo que les brindará un mejor criterio y desempeño en la realización de futuras obras.

#### **1.5 Alcances y limitaciones**

- **Alcances**

La presente tesis fundamenta su investigación en los estudios y resultados de algunos estudiosos, como Couto, J. (2011), citado en Tomás, R. (2015), quien señala que la mecánica de suelos constituye una disciplina

fundamental en las enseñanzas técnicas de Ingeniería Civil. Por otro lado, se hace referencia a que la mecánica de suelos es una disciplina fundada formalmente por Karl Terzaghi (1967) en la segunda década del siglo xx, que tiene por objeto el estudio la resolución de los problemas derivados de la aplicación de cargas en la superficie de la tierra (suelo), a través del conocimiento y aplicación de leyes físico-matemáticas.

Considerando que el suelo es el material de construcción más abundante dentro de las prácticas de la ingeniería civil, y constituyendo el soporte de las estructuras como edificaciones, vías, puentes, canales, torres, entre otros, es necesario mencionar a los muros de contención como elementos constructivos; los que muchas veces necesitan de anclaje o apoyo En tal sentido, en Salgado (2007), se cita a Coyne, quien en 1930, llevó a cabo el primer anclaje permanente en roca.

Bajo estas premisas, el presente estudio, en cuanto a la parte práctica, se desarrolla en un sótano del proyecto Residencial Aguarico de Breña – Lima. Tal es así que el trabajo de campo, se inicia con los ensayos experimentales y toma de datos, los cuales se realizaron en las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales de la empresa GEOFAL S.A.C., empresa geotecnia y de laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos.

En suma, esta tesis se basa en el análisis y diseño de muros con anclaje temporal. Para ello, la información se organizó de forma secuencial; tal es así que, en una primera parte, se exponen las consideraciones a tener en cuenta de los suelos o rocas; así como los aspectos prácticos de los anclajes para la fijación de los muros. De otro lado, se desarrollan los principios y usos de los diferentes elementos que configuran las variables.

- **Limitaciones**

Esta tesis se limita al estudio de mecánica de suelos en los muros anclados del proyecto Residencial Aguarico - Breña, para lo cual se

procederá a la medición con ensayos de granulometría, humedad, densidad seca y resistencia. En el desarrollo de la investigación, se precisa el proceso constructivo de los muros anclados, temporalmente utilizados en dicho proyecto como fundamento teórico, de allí que las condiciones del suelo, así como el estudio y diseño estructural de los muros anclados, sí forman parte del presente estudio.

Por ello, para efectos de los estudios de mecánica de suelos, la elección del caso de investigación, se limita al estudio de uno de los muros anclados, desarrollados en el proyecto Residencial Aguarico – Breña.

## **1.6 Viabilidad**

- **Viabilidad técnica**

Para la realización de los ensayos requeridos del suelo así como de los muros anclados con anclaje temporal, se tuvo acceso a la información técnica; asimismo, se contó con el acceso al laboratorio de materiales y estudio de mecánica de suelos de la empresa geotecnia y al laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos (GEOFAL S.A.C.). Para el desarrollo de las tablas de ensayos se utilizó el programa *Microsoft Excel*.

- **Viabilidad económica**

La investigación fue realizada con el financiamiento de los autores, lo que implicó realizar la visita al proyecto Residencial Aguarico – Breña, a fin de extraer las muestras que se sometieron al estudio experimental de la presente tesis. La empresa GEOFAL S.A.C., facilitó el libre acceso para apoyar y realizar los ensayos de estudio de mecánica de suelos con la finalidad de evaluar los muros anclados con anclaje temporal.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

En el presente capítulo, se exponen los trabajos de investigación más representativos realizados tanto en el ámbito internacional como en el ámbito nacional, relacionados con los objetivos de estudio planteados en la presente investigación.

- **En el ámbito nacional**

Paredes, J. (2015) realizó la investigación denominada *Determinación del coeficiente de resistencia al corte unitario entre la unión bulbo anclado y suelo arenoso para diseño de anclaje*, la cual tuvo como objetivo principal establecer el coeficiente de corte unitario que hay entre un suelo arenoso y el bulbo formado por el anclaje y el tipo de inyección para el bulbo. Asimismo, determinar las condiciones del lugar a partir del estudio de mecánica de suelos en una determinada zona de Villa el Salvador. Este autor, concluye que el coeficiente de resistencia al corte unitario entre la unión del bulbo anclado y el suelo arenoso para el diseño de anclaje es parcialmente bajo, razón por la cual se tiene que tener en cuenta los factores de seguridad al trabajar con anclajes en este tipo de suelos, especialmente en el distrito de Villa el Salvador.

Macedo, A. (2016), elaboró la tesis *Análisis comparativo de la ejecución de anclajes pasivos y permanentes en un suelo aluvial*, la cual tuvo como objeto central del proyecto definir un análisis comparativo de los anclajes pasivos y permanentes, el cual permite obtener las características de estos dos métodos importantes para el desarrollo urbano de la ciudad de Lima. Macedo concluye que debe emplearse otros métodos de estabilización de taludes en diferentes tipos de suelos con el fin de poder determinar el método adecuado para cada tipo de suelo urbano de la ciudad de Lima.

Cerna, A. (2011), en su tesis *Análisis y diseño de muros anclados para estabilización de excavaciones profundas*, planteó como objetivo central dar a conocer el estado de comportamiento del suelo con el fin de analizar un talud en el conglomerado suelo de Lima y realizar un análisis de

estabilidad para los muros anclados, conocidos en Perú como muro pantalla. Este autor concluye que el tipo de suelo es fundamental para la construcción de muros anclados, especialmente, el sostenimiento de taludes, debido a que es importante realizar, previamente, ensayos de estudio de mecánica de suelos para una edificación.

- **En ámbito internacional**

Malo, D. (2018), elaboró la tesis denominada *Metodología de construcción de muros anclados en sótano de parqueos del proyecto inmobiliario ágora XXI, ciudad viva*. Su estudio tuvo como objetivo central describir y analizar una metodología de construcción del sistema de muros anclados. Malo concluye que antes de ejecutar un proyecto se debe verificar el método donde se va emplear. Asimismo, en caso se desconozca el estado del suelo donde se desea construir, corresponde realizar un reconocimiento previo del área donde se harán las excavaciones con el propósito de no causar daños graves como derrumbes o colapsos de muros anclados en la construcción.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Estudio de mecánica de suelo**

La mecánica de los suelos se ha desarrollado en el comienzo del siglo xx. La necesidad de analizar el comportamiento de los suelos surgió en muchos países, a menudo, como resultado de accidentes espectaculares, tales como deslizamientos de tierra y otros. De allí que resulte un aspecto relevante a realizar en el proceso de una construcción; tal como lo señala Crespo (2004), hacer un estudio de mecánica de suelo posibilita conocer los datos— tales como el tipo y diseño del terreno— requeridos para para la cimentación así como también el más apropiado y económico, siendo este último uno de los factores relevante en un estudio.

Las primeras contribuciones importantes a la Mecánica de suelo se deben a Coulomb, quien publicó un importante tratado sobre el fracaso de los suelos en 1776, y a Rankine, quien presentó un artículo sobre los

posibles estados de estrés en los suelos en 1857. En 1856, Darcy publicó su famosa obra sobre la permeabilidad de los suelos, por el suministro de agua de la ciudad de Dijon. Los principios de la Mecánica de continua, incluyendo la estática y la resistencia de los materiales, también conocido en el siglo XIX, debido a la obra de Newton, Cauchy, Navier y Boussinesq. La unión de todos estos fundamentos para una disciplina coherente tenía que esperar hasta el siglo XX.

### 2.2.1.1 Estudio de granulometría

Respecto de la granulometría, Díaz, J. (2014) expone en qué consiste este tipo de ensayo referido al estudio del suelo:

La granulometría por lo general nos lleva a separar y clasificar por tamaños los granos o partículas que la componen. Su análisis se lleva a cabo con diversas mallas, con lo cual se obtiene un producto uniforme, y a la cual se le realiza un análisis, siendo ésta más objetiva. Los porcentajes de los granos retenidos y los que pasan la malla, pueden ser graficados para una mejor observación. (p.33).

En la siguiente tabla, se mostrarán algunas características y propiedades de los suelos arenosos según SUCS, pero, primero, se explicará de forma práctica la tipología y simbología que se usa en esta metodología de clasificación:

Tabla 1. *Simbología de tipos de suelo*

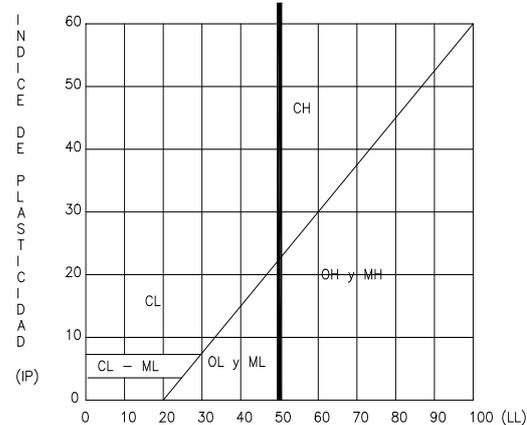
Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (> 50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (< 50)	H

Fuente: ASTM D2487-17. (2017)

Pues bien, a continuación, se presentan algunos aspectos básicos necesarios para poder definir los suelos, los cuales permitirán describir las

características principales y propiedades físicas de las arenas, grupo que es de interés conocer para el presente estudio.

Tabla 2. Sistema de clasificación SUCS

SUELOS DE GRANO GRUESO (menos del 50% del material pasa el Tamiz N° 200)	GRAVA (Más de la mitad de la FRACCIÓN GRUESA es mayor a la Malla # 4)	GW	Grava bien granulada	Dependiendo del porcentaje de material que pasa el tamiz # 200 los suelos pueden ser: Menos del 5% GW, GP, SW, SP. Más del 12% GM, GC, SM, SC. Entre 5 y 12% SIMBOLOGIA DOBLE.	Cu > 4, 1 < Cc < 3
		GP	Grava mal granulada		No cumple requisitos
		GM	Grava limosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
		GC	Grava arcillosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
	ARENA (Más de la mitad de la FRACCIÓN GRUESA es menor a la Malla # 4)	SW	Arena bien graduada		Cu > 6, 1 < Cc < 3
		SP	Arena mal graduada		No cumple requisitos
		SM	Arena limosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
		SC	Arena arcillosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
SUELOS DE GRANO FINO (Más del 50% del material es menor a la Malla N° 200)	ML	Limos inorgánicos			
	CL	Arcillas inorgánicas			
	OL	Limos orgánicos			
	MH	Limos inorgánicos			
	CH	Arcillas inorgánicas			
	OH	Arcillas orgánicas			
	Pt	Turba, suelo orgánico			

Fuente: ASTM D2487-17. (2017)

### 2.2.1.2 Estudio de humedad del suelo

Como señala Flores y Alcalá (2010), la humedad del suelo es muy dinámica y depende de algunos aspectos como el clima, vegetación,

profundidad, características y condiciones físicas del perfil de suelo. De igual forma, influye de distintas formas en el suelo, como es en sus propiedades físicas (densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua así como el color del suelo).

Cabe señalar que el contenido de humedad en esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, ya que el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos por la cantidad de agua que contienen.

#### **2.2.1.2.1 Límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. (Bowles, 2001). Por otro lado, Crespo (2007) expone lo siguiente referido a dichos límites:

La consistencia de un terreno o grano del suelo se determina mediante el uso de una mala N° 40. En este caso, las definiciones de Límite Líquido y Límite Plástico del suelo cobran su relevancia práctica. La relevancia de ambos Límites, se da por su dependencia, es decir, de la cantidad de arcilla presente en la zona de trabajo. En general, cuando no se da la condición de Límite Plástico, entonces, su índice es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico. (p.69).

- **Límite líquido**

Respecto al límite líquido, Crespo, expone:

El Límite Líquido es conocido como el contenido de humedad, que en el campo industrial se expresa o se da en porcentaje, con respecto al peso seco de una determinada muestra o materia. En tal sentido, este proceso conlleva a un estado plástico. Es así que., los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida; que según Atterberg es de 25g/cm<sup>2</sup>. La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. (2007, p.70)

- **Límite plástico**

Crespo (2007) define de la siguiente manera:

Este autor nos precisa que el límite plástico, conocido por el contenido de humedad, la cual siempre se expresa en porcentaje, expresa el peso de muestra secada; es decir, se pasa de un estado semisólido a un estado plástico. Material que a la postre debe ser fácilmente moldeable. (p.77)

- **Índice de plasticidad**

Para Crespo (2007) el índice de plasticidad o también denominado índice a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, tienen como función indicar el margen de humedades dentro del cual está el estado plástico.

### **2.2.1.3 Estudio de densidad seca**

El ensayo de densidad *in situ* por el método del cono de arena permite obtener la densidad de terreno al cual se le ha aplicado él mismo, lo que posibilita verificar los resultados obtenidos en trabajos de compactación de suelos y así compararlos con las especificaciones técnicas referidas a la humedad, la densidad y el grado de compactación del suelo evaluado. A partir de los resultados anteriores, es plausible determinar la calidad del suelo donde se está o se ejecutará proyectos de ingeniería.

### **2.2.1.4 Estudio de resistencia del suelo**

Respecto a la resistencia del suelo, Díaz señala:

Como se sabe la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos es medido tanto en laboratorio, así como también *in situ*, es decir, al momento y en el campo donde se esté realizando el trabajo. Pruebas que necesitan de muestras de suelos inalterados, para ello, las condiciones de esfuerzo deben simular mejor las condiciones del campo. (2014, p.217).

Cuando una estructura se apoya en la tierra, transmite los esfuerzos al suelo de fundación. Dichos esfuerzos producen deformaciones en el suelo, las cuales se pueden originar de tres maneras distintas:

- Por deformación elásticas de las partículas.
- Por cambio de volumen en el suelo.
- Por deslizamiento de las partículas.

El primer caso es despreciable para la mayoría de los suelos en los niveles del esfuerzo que implica en la práctica. El segundo caso, corresponde al fenómeno de la consolidación. Por último, el tercer caso, las fallas del tipo catastrófico; de allí que, se debe considerar el realizar un análisis de estabilidad, lo que amerita un conocimiento de la resistencia al corte de suelo, como medida preventiva para futura deformación de suelos.

#### **2.2.1.4.1 Presión de tierra en reposo**

Según Braja (2012)

En este caso, las fuerza laterales son de consideración importante, para generar un diseño adecuado y la construcción de estas estructuras. Tal es así que, su conocimiento debe ser de un modo profundo, teniendo en cuenta que estas actúan entre las estructuras de contención y las masas de suelo que será retenido. Dichas fuerzas laterales son causadas por la presión lateral de tierra, la cual se divide en tres categorías principales, dependiendo de la naturaleza del movimiento de la estructura de contención. (p.379).

Las categorías a las que se refiere Braja (2012) son las siguientes:

- Presión de reposo
- Presión activa
- Presión pasiva

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2$$

La figura 1 muestra la distribución de presión de tierra en reposo en una pared con altura H. En efecto, la fuerza total por unidad de longitud de la pared,  $P_o$ , es igual al área del diagrama de presión.

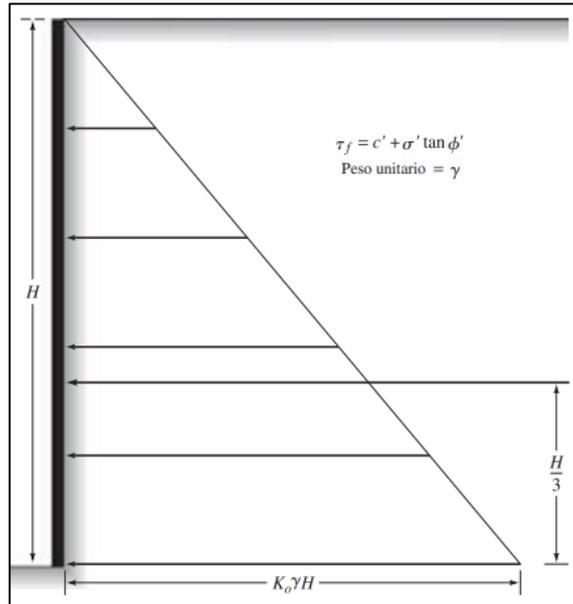


Figura 1. Presión lateral de tierra en reposo sobre una pared  
Fuente: Braja (2001)

#### 2.2.1.4.2 Presión de tierra en reposo para suelo sumergido parcialmente

La figura 2 muestra una pared de altura H. El nivel freático se encuentra a una profundidad  $H_1$ , y no hay agua de compensación en el otro lado de la pared. Para  $z \leq H_1$ , la presión lateral total de tierra en reposo se puede dar, tal como se expone a continuación:

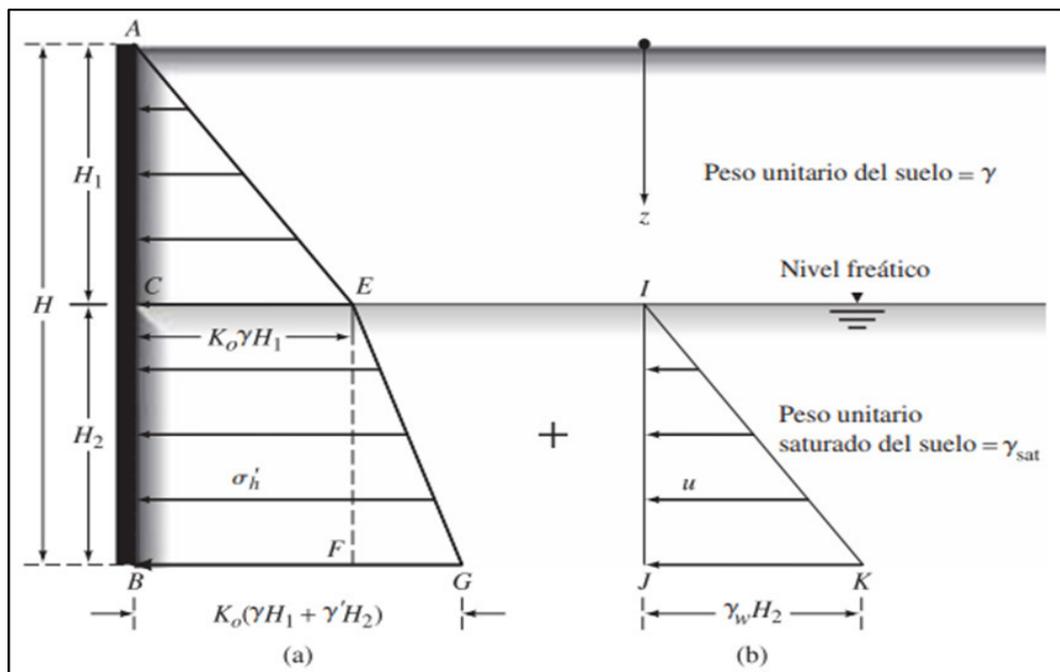


Figura 2. Presión de tierra en reposo para un suelo sumergido parcialmente  
Fuente: Braja (2001)

## **2.2.2 Muros anclados**

Teran (2016) expresa lo siguiente acerca de los muros anclados:

Son estructuras de concreto armado que se sujetan mediante anclajes a varios niveles de altura. Estas estructuras, a diferencia de otras, son diseñadas para soportar la presión de la tierra sobre sí mismas, por lo que están reforzadas con varillas de acero para resistir esos esfuerzos de flexión. Es por eso que se consideran estructuras de contención activas. (p.37).

De tal forma que la cara del muro es la que sirve de transmisor de la carga al anclaje y este la deriva al bulbo, siendo este último el que resiste la carga del diseño. De allí que la fuerza de tensión en el cable pasa a convertirse en fuerza de compresión dentro de la masa del suelo originando un incremento en la resistencia del corte. (Teran, 2016)

Terán (2016) indica que el bulbo debería localizarse detrás de las superficies reales y potenciales de falla del estrato, lo que conllevaría a garantizar un factor de seguridad de acuerdo con los requerimientos del diseño. Todo ello ayuda al aumento de las fuerzas resistentes así como da la estabilidad necesaria para evitar deslizamientos, a partir de colocar cargas que se oponen al movimiento de la superficie del talud.

### **2.2.2.1 Tipo de anclajes**

Existe una amplia variedad de clasificaciones de anclaje, ya sea por el tipo de estructura, así como también por sus respectivas aplicaciones. Sin embargo, lo anterior, no excluye la posibilidad de que se pueda incluir un determinado anclaje en más de una categoría. A continuación, se presentan, brevemente, los tipos más comunes; esto permitirá reconocer el tipo de anclaje utilizado en el proyecto.

#### **a) Según el Tipo de Tendón**

- **Anclajes de barra**

Son utilizados para transmitir esfuerzos al suelo en toda la longitud del elemento metálico. Generalmente, se pueden emplear pernos roscados, corrugados o combinados. (Figura 3)

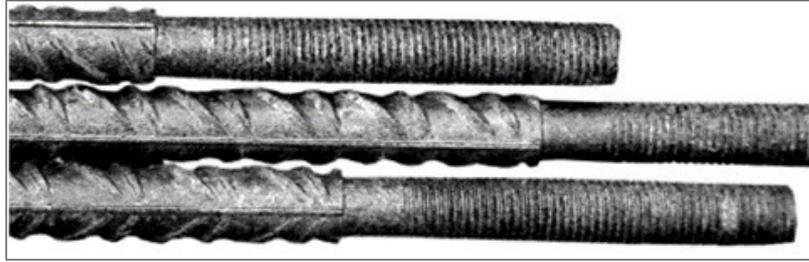


Figura 3. Anclajes de barra  
Fuente: Murillo y Ortuño (2004)

- **Anclajes de cables**

Los anclajes de cables están constituidos por cables, los cuales están compuestos por un conjunto de alambres de acero; donde el número de cables y alambres dependen de la carga de diseño de tensado. Usualmente un cable se conforma por 7 alambres trenzados.

Presentan un mejor comportamiento en altos requerimientos a tensión, transmitiendo los esfuerzos al suelo en la parte final del elemento metálico.

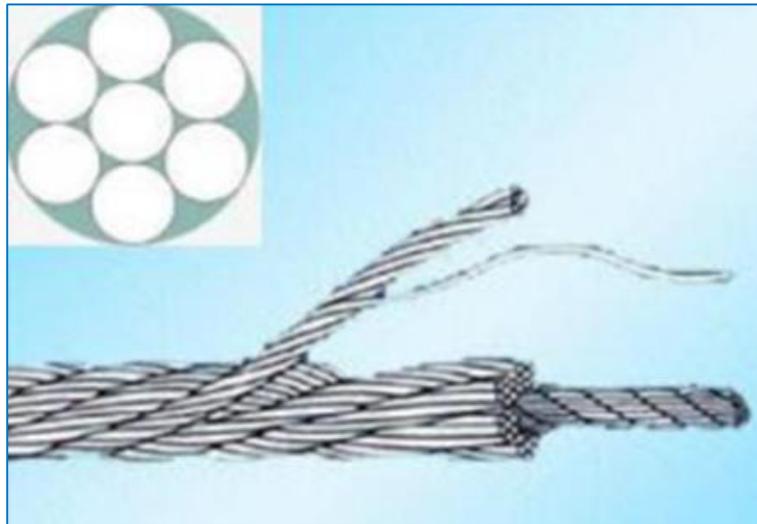


Figura 4. Anclajes de cables  
Fuente: Suárez (2009a)

**b) Según su vida útil**

- **Anclaje temporal**

Este método de sostenimiento permite impedir las deformaciones de la pantalla. Los anclajes por lo general siempre son provisionales por los problemas legales con construcciones colindantes, aquello cuya vida útil no es superior a dos años.

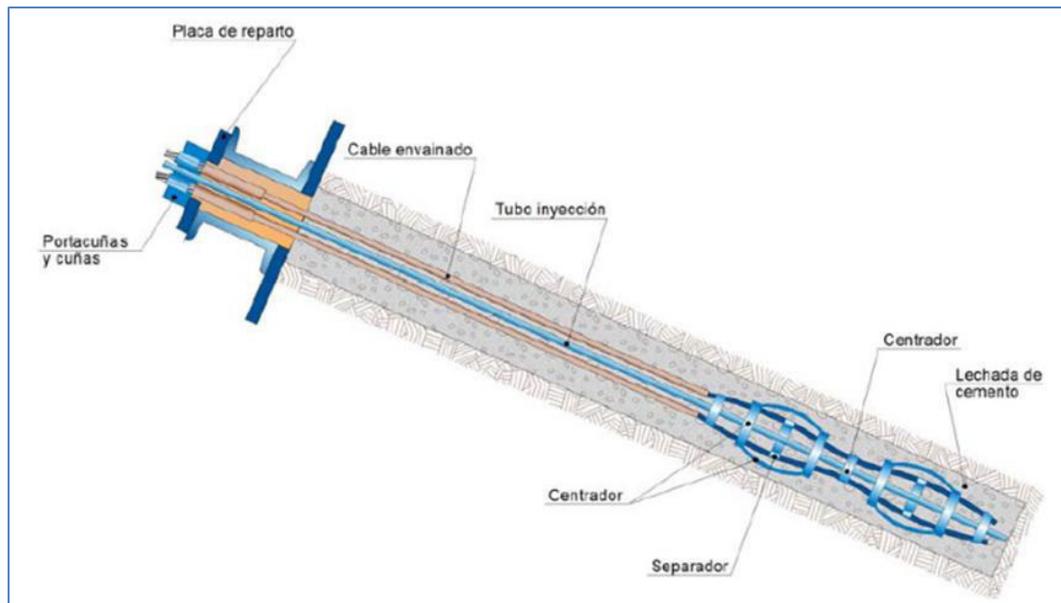


Figura 5. Anclaje temporal  
Fuente: Catálogo DSI Perú (2016)

- **Anclajes permanentes**

Aquellos que se instalan de modo definitivo., En este caso, la protección deberá garantizar una valla continua de material anticorrosión entre el tirante y el terreno; de tal forma que no se deteriore durante la etapa prevista para la vida útil del anclaje, esto es, mayor a dos años.

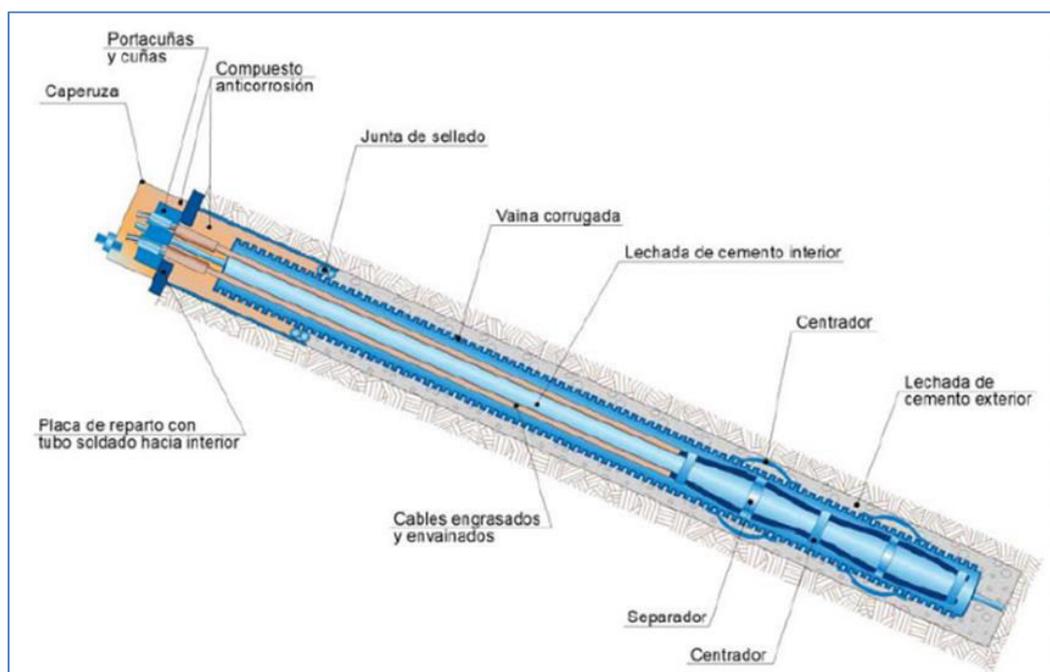


Figura 6. Anclaje permanente  
Fuente: Catálogo DSI Perú (2016)

### **c) Según su forma de trabajo**

- **Anclajes activos**

Los anclajes activos generalmente se construyen con cable torón (1/2" o 5/8") en profundidades superiores a 11 m, con zona de bulbo inyectada a presión y cargas de tensionamiento superiores a 30 ton. Sus principales aplicaciones incluyen estabilización de deslizamientos de alto volumen, muros y pantallas de contención, estabilización de excavaciones, estabilización de taludes en presas y control de levantamiento o falla de fondo. Por ejemplo, en el proceso de estabilización de deslizamientos de alto volumen, muros y pantallas de contención, una vez instalado el anclaje se tensiona la armadura hasta alcanzar su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la placa de apoyo de la cabeza.

- **Anclajes pasivos**

Un anclaje pasivo surge al no tensionarse la armadura después de su instalación. El anclaje entra en tracción al empezar a originarse la deformación de la masa de suelo o roca.

Los anclajes pasivos o pernos se construyen generalmente con barra roscada o corrugada en profundidades inferiores a 11 m y llenados con lechada a baja presión (en ocasiones incluso por gravedad). Su aplicación incluye deslizamientos potenciales de bajo volumen, control de falla de fondo y control de caídas en taludes rocosas acompañados de malla triple torsión.

### **d) Según el tipo de inyección**

- **Inyección única (IU)**

Son aquellos cuya perforación requiere tener más de 10° de inclinación con la vertical para permitir el llenado del bulbo. Ese bulbo, teóricamente debe tener forma cilíndrica, al inyectar de abajo a arriba la lechada desaloja tanto el agua como materiales sueltos. El proceso de

inyección suele concluir cuando la lechada sale por la boca del taladro con el mismo color y consistencia que la lechada inyectada. Son usados comúnmente en roca, suelos cohesivos y suelos granulares.

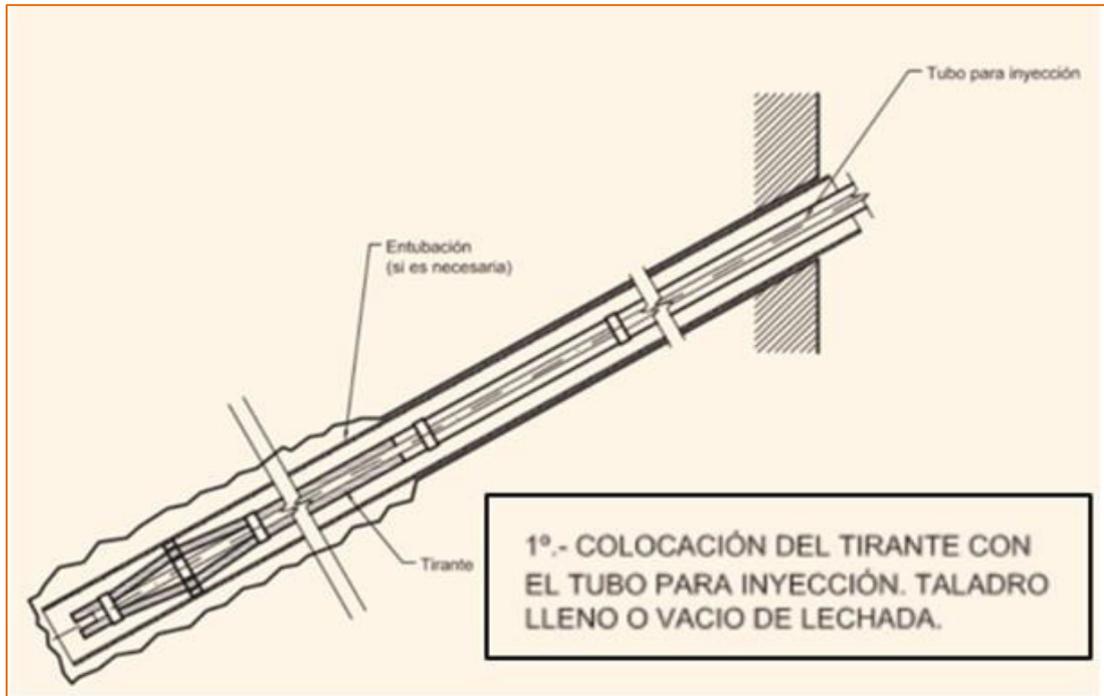


Figura 7. Inyección única (a)  
Fuente: Dirección General de Carreteras (2001)

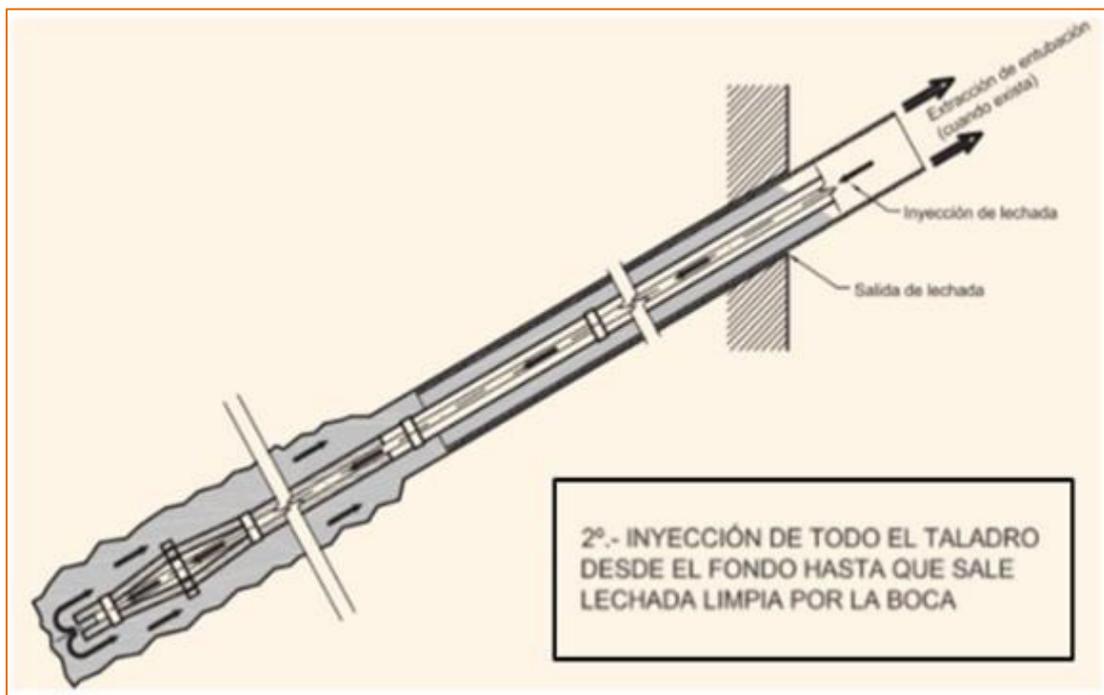


Figura 8. Inyección única (b)  
Fuente: Dirección General de Carreteras (2001)

- **Inyección repetitiva (IR)**

El principal paso en este procedimiento es realizar una inyección única desde el fondo del taladro; luego, a las pocas horas, se vuelve a inyectar la lechada en varias fases a través de varios puntos, dependiendo de la cantidad de tubos de inyección con los que se haya equipado al anclaje para aplicar la lechada. Este tipo de inyección son apropiadas para suelos granulares gruesos y rocas fisuradas.

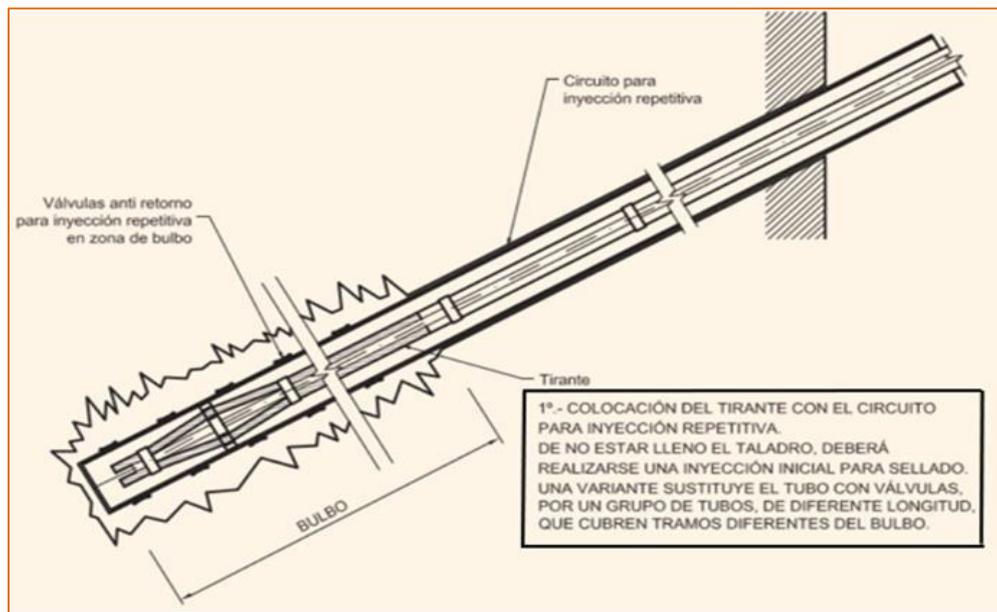


Figura 9. Inyección repetitiva (a)  
Fuente: Dirección General de Carreteras (2001)

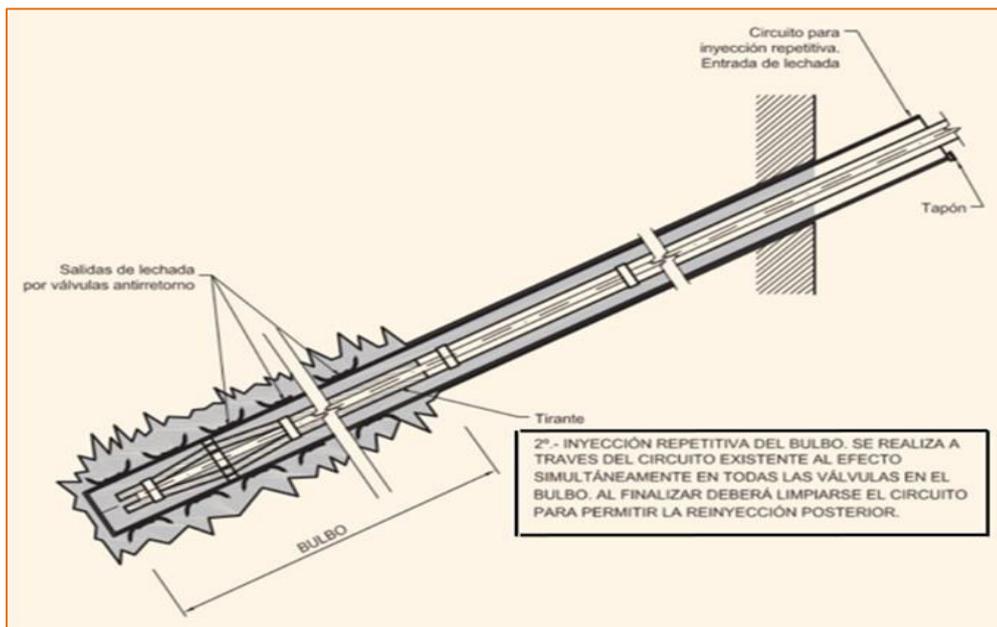


Figura 10. Inyección repetitiva (b)  
Fuente: Dirección General de Carreteras (2001)

- **Inyección repetitiva selectiva (IRS)**

Este sistema permite inyectar en varias fases, y a través de varios puntos, de tal modo, controlar la presión alcanzada y el volumen, lo cual permite no solo incrementar más del doble del diámetro del bulbo, sino sellar fisuras y mejorar su capacidad de carga. El volumen que se inyecta en cada fase no suele ser superior a unos 50 litros por cada válvula. Este método de inyección es recomendado por el PTI (*Post-Tensioning Institute*), al ofrecer mayor seguridad y eficiencia. Se aconseja su uso en suelos predominantemente finos y de consistencia media baja.

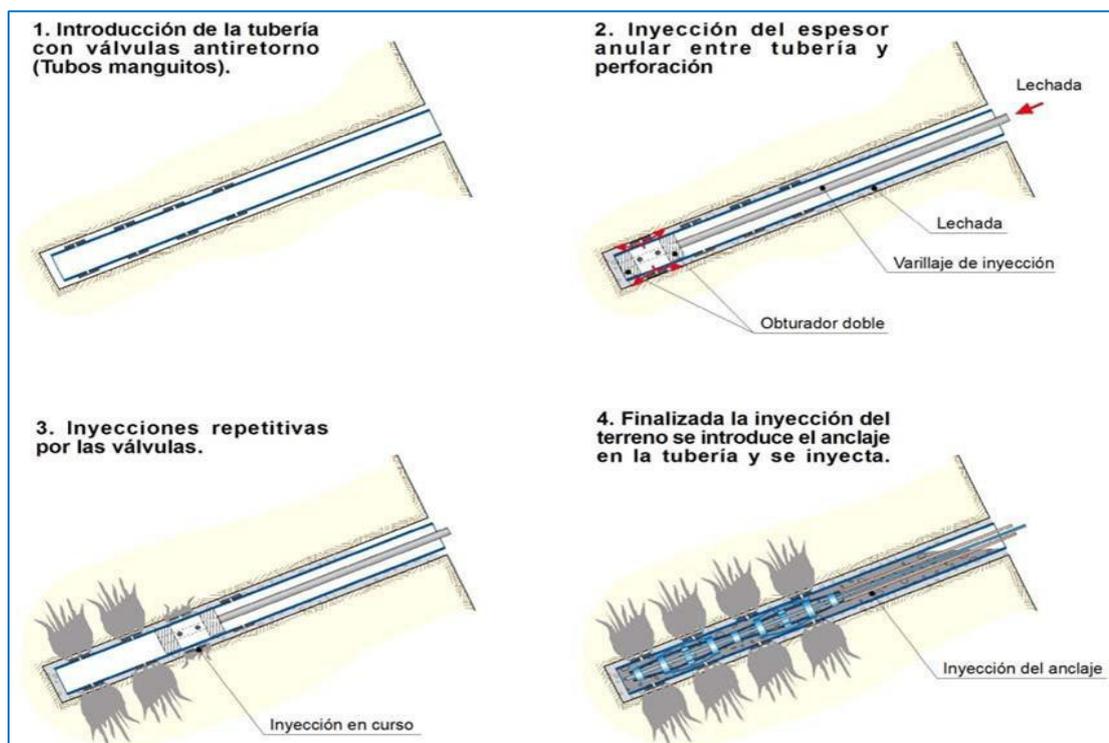


Figura 11. Inyección selectiva repetitiva  
Fuente: Dirección General de Carreteras (2001)

### 2.2.2.2 Proceso constructivo

#### a) Excavación

Las excavaciones se desarrollaron de acuerdo con los niveles determinados de los planos de arquitectura, estructuras y al plano entregado por Geofundaciones para cada nivel de muros. Luego, se excavarán los módulos o paños de la fila de forma intercalada en contorno a la excavación.

Para la ejecución de la excavación se contempla los siguientes pasos:

- **Paso 1: Excavación a nivel de plataformas y perfilado**

En coordinación con el propietario se realizó la demolición de la casa existente para realizar la construcción del proyecto Residencial Aguarico - Breña.

Una vez culminada la demolición, se realiza la limpieza de obra, con la finalidad de poder realizar el trazo y replanteo topográfico, esto es, el trazado de ejes, niveles de terreno; así como corroborar el área del terreno donde se va a realizar la construcción. De acuerdo con la ubicación de los puntos a perforar, se deja una berma o banqueta de 1 m en la corona y 1,5 m en la base por el ancho del módulo correspondiente.

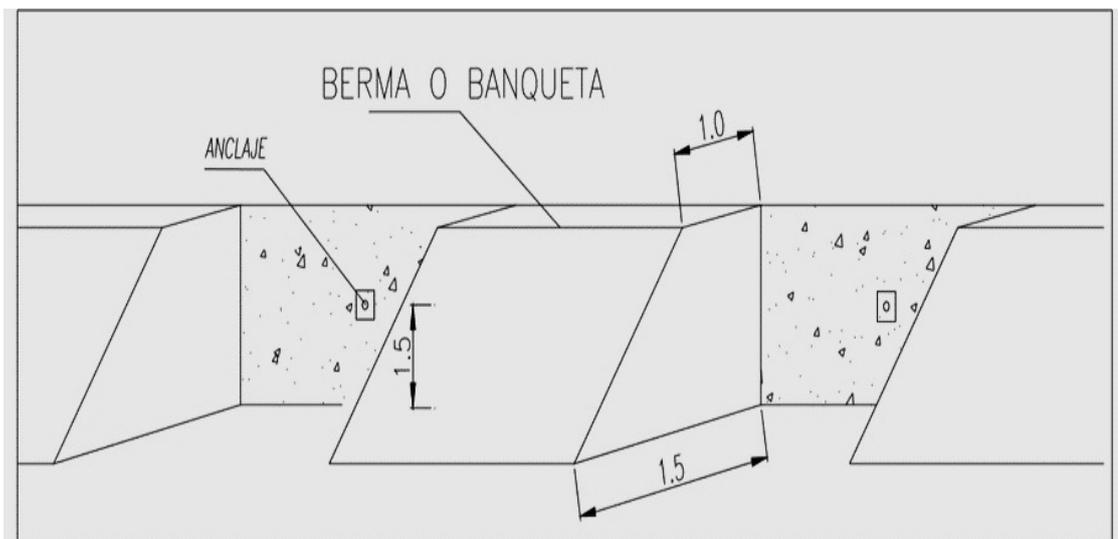


Figura 12. Excavación de los módulos o paños  
Fuente: Geofundaciones (2017)

### b) Perforación de los anclajes

La perforación de los anclajes puede hacerse según estas tres alternativas:

- Perforación continua sobre la banqueta perimetral de la excavación.
- Perforación intercalada sobre los muros a construir. Cabe señalar que se puede perforar antes o después de haber fundido el muro; para esto, se debe dejar un pase o tubo PVC de 6" con la inclinación especificada.

- Perforación continua sobre muros ya vaciados. Proceso a utilizarse del segundo sótano en adelante.

El siguiente procedimiento es la perforación del terreno. Se procede a tomar la medición del ángulo de perforación hasta el ángulo que se indica en los planos previamente calculados por el ingeniero encargado en el diseño del anclaje.

La subcontrata encargada de los anclajes, Geofundaciones, es quien desarrolló dicha actividad. Comúnmente se utiliza un *Casing* o encamisado (tubería de revestimiento), siendo él mismo simultáneo y continuo durante la perforación.

Para la perforación del terreno, se sigue los pasos que se describen a continuación:

- **Paso 2: Perforación del terreno**

Consiste en la extracción del terreno por la acción combinada de percusión, rotación, empuje y barrido. La profundidad deseada se obtiene a partir de la inserción sucesiva de tuberías y un martillo de perforación. Concluido el tramo de perforación, se detiene la operación, y los ayudantes de perforación proceden con el retiro de toda la línea de tubería.



*Figura 13.* Perforación del terreno  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 3: Instalación del anclaje**

Concluida la perforación se coloca el anclaje, según especificaciones del diseño. Dicho anclaje debe tener una longitud total igual a la de la perforación incrementada en un metro lo que permitirá facilitar el proceso del tensado.



*Figura 14.* Instalación del anclaje  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 4: Inyección primaria de lechada de cemento**

Una vez instalado el anclaje, se lleva a cabo el llenado del elemento con lechada. Para la preparación de la lechada, se comienza vertiendo la cantidad total de agua en la mezcladora. Con la mezcladora en funcionamiento, se va agregando el cemento a ritmo lento, de tal forma que no se generen grumos hasta conseguir la relación agua/cemento prevista en el proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima.

Después de colocar todos los componentes, se mezcla por un lapso de 120 a 300 segundos y se transfiere al agitador, el cual mantiene la mezcla en suspensión y continuidad.

- **Paso 5: Construcción de muros**

La construcción de los muros se realiza de acuerdo con el proceso que se establezca en obra y la secuencia mostrada en los planos de construcción emitidos por Geofundaciones.

Las consideraciones que se deben tener en el proceso son las siguientes:

- Para la construcción del primer nivel de anillo, se debe realizar de 1 muro en 1 muro intercalados, después de desencofrados apuntalar debidamente o contener con material de excavación, a espera de tensionamiento o perforación del anclaje. Los muros próximos a construir están con un achurado azul y con un número —el cual indica el orden de ejecución— encerrado en un círculo en la parte inferior.
- Ejecutado los primeros muros intercalados, se puede construir los muros faltantes. Se debe tener en cuenta que es necesario que los muros previos estén debidamente apuntalados o tensionados para poder ejecutar los intermedios.

En lo que respecta a la construcción de muros de concreto, los pasos a seguir son los siguientes:

- **Paso 6: Habilitación y colocación del acero de refuerzo**

Para la habilitación del acero, se trabaja en una mesa adecuada que permita el buen desempeño del personal en la labor. En este proceso, se evalúa el cortado, doblado y armado de los aceros longitudinales y estribos; de acuerdo con los planos y especificaciones. Una vez ubicados, se procede a su colocación final verificando la existencia de niveles, trazos de referencia, separadores, recubrimientos y demás especificaciones de los planos.



Figura 15. Habilitación y colocación del acero de refuerzo  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 7: Habilitación y encofrado de los muros**

Los paneles metálicos se habilitan según las dimensiones requeridas para cada paño, y así permite identificar la cantidad de puntales, tensores, durmientes o muertos y accesorios a utilizar. El traslado y colocación hasta la zona de encofrado se realizó con el apoyo del personal de obra. Se procede a presentar el encofrado para fijarlo y asegurarlo posteriormente. Terminado el trabajo de encofrado, el alineamiento y aplomo del muro para el vaciado de concreto se verifica con topografía.



Figura 16. Habilitación y encofrado de los muros  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 8: Colocación de concreto**

El concreto debe pasar por revisiones previas antes de su vaciado. Se registra su temperatura, el *slump* y muestras en probetas para determinar el cumplimiento de los requerimientos estipulados. La colocación del concreto consiste en el bombeo de concreto abastecido por un *mixer* hacia la bomba telescópica, y este, a través de sus brazos mecánicos, transporta el concreto a la zona de vaciado.

El concreto se coloca de manera continua y en capas uniformes de acuerdo con las especificaciones; de tal forma que no se formen juntas frías ni planos de falla hasta que se haya completado o alcance una junta de construcción proyectada.

El concreto debe ser vibrado mientras no se inicie la fragua, razón por la cual se inserta la aguja del vibrador verticalmente sin producir ninguna segregación. Esto se consigue, generalmente, con un tiempo de inmersión de 5 a 15 segundos, evitando además de entrar en contacto con el encofrado. El ritmo de vaciado es controlado para evitar que las deflexiones en el encofrado sean mayores a las tolerancias permitidas en las especificaciones. Al terminar la tarea, se realiza la limpieza del área.



*Figura 17.* Colocación de concreto  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 9: Desencofrado**

El desencofrado se inicia una vez transcurrido el tiempo de fragua final, según las especificaciones del proyecto. Para facilitar esta actividad, se puede utilizar un aditivo desmoldante. El transporte se realizó con el apoyo del personal de obra.

- **Paso 10: Curado y protección del concreto**

El curado se inicia después de haber terminado el desencofrado de los paños. Se realiza un curado continuo con agua por dos días y luego se emplea un curador químico aplicándose con una mochila pulverizadora. Para asegurar la humedad de los paños, se tapa con mantas o arpilleras, humedeciéndolos constantemente.



*Figura 18.* Curado y protección del concreto  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 11: Verificación pos vaciado**

Esta verificación se realiza topográficamente, se controla los niveles finales de las estructuras vaciadas.

- **Paso 12: Tensionamiento**

Para el tensionamiento de los anclajes se debe de cumplir:

- Maduración del bulbo, sin uso de aditivo 5 días, con el uso el aditivo 72 horas.

- Que el muro tenga la resistencia a la compresión simple especificada por el estructural o el rango recomendado por Geofundaciones, el cual está en función de la carga y tensionamiento (140 a 210 kg/cm).

Las platinas de apoyo recomendadas por Geofundaciones son las que indican en la siguiente:

Tabla 3. Tensionamiento

PLATINA	CARGAS
30x30x1"	$\leq 105$ TON
35x35x1"	$\geq 105$ TON

Fuente: Elaborado por los autores



Figura 19. Tensionamiento

Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 13: Tensado del anclaje**

El tensado se realiza utilizando un gato hidráulico multifilar cuando la lechada de cemento alcanza la resistencia mínima requerida en las especificaciones.

En primer lugar, se apoya a la pared del muro una mesa compensadora, donde los cables pasan por el agujero central de la mesa, sobre la cual se coloca la cabeza del anclaje. Luego, se realiza el tensado respetando las cargas definidas para el ensayo, las cuales son controladas a través de un manómetro; mientras que los estiramientos, con un vernier.

Concluido el ensayo, se retira el gato hidráulico y se colocan las cuñas en la cabeza del anclaje.



*Figura 20.* Tensado del anclaje  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Paso 14: Destensado del anclaje**

El destensado se puede realizar de dos maneras:

**Equipo de oxicorte (gas propano y oxígeno):** Si se usa oxicorte se debe contar con buena ventilación para disipar los gases tóxicos, caso contrario se deberá contar con extractores o ventiladores industriales.

**Equipo de tensado (gato y bomba hidráulica):** En ambientes cerrados con poca ventilación, solo se deberá destensar con equipo de tensado (gato y bomba hidráulica).

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Anclaje:** Es un elemento importante a tener en cuenta en el campo de ingeniería civil y en la construcción misma; pues éstos son capaces de transmitir esfuerzos de tracción superficie-zona interior. Consta, básicamente, de cabeza, zona libre y bulbo o zona de anclaje.
- **Anclaje activo:** Aquel que entra en tracción por sí solo al oponerse la cabeza al movimiento del terreno inestable o de la estructura.
- **Anclaje pasivo:** Anclaje que una vez instalado, se pretensa su armadura, hasta la carga del proyecto, la cual puede coincidir con la carga última de trabajo o ser solamente una fracción de esta.
- **Anclaje provisional o temporal:** Tiene una vida útil que no supera los dos años. Se debe tomar en consideración, en caso de ambientes y/o terrenos especialmente agresivos, pues, el periodo deberá ser reducido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto.
- **Anclaje permanente:** Anclaje cuya vida útil se considera superior a dos años.
- **Bulbo:** También llamado zona de anclaje. Lugar de transmisión de carga como resultado de la adhesión del anclaje al terreno, a partir de lechada. Es considerado efectos resistentes.
- **Cabeza o cabezal del anclaje:** Otro elemento importante, ubicada en la parte externa del anclaje. Su función es transmitir la carga del tirante a la superficie del terreno o a la estructura a anclar.
- **Inyección:** Tomado en cuenta en el proceso de la ejecución de un anclaje, pues permite transmitir la carga del tirante al terreno a través de la zona de bulbo.
- **Inyección única global (IU):** Inyección efectuada en una sola fase para rellenar el taladro de la perforación. Se realiza, frecuentemente, a través de un tubo flexible solidario con el tirante.

- **Inyección repetitiva (IR):** Un tipo de inyección, realizada a través de latiguillos o circuitos globales con válvulas, con un número de reinyecciones (generalmente no superior a dos) realizada para mejorar la capacidad del anclaje en su bulbo.
- **Inyección repetitiva y selectiva (IRS):** Otro tipo de inyección, pero que caracteriza a esta con respecto a la otra, es que se a través de tubos manguitos, separados no más de un metro. Debe efectuarse, generalmente, más de dos veces y en manguitos seleccionados.
- **Muro pantalla:** De consistencia esbelta de hormigón armado, se construye enterrando en el perímetro del solar para que sirva de contención mientras se excava y vacía el solar donde luego se dispondrán las plantas de sótano. Este tipo de muro ofrece una mejor seguridad.
- **Separador:** Elemento solidario al tirante para asegurar el trabajo independiente de sus elementos.
- **Tensado:** Operación en la cual se transmite una tensión al tirante, y de este al terreno mediante el bulbo. Cabe señalar que durante la misma se debe controlar la curva alargamiento-carga.
- **Tirante:** Se le asocia rápidamente con los cables, siendo éstas elementos de anclaje. Genera alta resistencia.
- **Tubo corrugado:** Material de plástico, cilíndrico. Utilizado como protector anticorrosión en los anclajes.
- **Zona libre o longitud libre:** Es una zona importante a tener en cuenta en la construcción, pues esta parte de un anclaje está situada entre la cabeza y el bulbo o zona de anclaje, dotada de libre alargamiento.
- **Calicata:** Excavación que se hace a un terreno, con el propósito de obtener muestras de diferentes profundidades.
- **Granulometría:** Proceso de definición del porcentaje de paso de los distintos tamaños de suelo con el fin de construir la curva granulométrica.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Realizar un estudio de mecánica de suelos es determinante en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- El estudio de la granulometría del suelo influye para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- El estudio de la humedad del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- El estudio de la densidad seca del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.
- El estudio de la resistencia del suelo influye para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño de investigación**

Para la presente tesis se ha utilizado los siguientes diseños de investigación:

- **Observacional:** Es observacional en tanto parte de la observación y registro de los ensayos para determinar el diseño de muros con anclaje temporal. Es un estudio concreto, dado que los resultados fueron obtenidos durante los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos siguiendo las normas estipuladas.
- **Longitudinal:** Es longitudinal porque todas las pruebas y ensayos se realizaron tanto en campo como en laboratorio con el propósito de obtener las características de la zona a estudiar, las cuales servirían para el diseño de los muros anclados con anclaje temporal.
- **Prospectivo:** Dado que el análisis se realiza a partir de resultados, expresados mediante cuadros y gráficos estadísticos, obtenidos durante la ejecución del proyecto.

### **3.2 Tipo de investigación**

De acuerdo a Aliaga y Rojas (2010, p.63), la investigación es aplicada, porque ésta puede usada en otras investigaciones y/o en cualquier organización. Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación se define como un tipo de investigación aplicada, debido a que se propone el uso de nuevas técnicas de innovación tecnológica para la estabilización de suelos.

De igual forma, se define como una investigación de enfoque cuantitativo, ya que los resultados obtenidos en el laboratorio serán valores numéricos medibles, los cuales, posteriormente, podrán ser evaluados con prolijidad, y demostrar así el eficiente uso del estudio de la mecánica de suelo para evitar derrumbes o fallas por inestabilidad de taludes. Pues, como lo señalan Aliaga y Rojas (2010, p.61), los estudios cuantitativos tienden a ser altamente estructurados, de modo que el investigador especifica las características principales del diseño antes de obtener un solo dato.

### 3.3 Nivel de investigación

Aliaga y Rojas (2010, p.64), mencionan que el nivel de una investigación es descriptivo cuando se describen las características resaltantes de los ítems materia de estudio.

Es decir, se describen propiedades, técnicas, entre otros. Bajo este criterio, esta investigación es de nivel descriptivo, ya que el desarrollo de la tesis toma como base los resultados de los procedimientos de los ensayos realizados en el laboratorio, los cuales permiten caracterizar las variables del estudio de mecánica de suelos.

### 3.4 Variables

En el presente estudio, además de definir el objeto de estudio, fue relevante definir a la variable dependiente y a la independiente, las cuales son también del tipo cuantitativo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Variables*

<b>Objeto de estudio</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Muros anclados	Estudio de mecánica de suelos	Diseño de muros con anclaje temporal

Fuente: Elaborado por los autores

#### 3.4.1 Operacionalización de las variables

Se procede a explicar cómo se medirán las variables. Como ya se ha señalado en la tabla 4, las variables se descompusieron en indicadores que harían posible su medición.

Tabla 5. Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables	Indicador	Dimensión
<b>General</b> Realizar un estudio de mecánica de suelos es determinante en el diseño de muro anclado con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.	<b>Variable dependiente</b> Diseño de muros con anclaje temporal	Área de muros Espesor de muro	$m^2$ m
	<b>Variable independiente</b> Estudio de mecánica de suelos	Granulométrica Resistencia del suelo Densidad del suelo Humedad del suelo	
<b>Secundaria 1</b> El estudio de la granulometría del suelo influye para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.	<b>Variable dependiente</b> Diseño de muros con anclaje temporal	Área de muros Espesor de muro	$m^2$ m
	<b>Variable independiente</b> Estudio de la granulometría	Coeficiente de uniformidad Cu y Coeficiente de curvatura Cc.	Adimensional mm/mm Adimensional mm <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup>
<b>Secundaria 2</b> El estudio de la humedad del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.	<b>Variable dependiente</b> Diseño de muros con anclaje temporal	Área de muros Espesor de muro	$m^2$ m
	<b>Variable independiente</b> Estudio de la humedad del suelo	Cantidad de agua x cantidad de sólidos de suelo	%
<b>Secundaria 3</b> El estudio de la densidad del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.	<b>Variable dependiente</b> Diseño de muros con anclaje temporal	Área de muros Espesor de muro	$m^2$ m
	<b>Variable independiente</b> Estudio de la densidad seca	Peso por volumen	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Secundaria 3</b> El estudio de la densidad del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.	<b>Variable dependiente</b> Diseño de muros con anclaje temporal	Área de muros Espesor de muro	$m^2$ m
	<b>Variable independiente</b> Estudio de la resistencia del suelo	Cohesión Ángulo de fricción	Kg/cm <sup>2</sup> grados

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.5 Población y muestra

- **Población**

Para la presente investigación, la población es el proyecto Residencial Aguarico – Breña que presenta un sótano y doce pisos superiores.

- **Muestra**

La muestra de la investigación es un área de 629,64 m<sup>2</sup> en el proyecto Residencial Aguarico en el distrito de Breña, departamento de Lima.

### 3.6 Técnicas de investigación

Para el desarrollo de la investigación, se siguieron los siguientes pasos representados en este esquema:



*Figura 21.* Secuencia de desarrollo de actividades  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Planteamiento de la estrategia:** Para la determinación del planteamiento de la estrategia, es necesario realizar ensayos de laboratorio de estudio de mecánica de suelo y así obtener un mejor análisis respecto del tipo y comportamiento del suelo (granulometría, humedad del suelo, densidad seca y resistencia del suelo).

- Operacionalización de las variables: Se parte de la definición de las variables implicadas y, posteriormente, se aplica la experimentación:

Variable independiente -> Estudio de mecánica de suelos

Variable dependiente -> Diseño de muros con anclaje temporal

- Medición y recolección de datos: La recolección de datos de los ensayos se dio mediante hojas de cálculo.
- Análisis e interpretación de datos: Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados del estudio de mecánica de suelos permitieron diseñar los muros anclados.
- Comprobación de hipótesis: El prolijo análisis permitió comprobar la hipótesis planteada al problema materia de esta investigación.
- Conclusiones: A partir del análisis e interpretación de los datos, se establece las conclusiones del estudio.

### **3.7 Instrumentos de recolección de datos**

En cuanto a los materiales utilizados en la presente tesis son básicamente, el suelo gravoso pobremente gradado, para lo cual se realizaron diversos ensayos en distintas proporciones. Por otro lado, se utilizaron hojas de registro de datos así como formatos elaborados, propiamente por los autores, para la medición de resultados de los ensayos de características mecánicas de suelos.

### **3.8 Técnicas de recolección de datos**

Como se sabe, existen diversas técnicas para la recolección de datos, como: la encuesta, la entrevista, la observación, entre otros. Para nuestro estudio, se utilizó la técnica de la observación experimental, ya que los datos se obtuvieron mediante la ejecución de los ensayos de laboratorio, los cuales fueron debidamente controlados.

### **3.9 Procesamiento y análisis estadístico de los datos**

El procesamiento de los datos de estudio de mecánica de suelos, respecto a la influencia que generan los muros con anclaje temporal, se realizó mediante hojas de cálculo, utilizando la herramienta *Office Microsoft Excel*, cuyos formatos contienen la información adecuada para cada uno de los ensayos realizados en la presente investigación.

Los datos obtenidos de los resultados de laboratorio se presentaron por medio de gráficos de líneas, gráficos de dispersión y cuadros detallados. Asimismo, con la ayuda de *Microsoft Excel*, se pudo obtener los indicadores que permitirían mostrar los resultados de los ensayos granulométricos, humedad del suelo, la densidad seca y la resistencia del suelo.

### **3.10 Cronograma de actividades**

Se presenta el cronograma de actividades para el desarrollo de la presente investigación:

Tabla 6. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN EL DISEÑO DE MUROS ANCLADOS CON ANCLAJE TEMPORAL EN UN SÓTANO DEL PROYECTO RESIDENCIAL AGUARCO – BREÑA																	
Actividades	AGOSTO				SETIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17
Propuesta del tema	■																
Definición del título (Matriz de consistencia)	■	■	■														
Recopilación de información y toma de muestras				■	■	■											
Realización de ensayos proyectados en el proyecto							■	■	■	■	■						
Procesamiento de resultados e Interpretación											■	■	■				
Revisión, ordenamiento de información y levantamiento de observaciones														■	■	■	
Presentación de proyecto (Sustentación)																	■

Fuente: Elaborado por los autores

## CAPÍTULO IV: DESARROLLO

### 4.1 Caso de investigación

#### 4.1.1 Ubicación del área de estudio

El proyecto residencial Aguarico está ubicado en la avenida Aguarico, colindando con Jr. General Vidal y Jr. Azcona, en la urbanización Azcona - sub Lote (1-2-3) B – MZ. 20-C, distrito de Breña, provincia de Lima, departamento de Lima. Cuenta con un área de 629,64 m<sup>2</sup> (Ver figura 22).

El proyecto residencial limita:

- Por el norte: Vía de acceso
- Por el este: Vía de acceso
- Por el oeste : Propiedad de terceros
- Por el sur: Vía de acceso

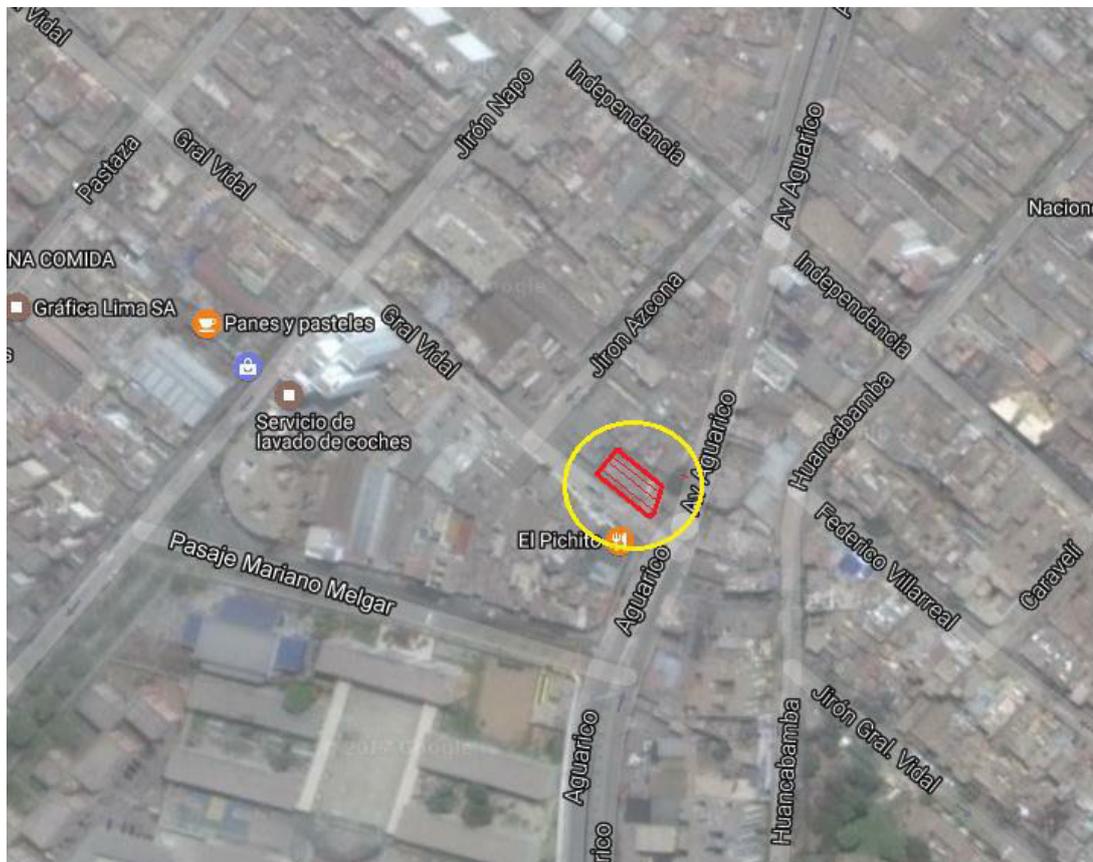


Figura 22. Ubicación del área de estudio  
Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.1.2 Ubicación geográfica

En la tabla 7, se expone la ubicación de las calicatas en coordenadas, formato UTM UPS mapa WGS 84.

Tabla 7. *Ubicación de calicatas*

COORDENADAS UTM UPS / WGS 84			
Calicata	Coordenadas		Altitud M.S.N.M.
	E	N	
C-1	276 555	8 666 043	131
C-2	276 544	8 666 048	130
C-3	276 528	8 666 054	130

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.2 Análisis de estudio de suelos

##### 4.2.1 Excavación de calicatas

Con el objetivo de realizar una mayor investigación de toda el área de estudio y poder determinar las características del subsuelo, esto es obtener el perfil estratigráfico; se trabajó manualmente tres calicatas o pozos estratégicamente ubicados dentro del área de estudio, con profundidades máximas de hasta 6 m con respecto al nivel del terreno de cada calicata.

A continuación, se muestra el resumen de cada calicata y sus respectivas profundidades alcanzadas.

Tabla 8. *Resumen de las calicatas*

Calicata	Profundidad (m)
C-1	6.00
C-2	6.00
C-3	3.00

Fuente: Elaborado por los autores

#### 4.2.2 Trabajo de campo

Dada la necesidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de fundación, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, de acuerdo con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Por ello, se ejecutó tres calicatas o excavaciones a cielo abierto con la finalidad de obtener la secuencia representativa del perfil estratigráfico.

En cada una, se realizó una detallada descripción de los tipos de subsuelos encontrados, de los cuales se extrajeron muestras alteradas de los estratos más representativos, permitiendo su identificación y almacenamiento para su posterior análisis en el laboratorio de mecánica de suelos del consultor.



*Figura 23.* Ubicación del área de estudio – Calicata 01  
Fuente: Elaborado por los autores



*Figura 24.* Ubicación del área de estudio – Calicata 02  
Fuente: Elaborado por los autores



*Figura 25.* Ubicación del área de estudio – Calicata 03  
Fuente: Elaborado por los autores

### 4.2.3 Muestreo y registro de excavaciones

Inicialmente, se realizó una clasificación manual-visual del perfil estratigráfico de la calicata y se tomaron muestras representativas disturbadas de los diferentes estratos para la ejecución de los ensayos de laboratorio.

Cada muestra fue identificada y, convenientemente, puesta en bolsas herméticas de polietileno para enviarlas al laboratorio e identificar el tipo de material, así como sus características físicas, mecánicas y químicas.

En la siguiente tabla, se observa el número de muestras por calicata y la profundidad de la cual se extrajo las muestras.

Tabla 9. *Resumen de muestras obtenidas de las calicatas*

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>Profundidad</b>
C-1	M-1	0.15 – 0.70
	M-2	0.70 – 3.00
	M-3	3.00 – 6.00
C-2	M-1	0.15 – 0.80
	M-2	0.80 – 3.00
	M-3	3.00 – 6.00
C-3	M-1	0.15 – 0.70
	M-2	0.70 – 3.00

Fuente: Elaborado por los autores

En las tablas 10 y 11, se muestran las profundidades de cada calicata y las dimensiones de cada muestra:

## CALICATA C-1

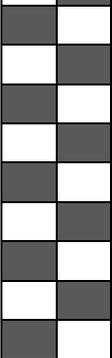
Tabla 10. Profundidad de calicata C-1

			PROFUNDIDAD (m)		MUESTRA
			DE	A	
		0.00	0.15	S / M	
		0.15	0.70	M - 1	
	2.0	0.70	3.00	M - 2	
	4.0	3.00	6.00	M - 2	
	6.0				

Fuente: Elaborado por los autores

## CALICATA C-2

Tabla 11. Profundidad de calicata C-2

			PROFUNDIDAD (m)		MUESTRA
			DE	A	
	2.0	0.00	0.15	S / M	
		0.15	0.80	M - 1	
	0.80	3.00	M - 2		
	4.0	3.00	6.00	M - 3	
					6.0

Fuente: Elaborado por los autores

### CALICATA C-3

Tabla 12. Profundidad de calicata C-3

			PROFUNDIDAD (m)		MUESTRA
			DE	A	
	2.0	0.00	0.15	S / M	
		0.15	0.70	M - 1	
		0.70	3.00	M - 2	

Fuente: Elaborado por los autores

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

En este capítulo, se detallará los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas en aras a cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación. Antes, importa describir los ensayos de laboratorio realizados.

### **5.1 Ensayos de laboratorio**

Los ensayos permiten conocer el comportamiento y las características geotécnicas del área donde se construirá las estructuras del proyecto Residencial Aguarico. A partir de estos, se describen las características geotécnicas del área de estudio así como la cuantificación de los parámetros que permiten establecer el comportamiento y la resistencia mecánica del subsuelo, los cuales sirven de base para lograr soluciones adecuadas de diseño. Los ensayos realizados fueron:

- Estudio de granulometría NTP 339.128 (ASTM D-422)
- Estudio de la humedad del suelo NTP 339.129 (ASTM D-4318)
- Estudio de la densidad seca NTP 339.143 (ASTM D-1556)
- Estudio de la resistencia NTP 339.171 (ASTM D-3080)

#### **5.1.1 Estudio de granulometría**

Se tomaron muestras de las excavaciones (calicatas) para la ejecución del ensayo de clasificación de suelos. Como ya se ha señalado anteriormente, el estudio de granulometría tiene como finalidad determinar el porcentaje de paso de los diferentes tamaños de suelo y con estos datos construir su curva granulométrica. En este estudio, se realizaron tres calicatas C-1, C2 y C-3, de las cuales, en las dos primeras, se obtuvieron tres muestras, mientras que de la C-3 se obtuvo dos. De cada ensayo, se muestran los resultados así como sus respectivas curvas granulométricas. De igual forma, se identificaron los diámetros efectivos. D10, D30 Y D60 necesarios para poder calcular el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc).

Mediante la siguiente fórmula se puede llegar a conocer cuáles son los diámetros efectivos para D10, D30 y D60.

$$D_x = \left[ \frac{D_2 - D_1}{\text{Log}\%_2 - \text{Log}\%_1} * \text{Log}\%_x - \text{Log}\%_1 \right] + D_1$$

**a) Tabla Análisis granulométrico para la calicata C-1**

En la calicata C-1 se hallaron tres curvas granulométricas. Los resultados de las muestras M-1, M-2 y M3 se exponen en las siguientes tablas 13, 14 y 15. Asimismo, también se indican los valores D10, D30 y D60, necesarios para calcular los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc). Por otro lado, las figuras 26, 27 y 28 presentan las variaciones de los porcentajes de peso retenidos en cada uno de los tamices.

- **Muestra M-1**

Tabla 13. *Tabla granulométrica calicata C-1 / M-1*

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-1		M-1		0.15 – 0.70	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	176	2.20	2.20	97.80
N° 4	4.760	64	0.80	3.00	97.00
8	2.360	64	0.80	3.80	96.20
16	1.190	104	1.30	5.10	94.90
30	0.600	232	2.90	8.00	92.00
40	0.420	232	2.90	10.90	89.10
50	0.300	296	3.70	14.60	85.40
100	0.149	1032	12.90	27.50	72.50
200	0.074	848	10.60	38.10	61.90

D10	mm	-
D30	mm	-
D60	mm	-
Cu		-
Cc		-

Fuente: Elaborado por los autores

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la curva granulométrica.

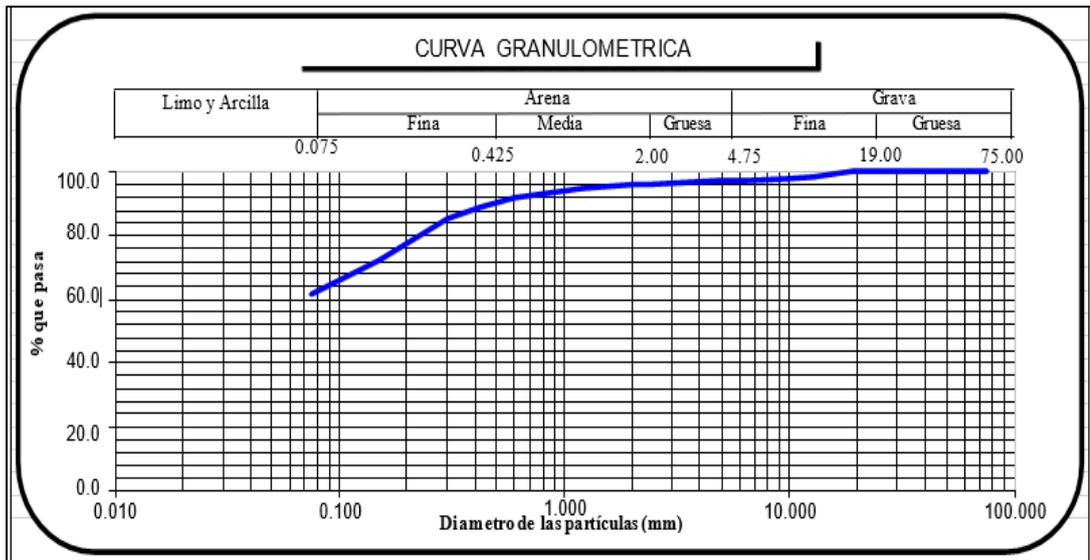


Figura 26. Curva granulométrica calicata C-1 / M-1  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Muestra M-2**

Tabla 14. Tabla granulométrica calicata C-1 / M-2

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-1		M-2		0.70 – 3.00	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	992	12.40	12.40	87.60
1 1/2"	38.100	720	9.00	21.40	78.60
1"	25.400	656	8.20	29.60	70.40
3/4"	19.050	416	5.20	34.80	65.20
3/8"	9.525	888	11.10	45.90	54.10
N° 4	4.760	376	4.70	50.60	49.40
8	2.360	288	3.60	54.20	45.80
16	1.190	264	3.30	57.50	42.50
30	0.600	992	12.40	69.90	30.10
40	0.420	856	10.70	80.60	19.40
50	0.300	680	8.50	89.10	10.90
100	0.149	648	8.10	97.20	2.80
200	0.074	128	1.60	98.80	1.20

D10	mm	0.283
D30	mm	0.598
D60	mm	14.613
Cu		51.63
Cc		0.086

Fuente: Elaborado por los autores

Para la calicata C-1 y muestra M-2 se obtuvo su coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

- Coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{14.613}{0.283} = 51.63$$

- Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D10 * D60} = \frac{(0.598)^2}{0.283 * 14.613} = 0.086$$

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la siguiente curva granulométrica:

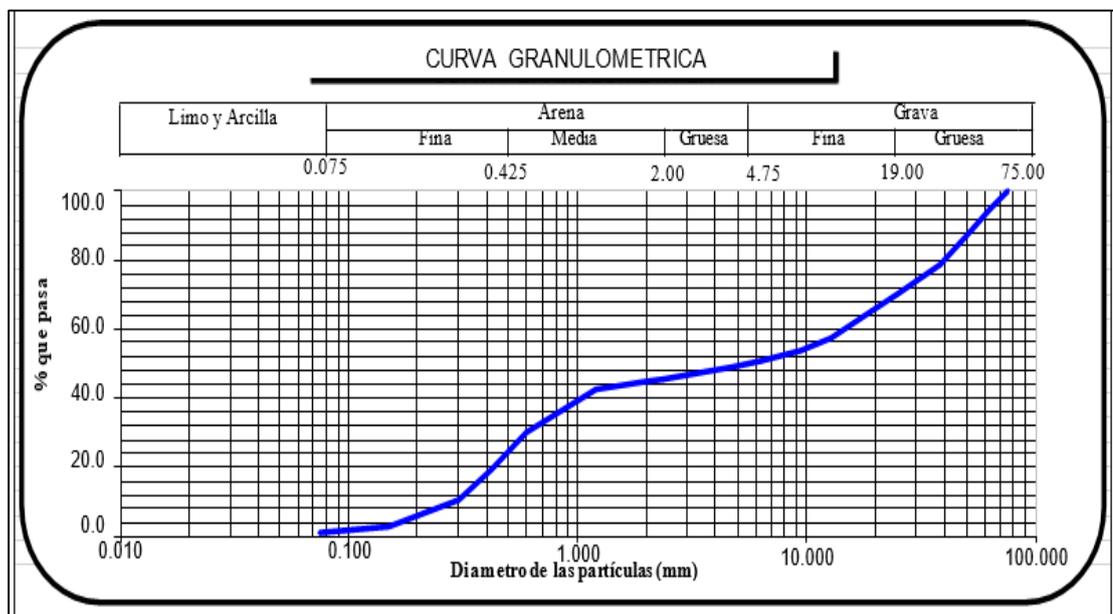


Figura 27. Curva granulométrica calicata C-1 / M-2  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Muestra M-3**

Tabla 15. *Tabla granulométrica calidad C-1 / M-3*

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-1		M-3		3.00 – 6.00	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	2208	27.60	27.60	72.40
1 ½"	38.100	552	6.90	34.50	65.50
1"	25.400	896	11.20	45.70	54.30
¾"	19.050	464	5.80	51.50	48.50
3/8"	9.525	768	9.60	61.10	38.90
Nº 4	4.760	296	3.70	64.80	35.20
8	2.360	216	2.70	67.50	32.50
16	1.190	216	2.70	70.20	29.80
30	0.600	392	4.90	75.10	24.90
40	0.420	392	4.90	80.00	20.00
50	0.300	456	5.70	85.70	14.30
100	0.149	712	8.90	94.60	5.40
200	0.074	256	3.20	97.80	2.20

D10	mm	0.227
D30	mm	1.263
D60	mm	31.861
Cu		140.273
Cc		0.22

Fuente: Elaborado por los autores

Para la calicata C-1 y muestra M-3 se obtuvo su coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

- Coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{31.861}{0.227} = 140.273$$

- Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{(1.263)^2}{0.227 * 31.861} = 0.22$$

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la siguiente curva granulométrica:

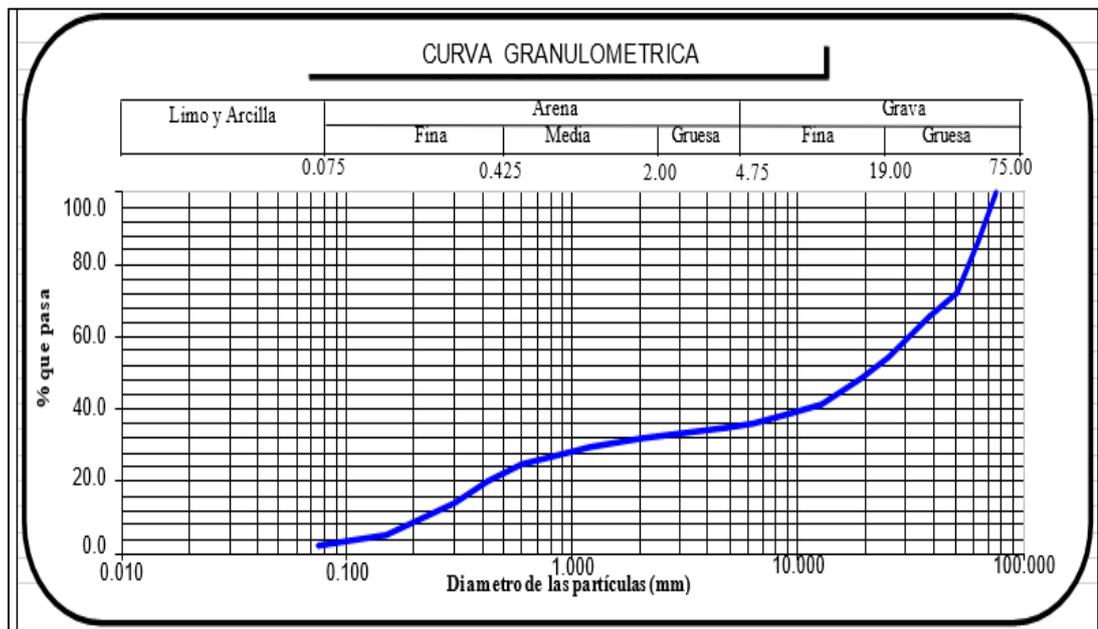


Figura 28. Curva granulométrica calicata C-1 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

#### a) Tabla Análisis granulométrico para la calicata C-2

En la calicata C-2 se hallaron tres curvas granulométricas. Los resultados obtenidos de las muestras M-1, M-2 y M-3 se exponen en las tablas 16, 17 y 18. De igual modo, los valores obtenidos de D10, D30 y D60, necesarios para calcular los coeficientes de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc).

Por otro lado, la variación de las curvas de los porcentajes de peso retenidos en cada uno de los tamices es representados en las figuras 29, 30 y 31.

- **Muestra M-1**

Tabla 16. *Tabla granulométrica calicata C-2 / M-1*

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-2		M-1		0.15 – 0.80	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.050	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	160	2.00	2.00	98.00
Nº 4	4.760	64	0.80	2.80	97.20
8	2.360	64	0.80	3.60	96.40
16	1.190	96	1.20	4.80	95.20
30	0.600	232	2.90	7.70	92.30
40	0.420	224	2.80	10.50	89.50
50	0.300	288	3.60	14.10	85.90
100	0.149	1032	12.90	27.00	73.00
200	0.074	848	10.60	37.60	62.40

D10	mm	-
D30	mm	-
D60	mm	-
Cu		-
Cc		-

Fuente: Elaborado por los autores

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la siguiente curva granulométrica:

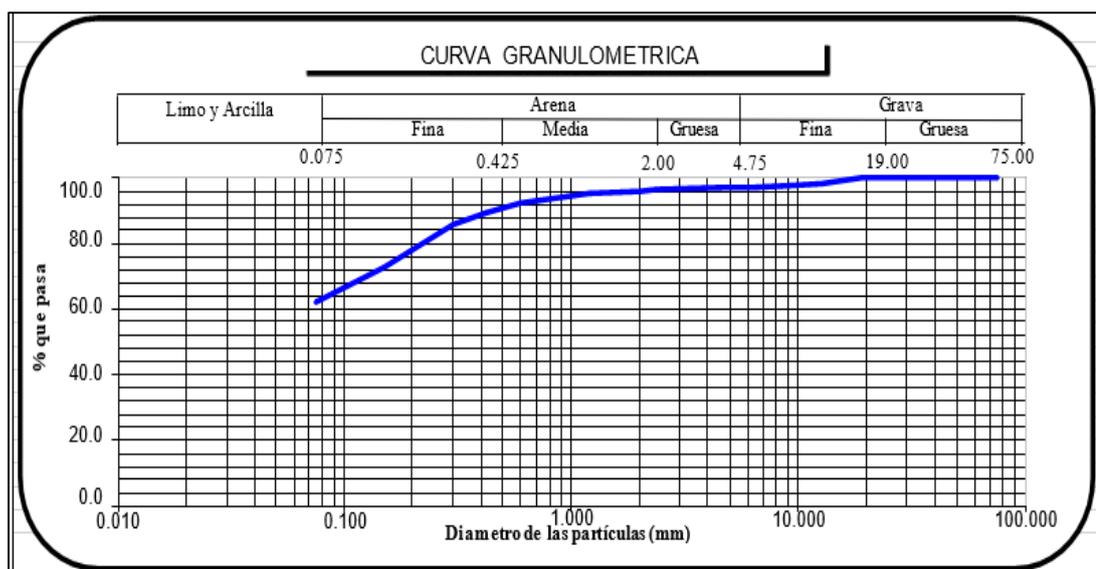


Figura 29. Curva granulométrica calicata C-2 / M1  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Muestra M-2**

Tabla 17. Tabla granulométrica calicata C-2 / M-2

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-2		M-2		0.80 – 3.00	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	992	12.40	12.40	87.60
1 ½"	38.100	704	8.80	21.20	78.80
1"	25.400	656	8.20	29.40	70.60
¾"	19.050	416	5.20	34.60	65.40
3/8"	9.525	896	11.20	45.80	54.20
N° 4	4.760	376	4.70	50.50	49.50
8	2.360	272	3.40	53.90	46.10
16	1.190	272	3.40	57.30	42.70
30	0.600	1000	12.50	69.80	30.20
40	0.420	864	10.80	80.60	19.40
50	0.300	672	8.40	89.00	11.00
100	0.149	656	8.20	97.20	2.80
200	0.074	120	1.50	98.70	1.30

D10	mm	0.282
D30	mm	0.596
D60	mm	14.48
Cu		51.318
Cc		0.087

Fuente: Elaborado por los autores

Para la calicata C-2 y muestra M-2 se obtuvo su coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

- Coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{14.48}{0.282} = 51.318$$

- Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D10 * D60} = \frac{(0.596)^2}{0.282 * 14.48} = 0.087$$

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la curva granulométrica:

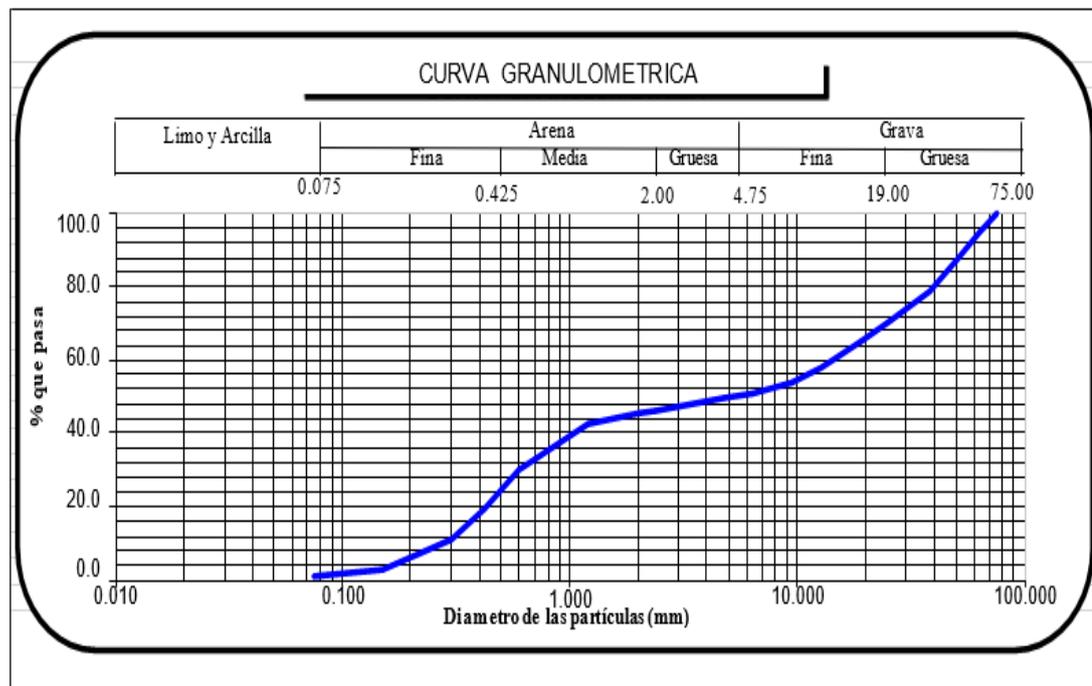


Figura 30. Curva granulométrica calicata C-2 / M-2  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Muestra M-3**

Tabla 18. *Tabla granulométrica calicata C-2 / M-3*

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-2		M-3		3.00 – 6.00	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	2200	27.50	37.50	72.50
1 ½"	38.100	552	6.90	34.40	65.60
1"	25.400	896	11.20	45.60	54.40
¾"	19.050	464	5.80	51.40	48.60
3/8"	9.525	768	9.60	61.00	39.00
N° 4	4.760	288	3.60	64.60	35.40
8	2.360	224	2.80	67.40	32.60
16	1.190	216	2.70	70.10	29.90
30	0.600	400	5.00	75.10	24.90
40	0.420	392	4.90	80.00	20.00
50	0.300	464	5.80	85.80	14.20
100	0.149	720	9.00	94.80	5.20
200	0.074	256	3.20	98.00	2.00

D10	mm	0.230
D30	mm	1.234
D60	mm	31.746
Cu		138.193
Cc		0.209

Fuente: Elaborado por los autores

Para la calicata C-2 y muestra M-3 se obtuvo su coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

- Coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{31.746}{0.23} = 138.193$$

- Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{(1.234)^2}{0.23 * 31.746} = 0.209$$

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la curva granulométrica:

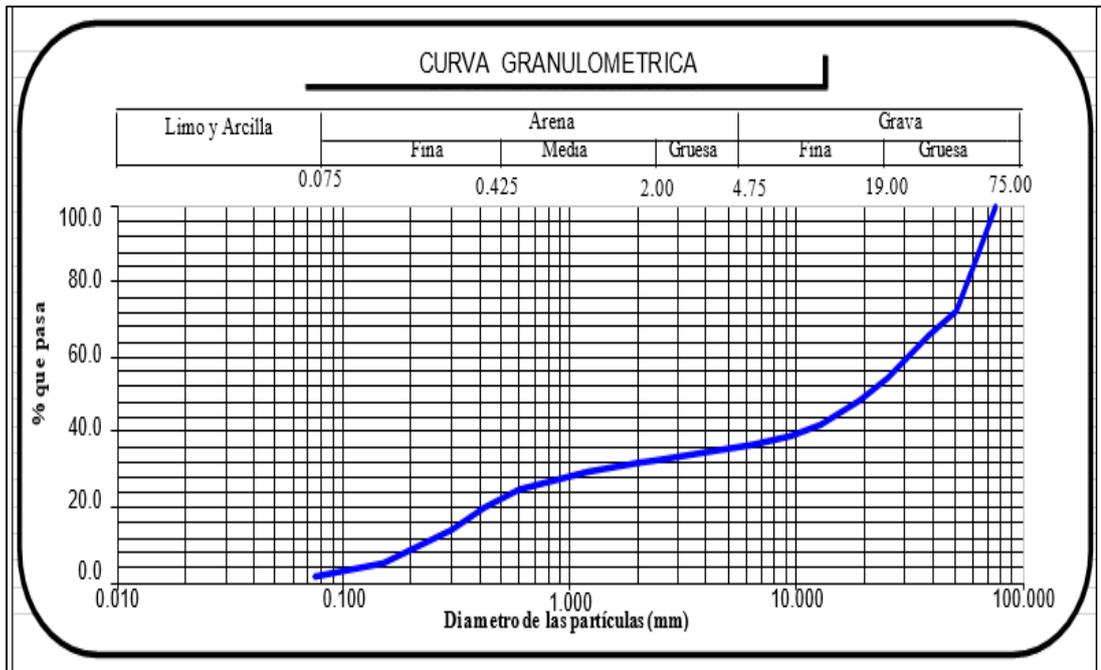


Figura 31. Curva granulométrica calicata C-2 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

### a) Tabla Análisis granulométrico para la calicata C-3

En la calicata C-3 se hallaron tres curvas granulométricas. Los resultados obtenidos de las muestras M-1 y M-2 se presentan en las tablas 19 y 20. Asimismo, aquí también se describen los valores D10, D30 y D60, datos necesarios para el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc).

Por otro lado, las figuras 32 y 33 representan la variación de las curvas de los porcentajes de peso retenidos en cada uno de los tamices.

- **Muestra M-1**

Tabla 19. *Tabla granulométrica calicata C-3 / M-1*

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-3		M-1		0.15 – 0.70	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.050	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	328	4.10	4.10	95.90
N° 4	4.760	112	1.40	5.50	94.50
8	2.360	112	1.40	6.90	93.10
16	1.190	136	1.70	8.60	91.40
30	0.600	280	3.50	12.10	87.90
40	0.420	296	3.70	15.80	84.20
50	0.300	344	4.30	20.10	79.90
100	0.149	1072	13.40	35.50	66.50
200	0.074	1000	12.50	46.00	54.00

D10	mm	-
D30	mm	-
D60	mm	-
Cu		-
Cc		-

Fuente: Elaborado por los autores

Los datos obtenidos del análisis granulométrico se representan en la siguiente curva granulométrica.

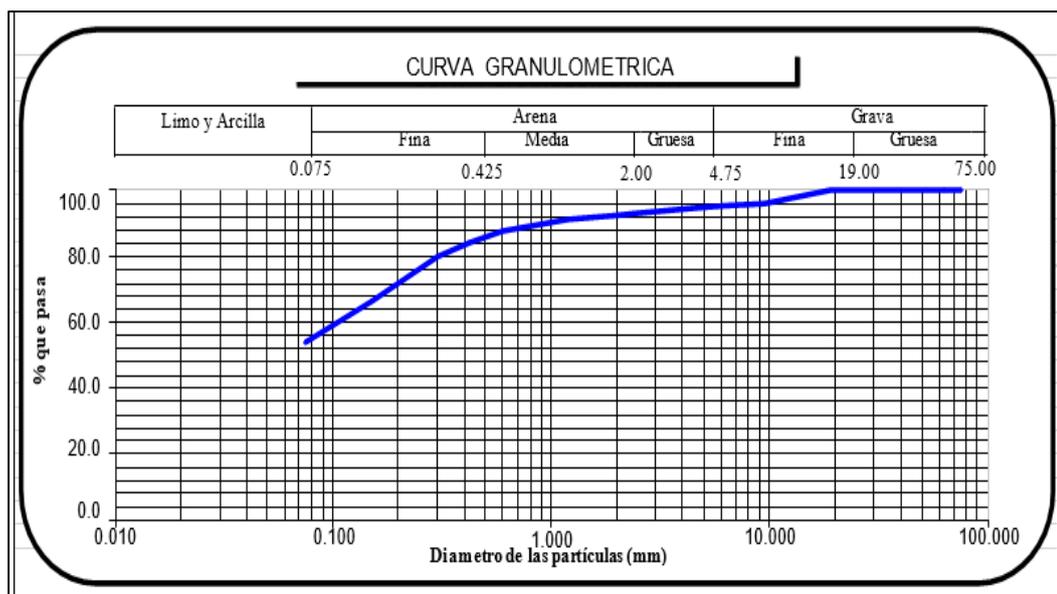


Figura 32. Curva granulométrica calicata C-3 / M-1  
Fuente: Elaborado por los autores

- **Muestra M-2**

Tabla 20. Tabla granulométrica calicata C-3 / M-2

Calicata		Muestra		Profundidad	
C-3		M-2		0.70 – 3.00	
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido		% Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	1872	23.40	23.40	76.60
1 ½"	38.100	640	8.00	31.40	68.60
1"	25.400	656	8.20	39.60	60.40
¾"	19.050	336	4.20	43.80	56.20
3/8"	9.525	512	6.40	50.20	49.80
N° 4	4.760	288	3.60	53.80	46.20
8	2.360	256	3.20	57.00	43.00
16	1.190	328	4.10	61.10	38.90
30	0.600	1064	13.30	74.40	25.60
40	0.420	664	8.30	82.70	17.30
50	0.300	480	6.00	88.70	11.30
100	0.149	584	7.30	96.00	4.00
200	0.074	160	2.00	98.00	2.00

D10	mm	0.272
D30	mm	0.796
D60	mm	24.786
Cu		91
Cc		0.094

Fuente: Elaborado por los autores

Para la calicata C-3 y muestra M-2 se obtuvo su coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura respectivos.

- Coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{24.786}{0.272} = 91$$

- Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{(0.796)^2}{0.272 * 24.786} = 0.094$$

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en la curva granulométrica:

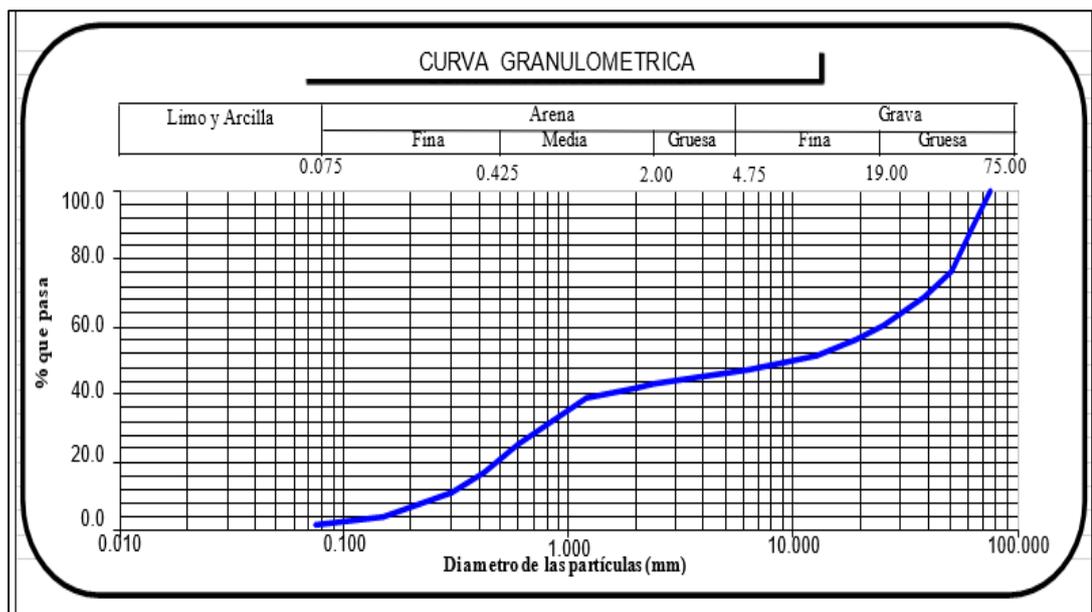


Figura 33. Curva granulométrica calicata C-3 / M-2  
Fuente: Elaborado por los autores

Tal como se ha demostrado, los ensayos de granulometría realizados para cada una de las muestras de las diferentes calicatas ha permitido obtener los datos necesarios así como las curvas granulométricas y, también, los coeficientes de uniformidad y el de curvatura; todos indispensables para la presente investigación. Realizando los ensayos de

granulometría para cada una de las muestras de las diferentes calicatas se obtuvo las curvas granulométricas mostradas en las figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31. Asimismo, los datos referidos al suelo en las tablas granulométricas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20; de igual modo, los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc).

### 5.1.2 Estudio de humedad

El conocimiento de la cantidad de agua presente en un suelo así como la cantidad de aire en este son datos muy relevantes que permiten explicar su comportamiento —especialmente en aquellos de textura más fina— en términos de cambios de volumen, cohesión o estabilidad mecánica.

#### Datos del ensayo

- Peso recipiente + suelo húmedo
- Peso recipiente + suelo seco
- Peso recipiente

#### Obtenemos

- Peso del agua en el suelo = (Peso recipiente + suelo húmedo) – (Peso recipiente + suelo seco)
- Peso del suelo seco = (Peso recipiente + suelo seco) – (Peso recipiente)

Contenido de humedad del suelo (porcentaje de humedad W%):

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua en el suelo}}{\text{Peso del suelo seco}} * 100$$

A continuación, se reemplaza en la fórmula los datos obtenidos en laboratorio para obtener el contenido de humedad (W%) conforme a lo recogido en cada calicata y muestra.

### Ensayo de la C-1:

a) Muestra M-1:

$$W\% = \frac{0.50 - 0.4646}{0.4646} * 100$$
$$W\% = 7.6$$

b) Muestra M-2:

$$W\% = \frac{0.45 - 0.4477}{0.4477} * 100$$
$$W\% = 0.50$$

c) Muestra M-3:

$$W\% = \frac{0.47 - 0.4612}{0.4612} * 100$$
$$W\% = 1.9$$

### Ensayo de la C-2:

a) Muestra M-1:

$$W\% = \frac{0.53 - 0.4948}{0.4948} * 100$$
$$W\% = 7.1$$

b) Muestra M-2:

$$W\% = \frac{0.38 - 0.3777}{0.3777} * 100$$
$$W\% = 0.6$$

c) Muestra M-3:

$$W\% = \frac{0.41 - 0.4008}{0.4008} * 100$$
$$W\% = 2.3$$

### Ensayo de la C-3:

a) Muestra M-1:

$$W\% = \frac{0.44 - 0.4066}{0.4066} * 100$$
$$W\% = 8.2$$

b) Muestra M-2:

$$W\% = \frac{0.42 - 0.4154}{0.4154} * 100$$

$$W\% = 1.1$$

Tabla 21. *Porcentaje de humedad de las calicatas*

SONDEO CALICATA	MUESTRA	W%
C-1	M-1	7.6
	M-2	0.5
	M-3	1.9
C-2	M-1	7.1
	M-2	0.6
	M-3	2.3
C-3	M-1	8.2
	M-2	1.1

Fuente: Elaborado por los autores

De los ensayos realizados para determinar la humedad natural del suelo, se ha identificado la presencia de mayores humedades en la parte superior de las calicatas; mientras que, en las partes inferiores, los valores son menores.

A continuación, se presentan los resultados:

- En la calicata C-1 tenemos 7.6% en la parte superior, 0.5% en la parte media y 1.9% en la parte inferior.
- En la calicata C-2 tenemos 7.1% en la parte superior, 0.6% en la parte media y 2.3% en la parte inferior.
- En la calicata C-3 tenemos 8.2% en la parte superior y 1.1% en la parte inferior.

### 5.1.2.1 Límite de consistencia de los suelos

- Calicata C-1

Tabla 22. Descripción de la calicata C-1

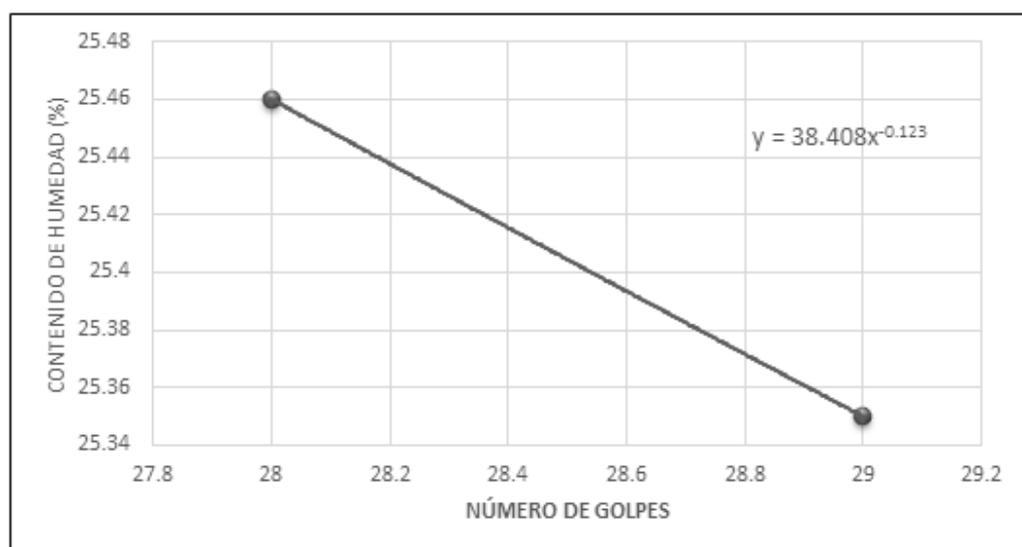
<b>Calicata</b>	C – 1
<b>Muestra</b>	M – 1
<b>Profundidad</b>	0.15 – 0.70

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 23. Límite de Atterberg / Calicata C-1 / M-1

LÍMITES DE ATTERBERG		LÍMITE LÍQUIDO (AS TMD-4318)			LÍMITE PLÁSTICO (AS TMD-4318)	
Número de golpes		28	29			
Peso recipiente – suelo	g	47.47	49.70		33.12	32.89
Peso recipiente + suelo seco	g	42.59	44.49		31.78	31.52
Peso recipiente	g	24.60	23.94		23.96	23.20
Peso del agua en el suelo	g	4.58	5.21		1.34	1.37
Peso del suelo seco	g	17.99	20.55		7.82	8.32
Contenido de humedad	%	25.46	25.35	25.41	17.14	16.47

Fuente: Elaborado por los autores



Fuente: Elaborado por los autores

- Límite líquido =  $38.408 \times 25^{-0.123} = 25.8$
- Límite plástico =  $\frac{17.14 + 16.47}{2} = 16.8$
- Índice de plasticidad =  $LL - LP = 25.8 - 16.8 = 8.9$

Tabla 24. Resultado de límites calicata C-1 / M-1

<b>Límite líquido</b>	25.8
<b>Límite plástico</b>	16.8
<b>Índice de plasticidad</b>	8.9
<b>Clasificación SUCS</b>	CL

Fuente: Elaborado por los autores

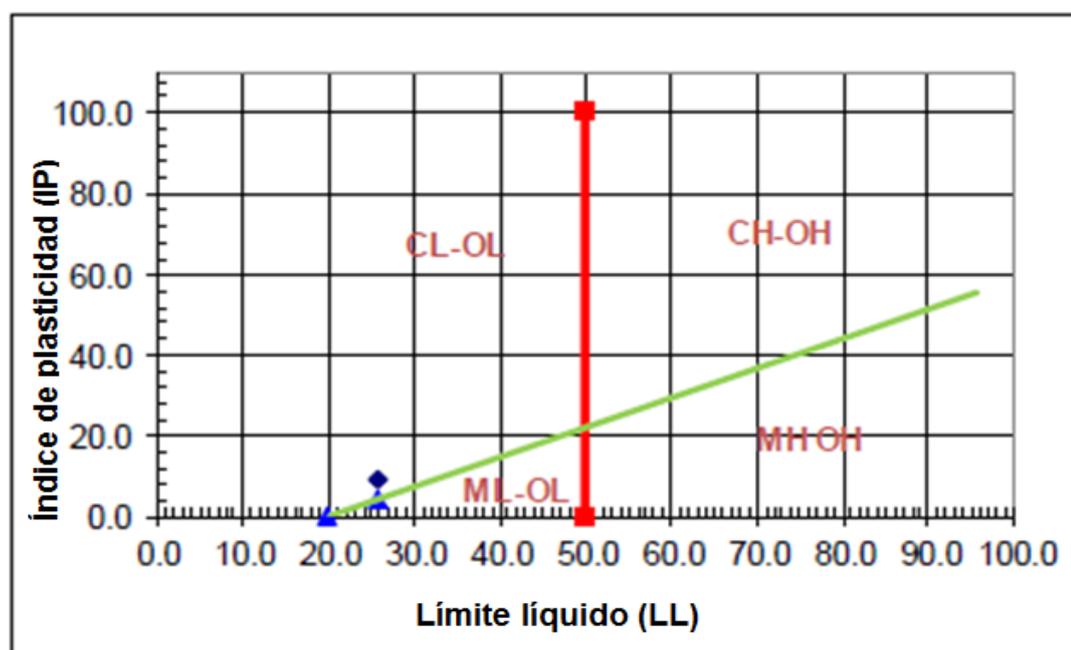


Figura 35. Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1

Fuente: Elaborado por los autores

En cuanto al límite de Atterberg realizado en el ensayo de laboratorio para la calicata C-1 y muestra M-1, se obtuvo que el límite líquido es de 25.8%; el límite plástico de 16.8% y el índice de plasticidad de 8.9%. De acuerdo con la clasificación SUCS del suelo, los resultados se corresponden con la denominación CL (Arcilla de baja plasticidad).

- **Calicata C-2**

Tabla 25. Descripción de la calicata C-2

<b>Calicata</b>	C – 2
<b>Muestra</b>	M – 1
<b>Profundidad</b>	0.15 – 0.80

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 26. Límite de Atterberg / Calicata C-2 / M-1

LÍMITES DE ATTERBERG		LÍMITE LÍQUIDO (AS TMD-4318)			LÍMITE PLÁSTICO (AS TMD-4318)	
Número de golpes		35	34			
Peso recipiente – suelo húmedo	g	47.12	49.62		33.09	32.76
Peso recipiente + suelo seco	g	42.56	44.38		31.72	31.48
Peso recipiente	g	24.62	23.80		23.87	23.14
Peso del agua en el suelo	g	4.56	5.24		1.37	1.28
Peso del suelo seco	g	17.94	20.58		7.85	8.34
Contenido de humedad	%	25.42	25.46	25.44	17.45	15.35

Fuente: Elaborado por los autores

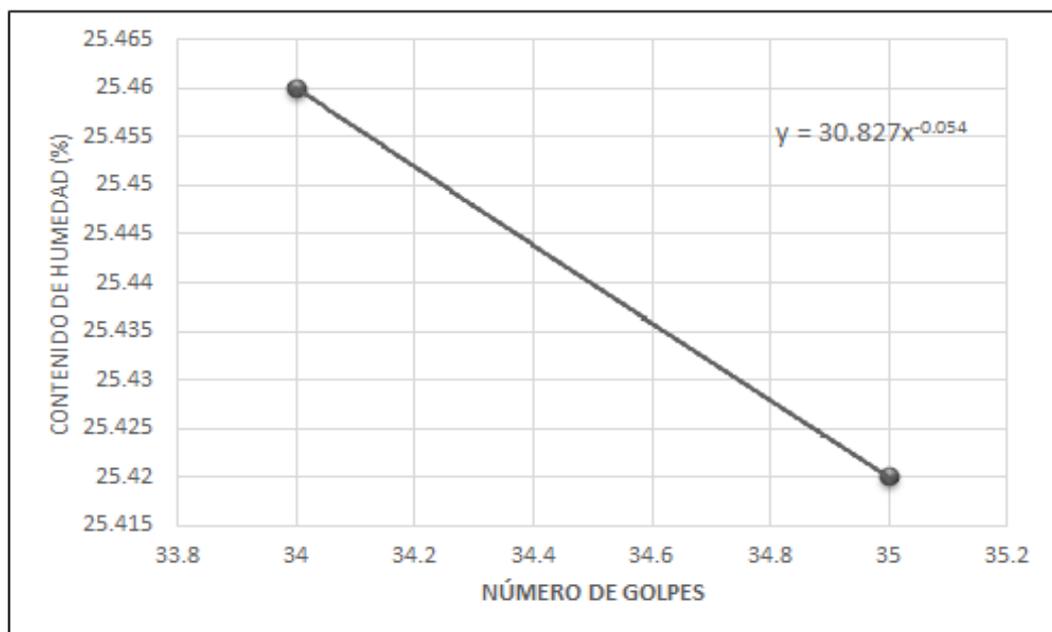


Figura 36. Determinación del límite líquido del suelo

Fuente: Elaboración por los autores

- Límite líquido =  $30.827 \times 25^{-0.054} = 25.9$
- Límite plástico =  $\frac{17.45 + 15.35}{2} = 16.4$
- Índice de plasticidad =  $LL - LP = 25.9 - 16.4 = 9.5$

Tabla 27. Resultado de límites calicata C-2 / M-1

<b>Límite líquido</b>	25.9
<b>Límite plástico</b>	16.4
<b>Índice de plasticidad</b>	9.5
<b>Clasificación SUCS</b>	CL

Fuente: Elaborado por los autores

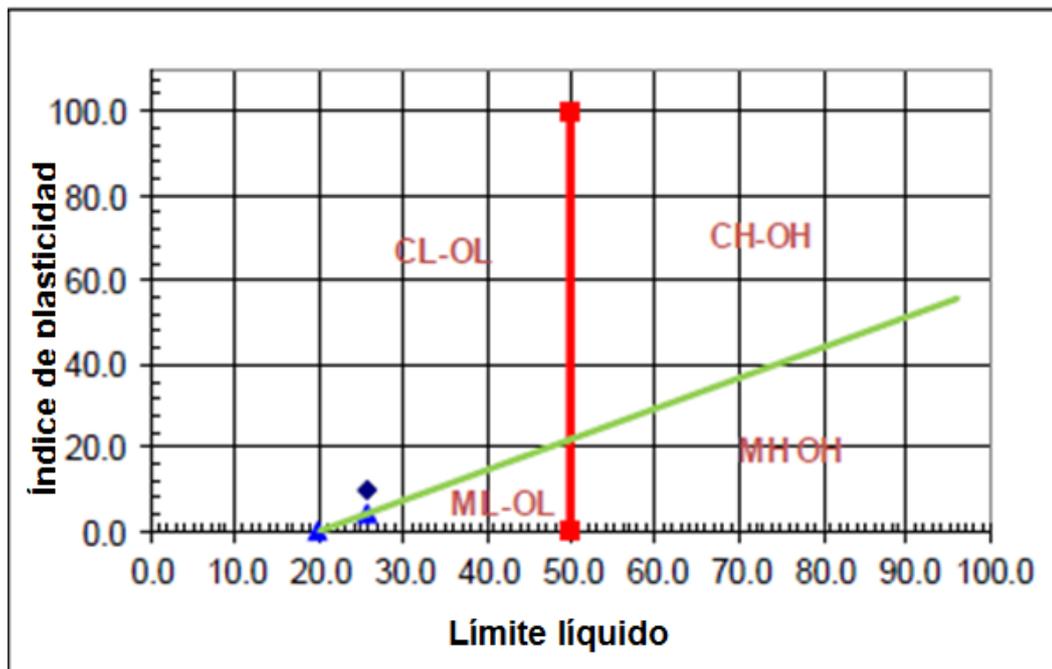


Figura 37. Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1

Fuente: Elaborado por los autores

En cuanto al límite de *Atterberg* realizado en el ensayo de laboratorio para la calicata C-2 y muestra M-1 se obtuvo que el límite líquido es de 25.9%, el límite plástico de 16.4% y el índice de plasticidad de 9.5%. Por tanto, sus resultados se corresponden con la denominación CL (Arcilla de baja plasticidad), de acuerdo con la clasificación SUCS.

- **Calicata C-3**

Tabla 28. Descripción de la calicata C-3

<b>Calicata</b>	C – 3
<b>Muestra</b>	M – 1
<b>Profundidad</b>	0.15 – 0.70

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 29. Límite de Atterberg / Calicata C-3 / M-1

LÍMITES DE ATTERBERG		LÍMITE LÍQUIDO (AS TMD-4318)			LÍMITE PLÁSTICO (AS TMD-4318)	
Número de golpes		26	25			
Peso recipiente – suelo húmedo	g	49.18	47.28		32.82	34.16
Peso recipiente + suelo seco	g	44.44	42.95		31.53	32.86
Peso recipiente	g	23.39	23.75		23.27	24.46
Peso del agua en el suelo	g	4.74	4.33		1.29	1.30
Peso del suelo seco	g	21.05	19.20		8.26	8.40
Contenido de humedad	%	22.52	22.55	22.53	15.62	15.48

Fuente: Elaborado por los autores

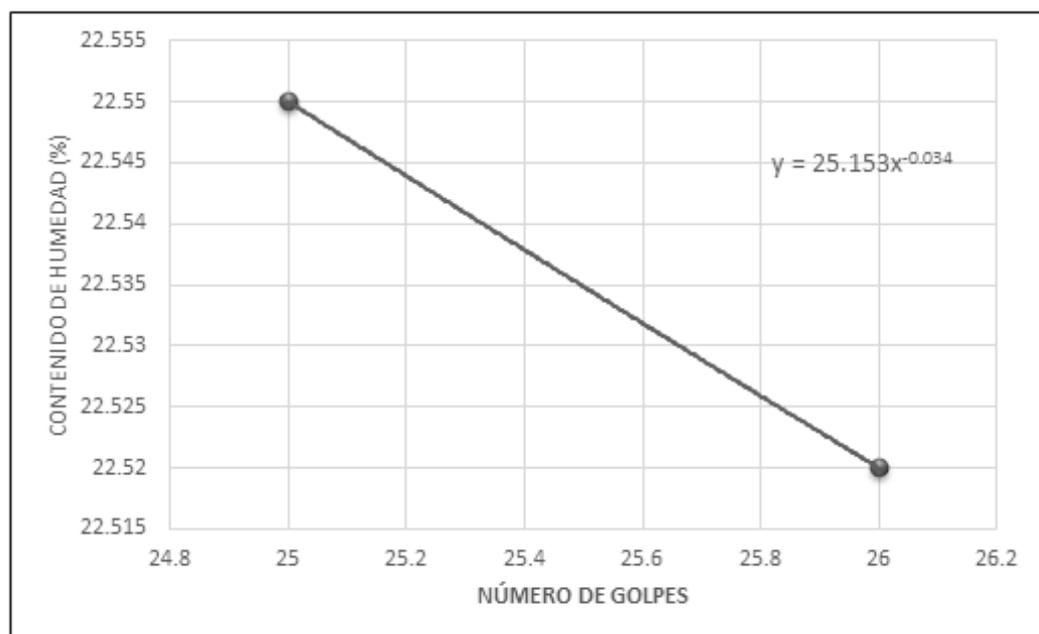


Figura 38. Determinación del límite líquido del suelo

Fuente: Elaborado por los autores

- Límite líquido =  $25.153 \times 25^{-0.034} = 22.5$
- Límite plástico =  $\frac{15.62 + 15.48}{2} = 15.5$
- Índice de plasticidad =  $LL - LP = 22.5 - 15.5 = 7$

Tabla 30. Resultado de límites calicata C-3 / M1

<b>Límite líquido</b>	22.5
<b>Límite plástico</b>	15.5
<b>Índice de plasticidad</b>	7.0
<b>Clasificación SUCS</b>	CL

Fuente: Elaborado por los autores

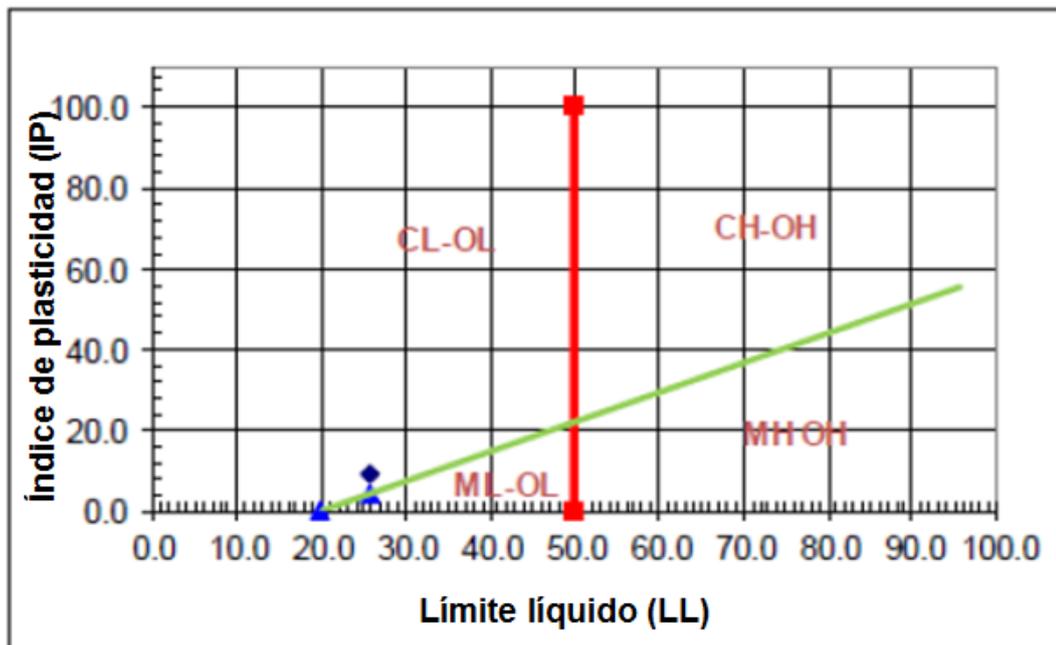


Figura 39. Gráfica de plasticidad SUCS / Calicata C-1 / M-1

Fuente: Elaborado por los autores

En cuanto al límite de Atterberg realizado en el ensayo de laboratorio para la calicata C-3 y muestra M-1 se obtuvo que el límite líquido es de 22.5%, el límite plástico de 15.5% y el índice de plasticidad de 7%. Los resultados obtenidos se corresponden, siguiendo la clasificación SUCS del suelo, la denominación CL-ML (Arcilla limosa).

En las siguientes tablas, se muestran los resultados respecto de la humedad natural presente en el suelo en cada una de las calicatas y niveles de muestreo. Los resultados obtenidos del estudio de humedad de la calicata C-1, C-2 y C-3 mediante el método de límites de *Atterberg* se logró a partir de un promedio general del límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, lo que conllevó a la determinación de la clasificación del suelo. A continuación, se describen los resultados:

Tabla 31. *Promedio general obtenido del estudio de humedad*

<b>Límite líquido</b>	24.73
<b>Límite plástico</b>	16.23
<b>Índice de plasticidad</b>	8.47
<b>Clasificación SUCS</b>	CL

Fuente: Elaborado por los autores

### 5.1.3 Estudio de densidad seca

Se ha calculado la densidad relativa de los suelos existentes a las profundidades estimadas.

- **Calicata C-1**

Tabla 32. *Descripción de la calicata C-1*

<b>Calicata</b>	C – 3
<b>Muestra</b>	M – 1
<b>Profundidad</b>	0.15 – 0.70

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 33. *Densidad de campo de la calicata C-1*

<b>DENSIDAD DE CAMPO</b>	
<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>
	<b>Densidad natural</b>
<b>Calicata</b>	<b>C-1</b>
Peso inicial de arena	8024
Peso residual arena	2668
Peso arena + cono	1733
Peso arena hueco	3623
Densidad arena	1.380
Volumen hueco	2625
Peso suelo extraído	5950
Peso de la grava	0
Densidad de la grava	2.700
Volumen de grava	000
Peso suelo	5950
Volumen del suelo	2625
Densidad húmeda	2.266
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Recipiente N°	
Peso suelo húmedo	1230.3
Peso suelo seco	1207
Contenido de humedad	1.9
<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	
Densidad seca	2.223
Densidad máxima	2.237
Densidad mínima	1.977
Grado de compactación (%)	95.4

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 34. *Mínima densidad*

DATOS BÁSICOS					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo (g)		10986.0	10870.0	10964.0
2	Peso del molde (g)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	Peso del suelo (g)	(1-2)	4257.0	4141.0	4235.0
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	Densidad seca mínima (g/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.999	1.944	1.988
6	Densidad seca mínima promedio (g/cm <sup>3</sup> )		1.977		

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 35. *Máxima densidad / Calicata C-1 / Datos básicos*

DATOS BÁSICOS				
1	Diámetro del molde (cm)	15.27	Peso del pisón (g)	4550
2	Altura del molde (cm)	11.63	Altura de caída del pisón (mm)	457.0
3	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2129.8	Número de capas	5
4	Peso del molde (g)	6729	Número de golpes	50

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 36. *Máxima densidad / Calicata C-1 / Resultados*

RESULTADOS				
Descripción		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo compactado PSO (g)	11498	11587	11393
2	Peso del molde (g)	6729	6729	6729
3	Peso del suelo compactado (g)	4769	4858	4664
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130	2130	2130
5	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.239	2.281	2.190
6	Densidad seca máxima promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.237	

Fuente: Elaborado por los autores

Donde:

$$Dr = \frac{Yd - Ydmin}{Ydmax - Ydmin} * \frac{Ydmax}{Yd} * 100$$

- Dr = Densidad relativa
- Yd = Densidad natural
- Ydmax = Densidad máxima
- Ydmin = Densidad mínima

Se presenta los resultados de los ensayos en la siguiente tabla:

Tabla 37. *Resumen de los ensayos de densidad*

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Densidad mínima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad natural seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> )
C-1	M-3	3.60 – 6.00	1.977	2.237	2.223	95.4

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 38. *Descripción del suelo según la densidad relativa*

Densidad relativa (%)	Denominación
0 – 15	Muy suelto
15 – 35	Suelto
35 – 65	Medio
65 – 85	Denso
<b>85 - 100</b>	<b>Muy denso</b>

Fuente: Elaborado por los autores

De los resultados obtenidos referentes a la densidad del suelo en las calicatas C-1, muestra M-3, se pudo conocer, mediante el método del cono de arena, que la densidad natural seca de campo es de 2.223 gr/cm<sup>3</sup>; donde la densidad mínima resultó ser 1.977 gr/cm<sup>3</sup>; mientras que la máxima fue de 2.237 gr/cm<sup>3</sup> (ambos valores hallados en el laboratorio).

Por tanto, se puede advertir que el suelo trabajado en la obra tiene buena resistencia, ya que la densidad natural seca se aproxima a la máxima del laboratorio. Asimismo, la densidad relativa, calculada mediante la fórmula presentada líneas arriba, fue de 95.4%.

Esto permite afirmar, según la tabla 38, que el suelo de la obra le corresponde la denominación de Muy denso.

- **Calicata C-2**

Tabla 39. *Descripción de la Calicata C-2*

<b>Calicata</b>	C – 2
<b>Muestra</b>	M – 3
<b>Profundidad</b>	3.00 – 6.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 40. *Densidad de campo / calicata C-2*

<b>DENSIDAD DE CAMPO</b>	
<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>
	<b>Densidad natural</b>
<b>Calicata</b>	<b>C-1</b>
Peso inicial de arena	8024
Peso residual arena	2667
Peso arena + cono	1732
Peso arena hueco	3623
Densidad arena	1.381
Volumen hueco	2625
Peso suelo extraído	5951
Peso de la grava	0
Densidad de la grava	2.700
Volumen de grava	000
Peso suelo	5953
Volumen del suelo	2622
Densidad húmeda	2.270
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Recipiente N°	
Peso suelo húmedo	1232
Peso suelo seco	1208
Contenido de humedad	2.3
<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	
Densidad seca	2.219
Densidad máxima	2.238
Densidad mínima	1.930
Grado de compactación (%)	94.6

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 41. *Mínima densidad / calicata C-2*

DATOS BÁSICOS					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo (g)		10987.0	10873.0	10964.0
2	Peso del molde (g)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	Peso del suelo (g)	(1-2)	4253.0	4142.0	4234.0
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	Densidad seca mínima (g/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.900	1.960	1.930
6	Densidad seca mínima promedio (g/cm <sup>3</sup> )		1.930		

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 42. *Máxima densidad / calicata C-2 / Datos básicos*

DATOS BÁSICOS				
1	Diámetro del molde (cm)	15.27	Peso del pisón (g)	4550
2	Altura del molde (cm)	11.63	Altura de caída del pisón (mm)	457.0
3	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2129.8	Número de capas	5
4	Peso del molde (g)	6729	Número de golpes	50

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 43. *Máxima densidad / calicata C-2 / Resultados*

RESULTADOS				
Descripción		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo compactado PSO (g)	11498	11587	11393
2	Peso del molde (g)	6729	6729	6729
3	Peso del suelo compactado (g)	4765	4868	4664
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130	2130	2130
5	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.230	2.265	2.220
6	Densidad seca máxima promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.238		

Fuente: Elaborado por los autores

Donde:

$$Dr = \frac{Yd - Ydmin}{Ydmax - Ydmin} * \frac{Ydmax}{Yd} * 100$$

- Dr = Densidad relativa
- Yd = Densidad natural
- Ydmax = Densidad máxima
- Ydmin = Densidad mínima

Se presenta los resultados de los ensayos en la tabla 44:

Tabla 44. *Resumen de los ensayos de densidad*

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Densidad mínima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad natural seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> )
C-2	M-3	3.60 – 6.00	1.930	2.238	2.219	95.6

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 45. *Descripción del suelo según la densidad relativa*

Densidad relativa (%)	Denominación
0 – 15	Muy suelto
15 – 35	Suelto
35 – 65	Medio
65 – 85	Denso
<b>85 - 100</b>	<b>Muy denso</b>

Fuente: Elaborado por los autores

De los resultados de densidad del suelo en las calicatas C-2, muestra M-3, se pudo conocer la densidad natural seca de campo, a partir del método del cono de arena, la cual es de 2.219 gr/cm<sup>3</sup>; donde las densidades mínima y máxima, halladas en el laboratorio, fueron de 1.930 gr/cm<sup>3</sup> y 2.238 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Por ello, es plausible concluir que el suelo trabajado en la obra tiene buena resistencia; puesto que la densidad natural seca se aproxima a la máxima del laboratorio. De igual modo, la densidad relativa, calculada mediante la fórmula descrita anteriormente, fue de 94.6%.

En efecto, según la descripción presentada en la tabla 45, el suelo de la obra es considerada como **Muy denso**.

- **Calicata C-3**

Tabla 46. *Descripción de la calicata C-3*

<b>Calicata</b>	C – 3
<b>Muestra</b>	M – 2
<b>Profundidad</b>	3.00 – 6.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 47. Densidad de campo de la calicata C-3

<b>DENSIDAD DE CAMPO</b>	
<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>
	<b>Densidad natural</b>
<b>Calicata</b>	<b>C-1</b>
Peso inicial de arena	8026
Peso residual arena	2667
Peso arena + cono	1733
Peso arena hueco	3624
Densidad arena	1.380
Volumen hueco	2628
Peso suelo extraído	5956
Peso de la grava	0
Densidad de la grava	2.700
Volumen de grava	000
Peso suelo	5948
Volumen del suelo	2617
Densidad húmeda	2.273
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Recipiente N°	
Peso suelo húmedo	1234.2
Peso suelo seco	1210
Contenido de humedad	1.1
<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	
Densidad seca	2.248
Densidad máxima	2.269
Densidad mínima	1.939
Grado de compactación (%)	94.5

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 48. *Mínima densidad / calicata C-3*

DATOS BÁSICOS					
			Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo (g)		10984.0	10874.0	10971.0
2	Peso del molde (g)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	Peso del suelo (g)	(1-2)	4254.0	4142.0	4237.0
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	Densidad seca mínima (g/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.980	1.840	1.996
6	Densidad seca mínima promedio (g/cm <sup>3</sup> )		1.939		

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 49. *Máxima densidad / calicata C-3 / Datos básicos*

DATOS BÁSICOS				
1	Diámetro del molde (cm)	15.27	Peso del pisón (g)	4550
2	Altura del molde (cm)	11.63	Altura de caída del pisón (mm)	457.0
3	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2129.8	Número de capas	5
4	Peso del molde (g)	6729	Número de golpes	50

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 50. *Máxima densidad / calicata C-3 / Resultados*

RESULTADOS				
Descripción		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	Peso del molde + suelo compactado PSO (g)	11496	11575	11386
2	Peso del molde (g)	6729	6729	6729
3	Peso del suelo compactado (g)	4762	4851	4659
4	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130	2130	2130
5	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.242	2.276	2.288
6	Densidad seca máxima promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.269		

Fuente: Elaborado por los autores

Donde:

$$Dr = \frac{Yd - Ydmin}{Ydmax - Ydmin} * \frac{Ydmax}{Yd} * 100$$

- Dr = Densidad relativa
- Yd = Densidad natural
- Ydmax = Densidad máxima
- Ydmin = Densidad mínima

Se presenta los resultados de los ensayos en la tabla 51:

Tabla 51. Resumen de los ensayos de densidad

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Densidad mínima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad natural seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> )
C-3	M-2	3.60 – 6.00	1.939	2.269	2.248	94.5

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 52. Descripción del suelo según la densidad relativa

Densidad relativa (%)	Denominación
0 – 15	Muy suelto
15 – 35	Suelto
35 – 65	Medio
65 – 85	Denso
<b>85 - 100</b>	<b>Muy denso</b>

Fuente: Elaborado por los autores

De los resultados obtenidos respecto a la densidad del suelo en las calicatas C-3, muestra M-2, se pudo conocer, mediante el método del cono de arena, que la densidad natural seca de campo es de 2.248 gr/cm<sup>3</sup>; donde la densidad mínima resultó ser 1.939 gr/cm<sup>3</sup>; mientras que la máxima fue de 2.269 gr/cm<sup>3</sup> —ambos valores hallados en el laboratorio. Por tanto, se puede colegir que el suelo trabajado en la obra tiene buena resistencia, ya que la densidad natural seca se aproxima a la máxima del laboratorio. Asimismo, la densidad relativa, calculada mediante la fórmula presentada líneas arriba, fue de 94.5%. Esto permite afirmar, según la tabla 52, que el suelo de la obra es denominado **Muy denso**.

Los resultados obtenidos del estudio de densidad seca de la calicata C-1, C-2 y C-3 permitieron poder calcular el promedio general para determinar la densidad mínima, densidad máxima, densidad natural seca y densidad relativa. A continuación, presentamos los resultados:

Tabla 53. *Promedio general obtenido del estudio de densidad seca*

Densidad mínima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad natural seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> )
1.949	2.248	2.230	94.8

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 54. *Descripción del suelo según la densidad relativa*

Densidad relativa (%)	Denominación
0 – 15	Muy suelto
15 – 35	Suelto
35 – 65	Medio
65 – 85	Denso
<b>85 - 100</b>	<b>Muy denso</b>

Fuente: Elaborado por los autores

Realizado el ensayo para el cálculo de la densidad de campo se ejecutó en cada una de las calicatas, a partir del método del cono de arena. Los resultados obtenidos son presentados en las tablas 37, 44 y 51; mientras que el promedio general en la tabla 53.

#### 5.1.4 Estudio de resistencia del aire

Se realizó el ensayo de corte directo a la muestra alterada obtenida de la calicata C-1, C-2 y C-3 con la finalidad de determinar los parámetros de resistencia al corte de suelo. Dicho ensayo se dio sobre una muestra remoldeada a la densidad del campo. Por otro lado, para determinar los parámetros mecánicos, se ejecutó según la norma Corte directo ASTM-D-3080.

- **Calicata C-1**

En la tabla 56 se muestran las pruebas de corte directo realizadas en la calicata C-1. Allí se puede observar la evolución de la deformación de las muestras de suelo; de modo más concreto, cómo es la evolución del esfuerzo cortante a la velocidad de corte de 0.5mm/min. Dicha evolución también puede ser visualizada en la figura 40. Asimismo, en la figura 41 se observa la relación de los esfuerzos normales y cortantes aplicados en las muestras de la calicata; a partir de los cuales, se halló las ecuaciones de esfuerzo cortante en función de los esfuerzos normales, lo que permitió determinar los parámetros que definen la resistencia del suelo cohesión (C) y ángulo de fricción ( $\phi$ ).

Tabla 55. Descripción de la calicata C-1

<b>Calicata</b>	C – 2
<b>Muestra</b>	M – 3
<b>Clasificación SUCS</b>	GP
<b>Velocidad corte</b>	0.5 mm/min

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 56. Resultados de calicata C-1 / M-3

<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm
<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm
<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>
<b>Densidad:</b>	2.266	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.266	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.266	g/cm <sup>2</sup>
<b>Humedad inicial:</b>	1.9	%	<b>Humedad inicial:</b>	1.9	%	<b>Humedad inicial:</b>	1.9	%
<b>Humedad final:</b>	17.3	%	<b>Humedad final:</b>	17.1	%	<b>Humedad final:</b>	16.6	%
<b>Esfuerzo normal:</b>	0.63	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	1.26	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	2.53	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo corte:</b>	0.680	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	1.397	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	2.470	Kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000
0.05	0.083	0.132
0.09	0.138	0.218
0.19	0.191	0.302
0.28	0.241	0.381
0.47	0.314	0.494
0.71	0.377	0.592
0.94	0.431	0.674
1.18	0.471	0.735
1.42	0.511	0.794
1.65	0.534	0.828
1.89	0.559	0.864
2.36	0.589	0.905
2.83	0.617	0.941
3.31	0.627	0.950
3.78	0.638	0.962
4.25	0.648	0.971
4.72	0.661	0.984
5.67	0.673	0.989
6.61	0.680	0.987
7.56	0.605	0.866
8.50	0.562	0.794
9.45	0.563	0.785
10.39	0.551	0.758
11.34	0.542	0.735

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.18	0.14
0.09	0.20	0.16
0.19	0.36	0.28
0.28	0.45	0.36
0.47	0.55	0.43
0.71	0.68	0.54
0.94	0.78	0.61
1.18	0.84	0.66
1.42	0.94	0.73
1.65	0.98	0.76
1.89	1.03	0.79
2.36	1.11	0.85
2.83	1.17	0.89
3.31	1.23	0.93
3.78	1.28	0.96
4.25	1.31	0.98
4.72	1.36	1.01
5.67	1.40	1.03
6.61	1.38	1.00
7.56	1.30	0.93
8.50	1.22	0.86
9.45	1.20	0.83
10.39	1.17	0.80
11.34	1.15	0.78

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.27	0.11
0.09	0.50	0.20
0.19	0.76	0.30
0.28	0.90	0.35
0.47	1.11	0.44
0.71	1.31	0.52
0.94	1.45	0.57
1.18	1.55	0.60
1.42	1.70	0.66
1.65	1.76	0.68
1.89	1.83	0.71
2.36	1.96	0.75
2.83	2.06	0.79
3.31	2.17	0.82
3.78	2.26	0.85
4.25	2.32	0.87
4.72	2.40	0.89
5.67	2.47	0.91
6.61	2.43	0.88
7.56	2.35	0.84
8.50	2.25	0.79
9.45	2.20	0.77
10.39	2.16	0.74
11.34	2.13	0.72

Fuente: Elaborado por los autores

Observación: Muestra remoldeada a 1.808 gr/cm<sup>3</sup>

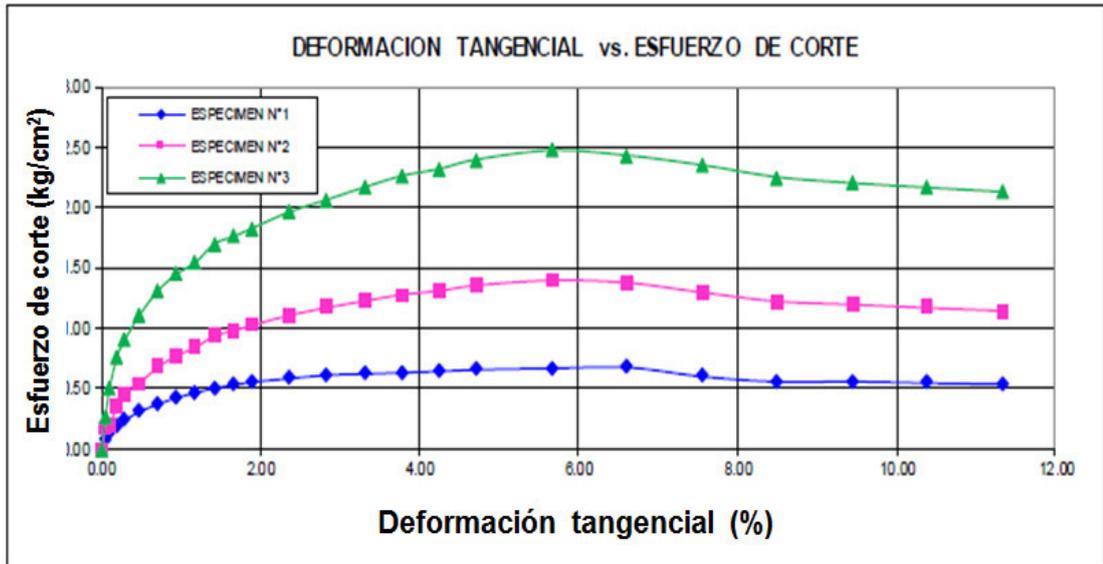


Figura 40. Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-1 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

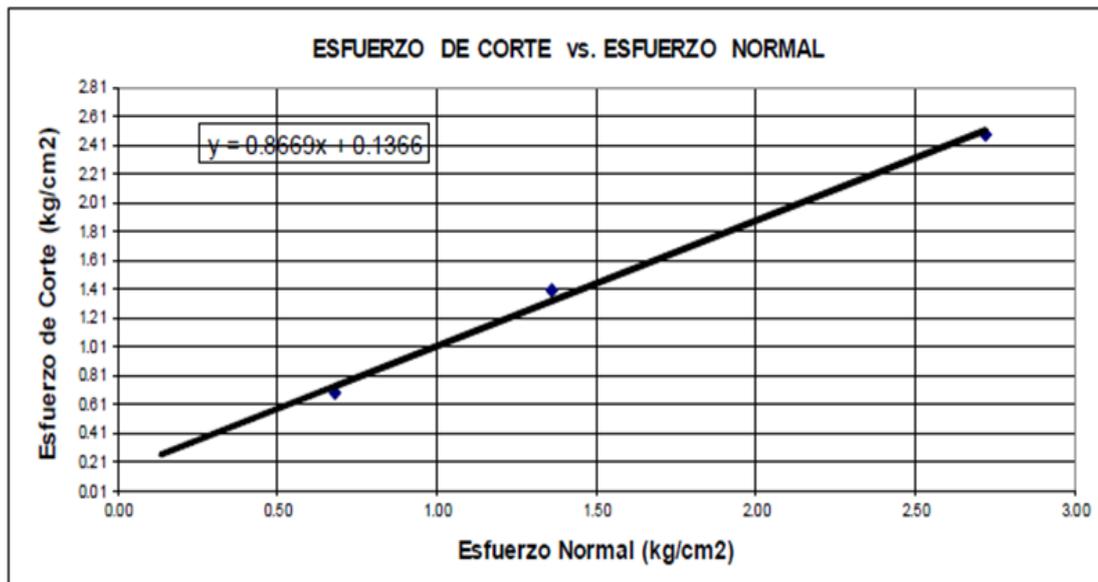


Figura 41. Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-1 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 57. Resumen del ensayo de corte directo

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción $\theta$ (°)
C-1	M-3	3.00 – 6.00	GP	0.137	40.92

Fuente: Elaborado por los autores

- **Parámetro para muros de contención y/o calzaduras**

El suelo adyacente al muro de contención ejerce sobre este una fuerza que tiende a deslizarlo. La determinación de estas fuerzas se basa en los coeficientes de empuje activo ( $K_a$ ) y pasivo ( $K_p$ ).

El empuje activo considera a aquella parte del suelo, generadora del efecto de movimiento sobre la estructura; por otro lado, el empuje pasivo considera a la parte del suelo que queda opuesta a la zona del empuje activo y que colabora a su sostenimiento.

Se ha tenido en cuenta que el muro es vertical y el terreno horizontal, de allí que los valores de  $K_a$  y  $K_p$  es el siguiente:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

El ángulo de fricción interna, hallada en la calicata, para gravas pobremente gradadas con la densidad húmeda de 2.266 gr/cm<sup>3</sup> es de 40.92°.

A continuación, se muestra los cálculos de coeficiente de empuje:

Tabla 58. *Cálculo de coeficiente de empuje*

Litología	$K_a$	$K_p$	$K_o$
GP	0.21	4.80	0.34

Fuente: Elaborado por los autores

Mediante la siguiente fórmula se obtiene el valor del empuje activo del suelo:

$$E = \phi * H * K_a * A$$

Donde:

- $E$ =Empuje activo
- $\phi$ = Densidad húmeda

- H= Altura
- Ka= Coeficiente de empuje activo
- A= Área

Remplazando se obtiene:

- $\Phi = 2.266 \frac{gr}{cm^3} = 2266 \frac{kg}{m^3}$
- H= 3.70 m
- Ka= 0.21
- A=  $5.50 \cdot 3.70 = 20.35m^2$

$$E_1 = 2266 * 3.70 * 0.21 * 20.35 = 35829.88 \text{ kg}$$

$$E_1 = 351.37 \text{ K}$$

- **Calicata C-2**

En la tabla 60 se muestra las pruebas de corte directo realizadas en la calicata C-2. Allí se puede observar la evolución de la deformación de las muestras de suelo, esto es, el proceso de evolución del esfuerzo cortante a la velocidad de corte de 0.5mm/min. Dicha evolución puede ser visualizada en la figura 42. De igual modo, en la figura 43, se presenta la relación de los esfuerzos normales y cortantes aplicados en las muestras de la calicata, a partir de los cuales se halló las ecuaciones de esfuerzo cortante en función de los esfuerzos normales y así posibilitar la determinación de los parámetros que definen la resistencia del suelo cohesión (C) y el ángulo de fricción ( $\phi$ ).

Tabla 59. Descripción de la calicata C-2

<b>Calicata</b>	C – 2
<b>Muestra</b>	M – 3
<b>Clasificación SUCS</b>	GP
<b>Velocidad corte</b>	0.5 mm/min

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 60. Resultados de calicata C-2 / M-3

<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm
<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm
<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>
<b>Densidad:</b>	2.270	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.270	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.270	g/cm <sup>2</sup>
<b>Humedad inicial:</b>	2.3	%	<b>Humedad inicial:</b>	2.3	%	<b>Humedad inicial:</b>	2.3	%
<b>Humedad final:</b>	17.3	%	<b>Humedad final:</b>	17.1	%	<b>Humedad final:</b>	16.6	%
<b>Esfuerzo normal:</b>	0.63	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	1.26	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	2.53	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo corte:</b>	0.684	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	1.41	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	2.480	Kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000
0.05	0.084	0.131
0.09	0.130	0.212
0.19	0.193	0.300
0.28	0.244	0.380
0.47	0.312	0.495
0.71	0.375	0.591
0.94	0.432	0.672
1.18	0.470	0.733
1.42	0.514	0.796
1.65	0.533	0.828
1.89	0.558	0.868
2.36	0.585	0.908
2.83	0.615	0.948
3.31	0.625	0.955
3.78	0.633	0.963
4.25	0.644	0.971
4.72	0.662	0.986
5.67	0.671	0.985
6.61	0.684	0.981
7.56	0.605	0.866
8.50	0.562	0.795
9.45	0.563	0.786
10.39	0.554	0.755
11.34	0.543	0.733

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.19	0.15
0.09	0.28	0.16
0.19	0.32	0.25
0.28	0.44	0.32
0.47	0.51	0.46
0.71	0.67	0.52
0.94	0.78	0.60
1.18	0.84	0.66
1.42	0.94	0.72
1.65	0.98	0.76
1.89	1.00	0.79
2.36	1.12	0.84
2.83	1.14	0.88
3.31	1.26	0.93
3.78	1.28	0.95
4.25	1.31	0.94
4.72	1.36	1.00
5.67	1.40	1.08
6.61	1.38	1.05
7.56	1.30	0.92
8.50	1.22	0.84
9.45	1.21	0.81
10.39	1.18	0.83
11.34	1.17	0.75

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.25	0.12
0.09	0.49	0.21
0.19	0.71	0.30
0.28	0.94	0.35
0.47	1.12	0.45
0.71	1.32	0.53
0.94	1.45	0.55
1.18	1.55	0.60
1.42	1.70	0.63
1.65	1.76	0.69
1.89	1.83	0.78
2.36	1.96	0.76
2.83	2.06	0.78
3.31	2.17	0.83
3.78	2.26	0.89
4.25	2.32	0.83
4.72	2.40	0.84
5.67	2.48	0.90
6.61	2.44	0.85
7.56	2.36	0.86
8.50	2.27	0.75
9.45	2.24	0.73
10.39	2.18	0.72
11.34	2.15	0.78

Fuente: Elaborado por los autores

Observación: Muestra remoldeada a 1.809 gr/cm<sup>3</sup>

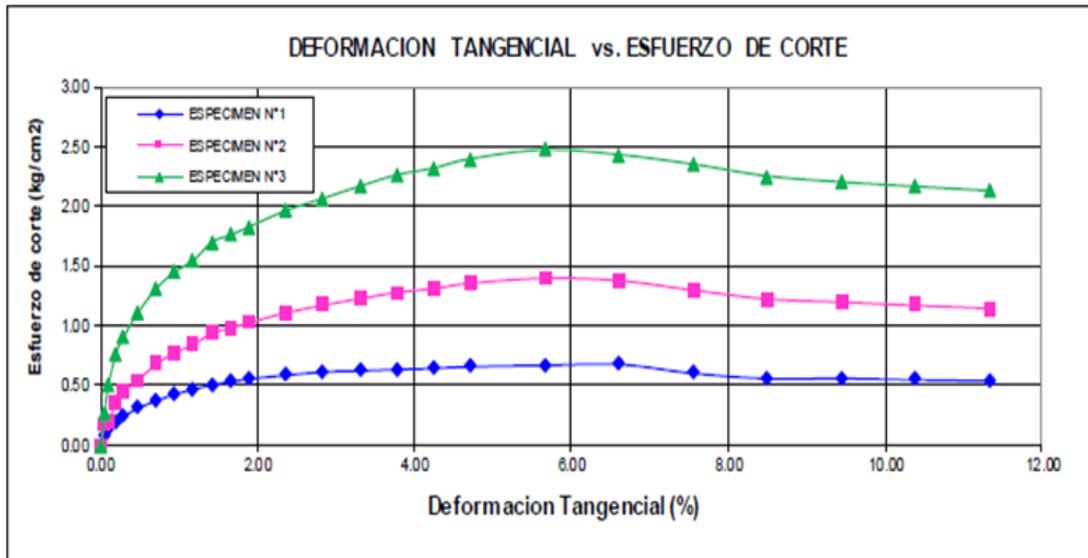


Figura 42. Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-2 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

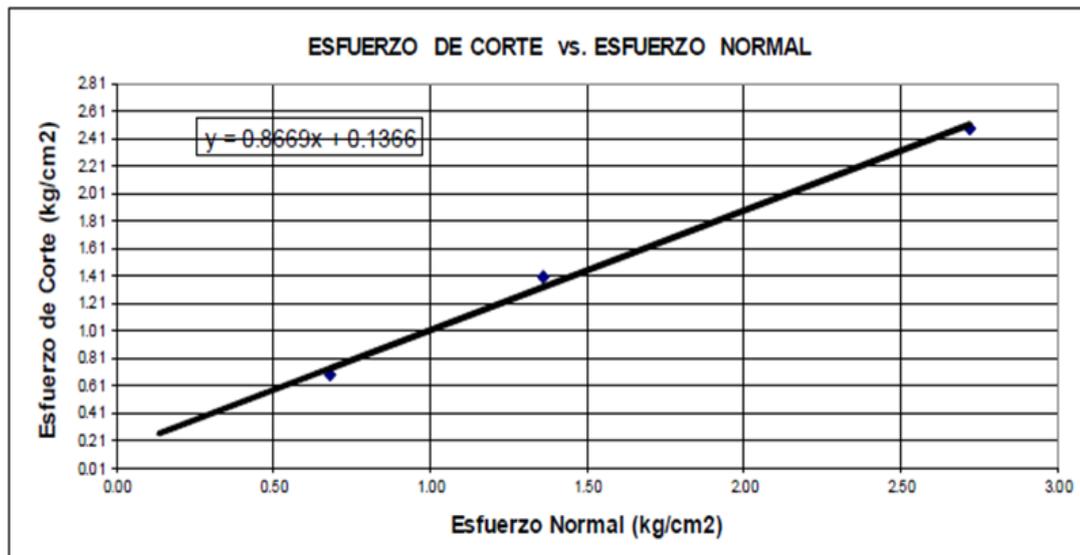


Figura 43. Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-2 / M-3  
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 61. Resumen del ensayo de corte directo

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción $\theta$ (°)
C-2	M-3	3.00 – 6.00	GP	0.152	39.00

Fuente: Elaborado por los autores

- **Parámetros para muros de contención y/o calzaduras**

El suelo adyacente al muro de contención ejerce sobre este una fuerza que tiende a deslizarlo. La determinación de estas fuerzas se basa en los coeficientes de empuje activo ( $K_a$ ) y pasivo ( $K_p$ ).

El empuje activo considera a la parte del suelo que genera el efecto de movimiento sobre la estructura; mientras que el empuje pasivo considera a la parte del suelo opuesta a la zona de empuje activo y que colabora a su sostenimiento.

Teniendo en cuenta que el muro es vertical y el terreno horizontal, el valor de  $K_a$  y  $K_p$  es el siguiente:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

El ángulo de fricción interna, hallado en la calicata, para gravas pobremente gradadas con la densidad húmeda de  $2.270 \text{ gr/cm}^3$  es de  $39.00^\circ$ .

A continuación, se muestran los cálculos de coeficiente de empuje:

Tabla 62. *Cálculo de coeficiente de empuje*

Litología	$K_a$	$K_p$	$K_o$
GP	0.23	4.39	0.34

Fuente: Elaborado por los autores

Mediante la fórmula siguiente se obtiene el empuje activo del suelo:

$$E = \phi * H * K_a * A$$

Donde:

- $E$ =Empuje activo
- $\Phi$ = Densidad húmeda

- H= Altura
- Ka= Coeficiente de empuje activo
- A= Área

Remplazando se obtiene:

- $\Phi = 2.270 \frac{gr}{cm^3} = 2270 \frac{kg}{m^3}$
- H= 3.70 m
- Ka= 0.23
- $A = 5.50 * 3.70 = 20.35m^2$

$$E_2 = 2270 * 3.70 * 0.23 * 20.35 = 39311.52 \text{ kg}$$

$$E_2 = 385.51 \text{ KN}$$

- **Calicata C-3**

En la tabla 64, se muestran las pruebas de corte directo realizadas en la calicata C-3. En esta se puede observar la evolución de la deformación de las muestras de suelo; es decir, cómo se da el proceso de evolución del esfuerzo cortante a la velocidad de corte 0.5mm/min. Dicha evolución puede ser también visualizada en la figura 44. Por otro lado, en la figura 45, se muestra la relación de los esfuerzos normales y cortantes aplicados en las muestras de la calicata, los cuales permitieron hallar las ecuaciones de esfuerzo cortante en función de los esfuerzos normales y así determinar los parámetros que definen la resistencia del suelo cohesión (C) y ángulo de fricción ( $\phi$ ).

Tabla 63. *Descripción de la calicata C-3*

<b>Calicata</b>	C – 3
<b>Muestra</b>	M – 2
<b>Clasificación SUCS</b>	GP
<b>Velocidad corte</b>	0.5 mm/min

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 64. Resultados de calicata C-3 / M-2

<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm	<b>Altura inicial:</b>	26.4	mm
<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm	<b>Lado de caja:</b>	63.5	mm
<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>	<b>Área inicial:</b>	31.7	cm <sup>2</sup>
<b>Densidad:</b>	2.273	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.273	g/cm <sup>2</sup>	<b>Densidad:</b>	2.273	g/cm <sup>2</sup>
<b>Humedad inicial:</b>	1.1	%	<b>Humedad inicial:</b>	1.1	%	<b>Humedad inicial:</b>	1.1	%
<b>Humedad final:</b>	17.3	%	<b>Humedad final:</b>	17.1	%	<b>Humedad final:</b>	16.6	%
<b>Esfuerzo normal:</b>	0.63	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	1.26	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo normal:</b>	2.53	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo corte:</b>	0.680	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	1.397	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esfuerzo corte:</b>	2.470	Kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000
0.05	0.082	0.134
0.09	0.133	0.217
0.19	0.192	0.301
0.28	0.242	0.380
0.47	0.314	0.493
0.71	0.377	0.593
0.94	0.431	0.675
1.18	0.470	0.736
1.42	0.513	0.797
1.65	0.531	0.825
1.89	0.554	0.866
2.36	0.585	0.903
2.83	0.611	0.942
3.31	0.620	0.954
3.78	0.633	0.965
4.25	0.641	0.973
4.72	0.661	0.984
5.67	0.672	0.986
6.61	0.689	0.986
7.56	0.602	0.864
8.50	0.560	0.793
9.45	0.561	0.782
10.39	0.553	0.757
11.34	0.548	0.734

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.17	0.13
0.09	0.22	0.12
0.19	0.35	0.21
0.28	0.43	0.35
0.47	0.54	0.43
0.71	0.63	0.55
0.94	0.76	0.68
1.18	0.84	0.68
1.42	0.91	0.74
1.65	0.92	0.79
1.89	1.06	0.73
2.36	1.12	0.88
2.83	1.11	0.82
3.31	1.24	0.99
3.78	1.28	0.95
4.25	1.30	0.97
4.72	1.34	1.00
5.67	1.48	1.05
6.61	1.39	1.02
7.56	1.36	0.94
8.50	1.27	0.89
9.45	1.23	0.82
10.39	1.14	0.82
11.34	1.18	0.79

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de corte (%)	Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00
0.05	0.26	0.14
0.09	0.51	0.21
0.19	0.78	0.32
0.28	0.92	0.34
0.47	1.12	0.48
0.71	1.33	0.56
0.94	1.42	0.54
1.18	1.59	0.63
1.42	1.78	0.64
1.65	1.77	0.66
1.89	1.82	0.72
2.36	1.98	0.79
2.83	2.09	0.75
3.31	2.10	0.83
3.78	2.26	0.80
4.25	2.31	0.86
4.72	2.40	0.88
5.67	2.48	0.93
6.61	2.44	0.82
7.56	2.33	0.82
8.50	2.24	0.76
9.45	2.21	0.78
10.39	2.15	0.72
11.34	2.14	0.74

Fuente: Elaborado por los autores

Observación: Muestra remoldeada a 1.806 gr/cm<sup>3</sup>

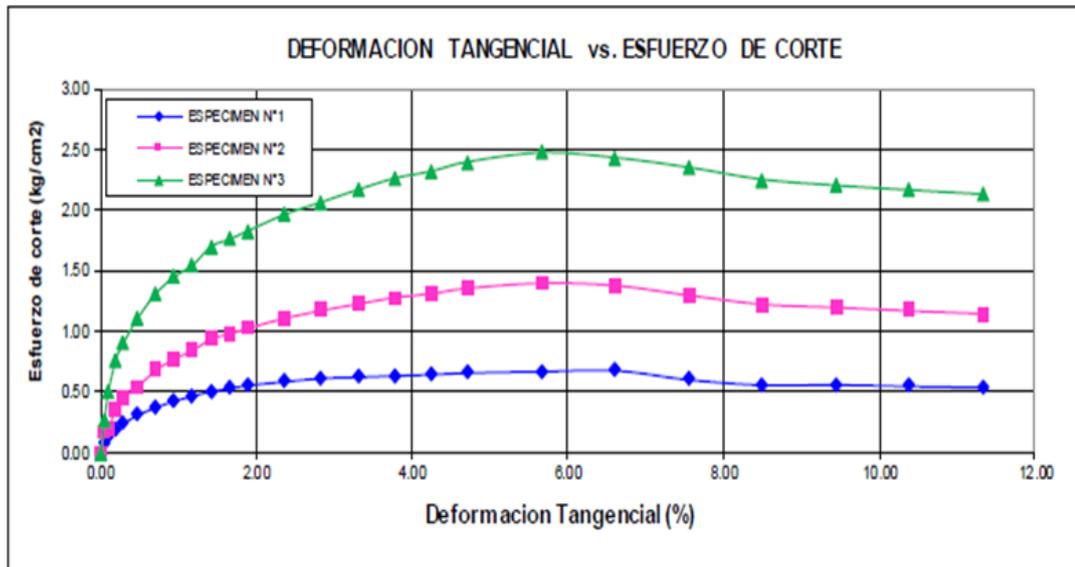


Figura 44. Deformación tangencial vs Esfuerzo de corte / calicata C-3 / M-2  
Fuente: Elaborado por los autores

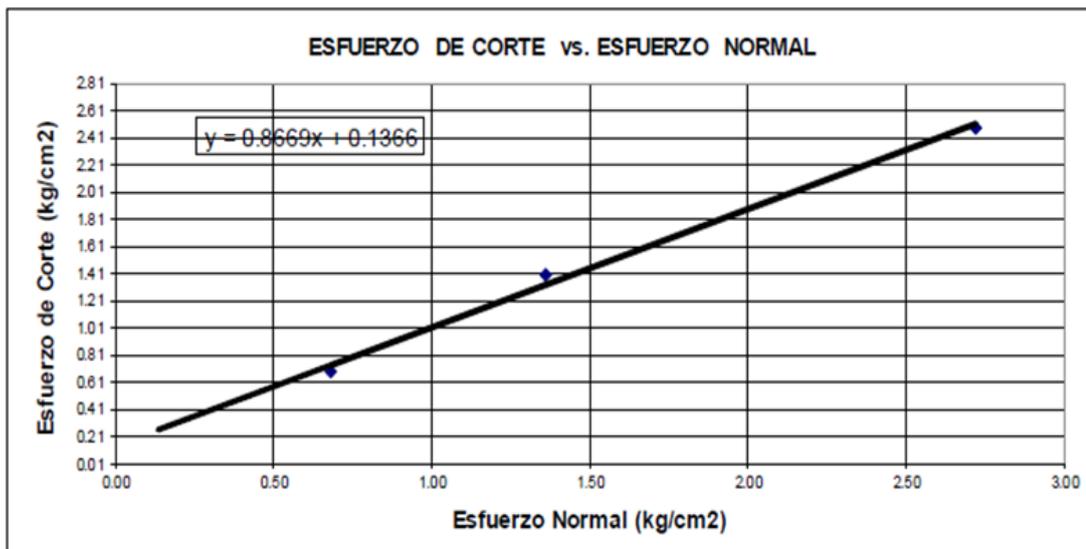


Figura 45. Esfuerzo de corte vs Esfuerzo normal / calicata C-3 / M-2  
Fuente: Elaborado por los autores

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los ensayos especiales:

Tabla 65. Resumen del ensayo de corte directo

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción $\theta$ (°)
C-3	M-2	0.70 – 3.00	GP	0.145	39.50

Fuente: Elaborado por los autores

- **Parámetros para muros de contención y/o calzaduras**

El suelo adyacente al muro de contención ejerce sobre este una fuerza que tiende a deslizarlo. La determinación de estas fuerzas se basa en los coeficientes de empuje activo ( $K_a$ ) y pasivo ( $K_p$ ).

El empuje activo considera la parte del suelo que es el que produce el efecto de movimiento sobre la estructura. El empuje pasivo considera la parte del suelo que queda opuesto a la zona de empuje activo y que colabora a su sostenimiento.

Teniendo que en cuenta que el muro es vertical y el terreno horizontal, el valor de  $K_a$  y  $K_p$  es el siguiente:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

El ángulo de fricción interna, hallado en la calicata, para gravas pobremente gradadas con la densidad de 2.273 gr/cm<sup>3</sup> es de 39.50°.

A continuación, se muestra los cálculos de coeficiente de empuje:

Tabla 66. *Cálculo de coeficiente de empuje*

Litología	$K_a$	$K_p$	$K_o$
GP	0.22	4.49	0.34

Fuente: Elaborado por los autores

Mediante la siguiente fórmula se obtiene el empuje activo del suelo:

$$E = \phi * H * K_a * A$$

Donde:

- $E$ =Empuje activo
- $\phi$ = Densidad húmeda

- H= Altura
- Ka= Coeficiente de empuje activo
- A= Área

Remplazando se obtiene:

- $\Phi = 2.273 \frac{gr}{cm^3} = 2273 \frac{kg}{m^3}$
- H= 3.70 m
- Ka= 0.22
- $A = 5.50 * 3.70 = 20.35m^2$

$$E_3 = 2273 * 3.70 * 0.22 * 20.35 = 37652.02 \text{ kg}$$

$$E_3 = 369.24 \text{ KN}$$

Mediante los ensayos de corte directo, se ha determinado la relación entre el esfuerzo normal aplicado y el esfuerzo cortante realizado, tal como se indica en las figuras 41, 43 y 45. Una vez especificado estos valores en un gráfico de coordenadas cartesianas, se obtuvo la curva de esfuerzo cortante, la cual permite conocer los parámetros de resistencia del suelo como cohesión (C) y el ángulo de fricción ( $\phi$ ) (Véase tablas 57, 61 y 65); todo ello con el objetivo de poder determinar el empuje activo del suelo demostrado en  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$ , lo que posibilita conocer el promedio general: 368.71 KN por módulo de 20.35 m<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

El objetivo general de la presente tesis es determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros anclados con anclaje temporal. Por ello, se realizaron ensayos de características mecánicas, los cuales permitieron realizar el análisis en función de los cuatro objetivos planteados en la presente investigación.

En el ensayo de la granulometría, se pudo observar que los resultados de las muestras de las tres calicatas posibilitaron realizar, para cada muestra, la clasificación de suelo correspondiente mediante el sistema SUCS y observar su respectivo perfil estratigráfico.

El estudio de humedad determinará la cantidad de agua (libre) que posee una muestra de suelo con respecto al peso seco de la muestra; lo que influirá en la determinación de la resistencia del concreto que se le aplicará al muro pantalla ya sea de mayor o menor medidas.

El estudio de densidad seca permite determinar el tipo de inyección que se le aplicará al suelo, donde la densidad es un factor relevante, ya que a menor densidad del suelo el tipo de inyección necesaria ha de ser menor al diámetro del bulbo.

El estudio de resistencia del suelo permite establecer el valor de la resistencia al esfuerzo cortante o capacidad portante del suelo y así obtener la capacidad de carga que debe de ser utilizada en el bulbo; todo ello con la finalidad de determinar el espesor del muro pantalla que sostendrá el talud.

## CONCLUSIONES

El presente informe tiene una gran influencia en el desarrollo del estudio de mecánica de suelos para el diseño de los muros anclados en el proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima, ya que tiene como propósito identificar características mecánicas del suelo. A continuación, se presentan las conclusiones del presente estudio:

1. El estudio de granulometría influye para la elección del tipo de inyección necesaria para la ejecución de los muros anclados temporalmente. De acuerdo con el estudio en las calicatas de C-1, C-2 y C-3, se obtuvo un suelo de GP (gravas pobremente gradadas), el cual permitió concluir que para la ejecución del proyecto solo es necesaria una inyección en el suelo.
2. El estudio de humedad del suelo influye para determinar la calidad y resistencia del concreto requerido para el proyecto. Los resultados obtenidos arrojaron un límite líquido de 24.73%, un límite plástico de 16.23% y un índice de plasticidad de 8.47%. Todo ello permitió conocer la cantidad de agua presente en el suelo y así determinar la resistencia del concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> para el muro pantalla.
3. El estudio de densidad seca influye en la determinación del tipo de inyección. Los resultados obtenidos arrojaron una densidad mínima de 1.949 gr/cm<sup>3</sup> y la máxima de 2.248 gr/cm<sup>3</sup>. Por ello, teniendo en cuenta que la densidad natural seca es de 2.230 gr/cm<sup>3</sup>, la cual se aproxima a la densidad máxima hallada, es factible afirmar que solo será necesario una única inyección para la fijación del suelo.
4. El estudio de resistencia del suelo influye en el diseño del espesor del muro pantalla, el cual tiene como función el sostenimiento del talud. El promedio general de  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$  generó un valor de 368.71 KN como empuje activo por módulo de 20.35 m<sup>2</sup>, lugar donde se realizó el espesor de muro de 0.30 m.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar el estudio de mecánica de suelos, ya que este permitirá obtener un dictamen de las características y propiedades del suelo y proporcionar así seguridad a un proyecto que ejecutará los muros anclados.
2. Realizar una prueba de laboratorio del estudio de mecánicas, ya que dichos resultados proporcionarán información necesaria para el diseño de la construcción de muros anclados.
3. Es necesario realizar los ensayos de granulometría, humedad del suelo, densidad seca y resistencia del suelo para poder diseñar y estabilizar el proceso constructivo de los muros anclados.
4. Contrastar los conceptos científicos obtenidos en la universidad en el periodo de la ejecución de esta obra.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aliaga C, y Rojas, J. (2010). *La Investigación Científica*. (1ra. ed.) Lima: Ediciones San Marcos.
- ASTM D2487-17. (2017). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), *ASTM International*, West Conshohocken, PA.
- Bowles, J. (2001). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. México: Ediciones McGraw Hill Latinoamericana S.A.
- Braja M. Das. (2001). *Fundamentos de ingeniería de geotécnica* (1ra. ed). México: Thomson Learning.
- Braja M. Das. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma. ed.). México: Cengage Learning.
  - Cerna, A. (2011), en su tesis *Análisis y diseño de muros anclados para estabilización de excavaciones profundas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Ingeniería, Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3318>.
- Couto, J. (2011). *Experimental, Numerical and Virtual Tolls in Civil Engineering*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – “Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education”. April 4-6, 2010, Amman, Jordan, 1162-1165.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos*. (5ta ed.). México: Ediciones LIMUSA.
- Crespo, C. (2007). *Mecánica de suelo y cimentaciones*. (6ta ed.). México: Limusa.
- Díaz, J. (2014). *Mecánica de suelos*. México: Trillas.
- Dirección General de Carreteras (2001). *Guía para el diseño y ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera*. España. Recuperado de <https://www.fomento.es/NR/rdonlyres/13F15DA8-5568-4BF2-B380.../0710300.pdf>.

- DSI Catálogo DSI - DYWIDAG CONSTRUCCIÓN PERÚ S.A.C. (2016). Recuperado de [https://www.dsi-peru.com/uploads/media/DSI-Gama-de-Productos-Geotecnicos-DYWIDAG\\_sa.pdf](https://www.dsi-peru.com/uploads/media/DSI-Gama-de-Productos-Geotecnicos-DYWIDAG_sa.pdf).
- Flores, L. y Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Laboratorio de Física de Suelos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Geofundaciones del Perú (2017). *Manual de proceso constructivo de los muros anclados*.
- Macedo, A. (2016). *Análisis comparativo de la ejecución de anclajes pasivos y permanentes en un suelo aluvial*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4203>.
- Malo, D. (2018), elaboró la tesis denominada *Metodología de construcción de muros anclados en sótano de parqueos del proyecto inmobiliario ágora XXI, ciudad viva*. (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29213/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Dennis%20Malo%20David%20-%20ENERO%202018.pdf>.
- Murillo, T. y Ortuño, L. (2004). *Curso sobre taludes naturales y de desmonte en obras lineales*. España: Intenvia.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.128 (2016). Método de ensayo de Análisis Granulométrico.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.129 (2016). Método de ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.143 (2016). Método de ensayo de Densidad in-situ mediante el método de cono de arena.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.171 (2016). Método de ensayo de Corte Directo.

- Paredes, J. (2015). *Determinación del coeficiente de resistencia al corte unitario entre la unión bulbo anclado y suelo arenoso para diseño de anclaje*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4203>.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). Norma E-050 suelos y cimentaciones.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), Norma Técnica de Edificaciones E- 030 - Diseño Sismorresistente.
- Salgado, M. (2007). *Anclaje en Suelos*. [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez, J. (2009a). *Deslizamientos*. Volumen I: Análisis geotécnico. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Suárez, J. (2009b). *Deslizamientos*. Volumen II: Técnicas de remediación. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Tomás, R. et al. (2015). *Herramientas de Aprendizaje de Mecánica de Suelos*. España: Universidad de Alicante.

## **ANEXOS**

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Anexo N°2: Resultado del estudio de suelo

Anexo N°3: Plano de Ubicación

Anexo N°4: Plano de muros anclados

Anexo N°5: Panel Fotográfico

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN EL DISEÑO DE MUROS CON ANCLAJE TEMPORAL EN UN SÓTANO DEL PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO BREÑA - LIMA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿En qué medida influye el <b>estudio de la granulometría</b> del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?</li> <li>✓ ¿En qué medida influye el <b>estudio de la humedad</b> del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?</li> <li>✓ ¿En qué medida influye el <b>estudio de la densidad seca</b> del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?</li> <li>✓ ¿En qué medida influye el <b>estudio de la resistencia</b> del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluar la influencia del estudio de la granulometría del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ Evaluar la influencia del estudio de la humedad del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ Evaluar la influencia del estudio de la densidad seca del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ Evaluar la influencia del estudio de la resistencia del suelo para el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b> Realizar un estudio de mecánica de suelos es determinante en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</p> <p><b>Hipótesis específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El estudio de la granulometría del suelo influye para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ El estudio de la humedad del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ El estudio de la densidad seca del suelo incide para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> <li>✓ El estudio de la resistencia del suelo influye para determinar el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima.</li> </ul>	<p><b>VARIABLES</b></p> <p><b>Dependiente:</b> Diseño de muros con anclaje temporal.</p> <p><b>Independiente:</b> Estudio de mecánica de suelos.</p> <p><b>Dependiente:</b> Diseño de muros con anclaje temporal.</p> <p><b>Independiente:</b> Estudio de la granulometría.</p> <p><b>Dependiente:</b> Diseño de muros con anclaje temporal.</p> <p><b>Independiente:</b> Estudio de la humedad del suelo.</p> <p><b>Dependiente:</b> Diseño de muros con anclaje temporal.</p> <p><b>Independiente:</b> Estudio de la densidad seca.</p> <p><b>Dependiente:</b> Diseño de muros con anclaje temporal.</p> <p><b>Independiente:</b> Estudio de la resistencia del suelo</p>	<p><b>Indicadores:</b></p> <p>Coficiente de Uniformidad Coficiente de curvatura Curva Granulométrica</p> <p>% de humedad natural Peso seco, Peso húmedo</p> <p>Grado de compactación Densidad seca de campo con cono de arena</p> <p>Cohesión Angulo de Fricción Curva de Deformación Esfuerzo cortante para diferentes Esfuerzos normales</p>	<p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p><b>Observacional:</b> porque los resultados fueron obtenidos durante los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.</p> <p><b>Longitudinal:</b> porque todas las pruebas y ensayos se realizaron tanto en campo como en laboratorio.</p> <p><b>Prospectiva:</b> Se evaluarán los resultados que se darán durante la ejecución del proyecto mediante datos numéricos que se expresarán en cuadros y gráficos.</p> <p><b>Tipo de Investigación</b> Es de tipo <b>aplicada</b> porque nos permitirá realizar una evaluación detallada. De enfoque <b>cuantitativo</b> porque se tomarán datos de campo y se evaluarán en laboratorio mediante ensayos y se harán los cálculos correspondientes.</p> <p><b>Nivel de Investigación</b> <b>Descriptivo:</b> porque se detallará los procedimientos de los ensayos realizados en el laboratorio.</p> <p><b>Muestra</b> La muestra de la investigación es un área de 629.64 m<sup>2</sup> en el Proyecto Residencial Aguarico en el Distrito de Breña, Departamento de Lima.</p> <p><b>Instrumentos</b> Estudio mecánico de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo granulométrico</li> <li>✓ Ensayo de humedad</li> <li>✓ Ensayo de densidad seca</li> <li>✓ Ensayo de la resistencia</li> </ul> <p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se realizó mediante hojas de cálculo.</li> <li>➤ Se presentaron a través de gráficos y cuadros detallados.</li> <li>➤ Se realizará el estudio de suelo.</li> <li>➤ Se realizará el proceso constructivo de los muros anclados temporalmente.</li> </ul>

Fuente: Elaborado por los autores

## ANEXO 2: RESULTADO DEL ESTUDIO DE SUELO



### ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV. LIMA, LIMA  
**FECHA :** jun-17      **REGISTRO :** 266-17 / SU 02      **REALIZADO :** J.G.C.  
**REVISADO :** Ing. I.C.L.

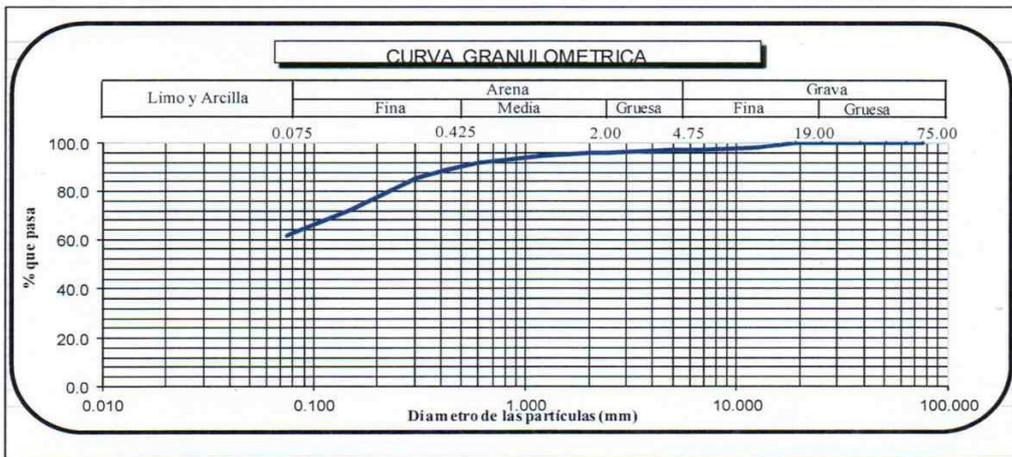
Sondaje	C-1
Muestra	M-1
Profundidad (m)	0.15-0.70

Humedad Natural	%W		7.6
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	25.8
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	16.8
Indice Plasticidad	IP		8.9
Clasificación	SUCS	ASTM D-2487	CL
Clasificación	AASHTO	ASTM D-3282	A-6 (7)

Malla	% que	
	Tamiz	mm. Pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.600	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.050	100.0
3/8"	9.525	97.8
No4	4.760	97.0
8	2.360	96.2
16	1.190	94.9
30	0.600	92.0
40	0.420	89.1
50	0.300	85.4
100	0.149	72.5
200	0.074	61.9

% GRAVA	3.0	Gruesa	0.0
		Fina	3.0
% ARENA	35.1	Gruesa	1.1
		Media	6.8
		Fina	27.2
% FINO	61.9		61.9

D10	mm	
D30	mm	
D60	mm	
Cu		
Cc		



OBSERVACIONES :



**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA :** jun-17      **REGISTRO :** 267-17 / SU 02      **REALIZADO :** J.G.C.  
**REVISADO :** Ing I.C.L.

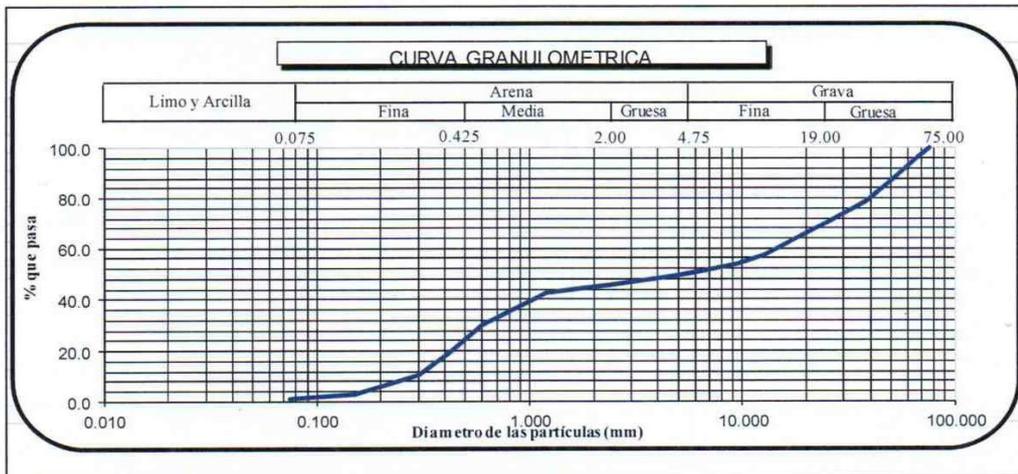
Sondaje	C-1
Muestra	M-2
Profundidad (m)	0.70-3.00

Humedad Natural	%W		0.5
Límite Líquido	LL	ASTM D-4318	0.0
Límite Plástico	LP	ASTM D-4318	NP
Índice Plasticidad	IP		NP
Clasificación	SUCS	ASTM D-2487	GP
Clasificación	AASHTO	ASTM D-3282	A-1-a (0)

Malla	Tamiz	mm.	% que Pasa
	3"	76.200	100.0
	2"	50.600	87.6
	1 1/2"	38.100	78.6
	1"	25.400	70.4
	3/4"	19.050	65.2
	3/8"	9.525	54.1
	No4	4.760	49.4
	8	2.360	45.8
	16	1.190	42.5
	30	0.600	30.1
	40	0.420	19.4
	50	0.300	10.9
	100	0.149	2.8
	200	0.074	1.2

% GRAVA	50.6	Gruesa	57.6
		Fina	15.8
% ARENA	48.2	Gruesa	4.4
		Media	25.7
		Fina	18.1
% FINO	1.2		1.2

D10	mm	0.283
D30	mm	0.598
D60	mm	14.613
Cu		51.630
Cc		0.086



OBSERVACIONES : .....

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA

**FECHA :** jun-17

**REGISTRO :** 268-17 / SU 02

**REALIZADO :** J.G.C.

**REVISADO :** Ing I.C.L.

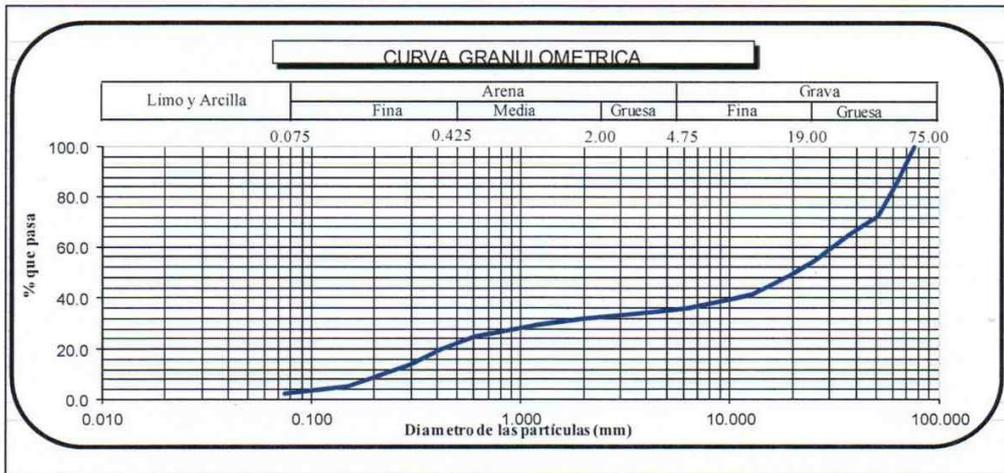
<b>Sondaje</b>	C-1
<b>Muestra</b>	M-3
<b>Profundidad (m)</b>	3.00-6.00

<b>Humedad Natural</b>	%W		1.9
<b>Limite Liquido</b>	LL	ASTM D-4318	0.0
<b>Limite Plastico</b>	LP	ASTM D-4318	NP
<b>Indice Plasticidad</b>	IP		NP
<b>Clasificacion</b>	SUCS	ASTM D-2487	GP
<b>Clasificacion</b>	AASHTO	ASTM D-3282	A-1-a (0)

Malla	Tamiz	mm.	% que	
			Pasa	Retiene
3"		76.200	100.0	
2"		50.600	72.4	
1 1/2"		38.100	65.5	
1"		25.400	54.3	
3/4"		19.050	48.5	
3/8"		9.525	38.9	
No4		4.760	35.2	
8		2.360	32.5	
16		1.190	29.8	
30		0.600	24.9	
40		0.420	20.0	
50		0.300	14.3	
100		0.149	5.4	
200		0.074	2.2	

% GRAVA	64.8	Gruesa	67.1
		Fina	13.3
% ARENA	33.0	Gruesa	3.4
		Media	11.8
		Fina	17.8
% FINO	2.2		2.2

<b>D10</b>	mm	0.227
<b>D30</b>	mm	1.263
<b>D60</b>	mm	31.861
<b>Cu</b>		140.273
<b>Cc</b>		0.220



**OBSERVACIONES :** .....

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA :** jun-17      **REGISTRO :** 269-17 / SU 02      **REALIZADO :** J.G.C.  
**REVISADO :** Ing. I.C.L.

Sondaje	C-2
Muestra	M-1
Profundidad (m)	0.15-0.80

Humedad Natural	%W		7.1
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	25.9
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	16.4
Indice Plasticidad	IP		9.5
Clasificación	SUCS	ASTM D-2487	CL
Clasificación	AASHTO	ASTM D-3282	A-6 (7)

Malla	Tamiz	mm.	% que Pasa
3"		76.200	100.0
2"		50.600	100.0
1 1/2"		38.100	100.0
1"		25.400	100.0
3/4"		19.050	100.0
3/8"		9.525	98.0
No4		4.760	97.2
8		2.360	96.4
16		1.190	95.2
30		0.600	92.3
40		0.420	89.5
50		0.300	85.9
100		0.149	73.0
200		0.074	62.4

% GRAVA	2.8	Gruesa	0.0
		Fina	2.8
% ARENA	34.8	Gruesa	1.0
		Media	6.7
		Fina	27.1
% FINO	62.4		62.4

D10	mm	
D30	mm	
D60	mm	
Cu		
Cc		



**OBSERVACIONES :** .....

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17 **REGISTRO** : 270-17 / SU 02 **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing I.C.L.

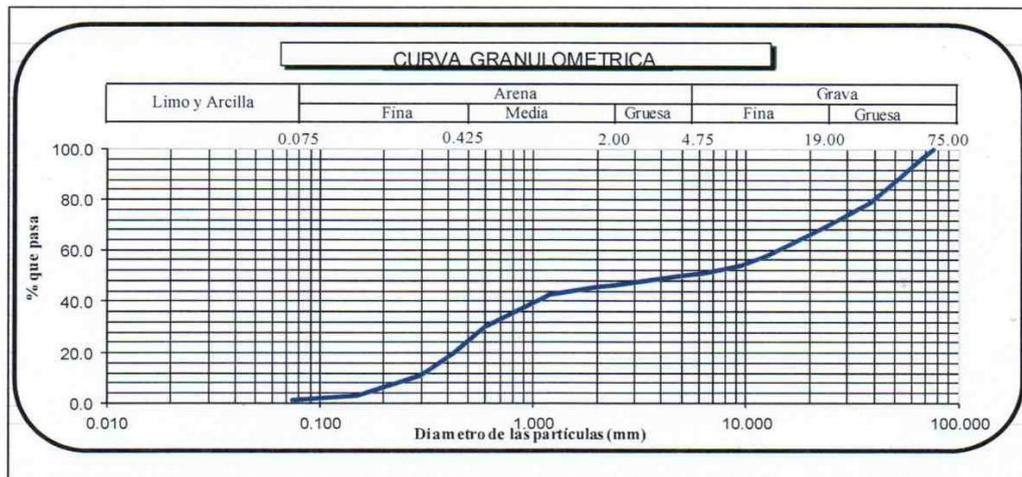
Sondaje	C-2
Muestra	M-2
Profundidad (m)	0.80-3.00

Humedad Natural	%W		0.6
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	0.0
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	NP
Indice Plasticidad	IP		NP
Clasificacion	SUCS	ASTM D-2487	GP
Clasificacion	AASHTO	ASTM D-3282	A-1-a (0)

Malla	% que	
	Tamiz	mm. Pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.600	87.6
1 1/2"	38.100	78.8
1"	25.400	70.6
3/4"	19.050	65.4
3/8"	9.525	54.2
No4	4.760	49.5
8	2.360	46.1
16	1.190	42.7
30	0.600	30.2
40	0.420	19.4
50	0.300	11.0
100	0.149	2.8
200	0.074	1.3

% GRAVA	50.5	Gruesa	57.6
		Fina	15.9
% ARENA	48.2	Gruesa	4.1
		Media	26.0
		Fina	18.1
% FINO	1.3		1.3

D10	mm	0.282
D30	mm	0.596
D60	mm	14.480
Cu		51.318
Cc		0.087



OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17 **REGISTRO** : 271-17 / SU 02 **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing. I.C.L.

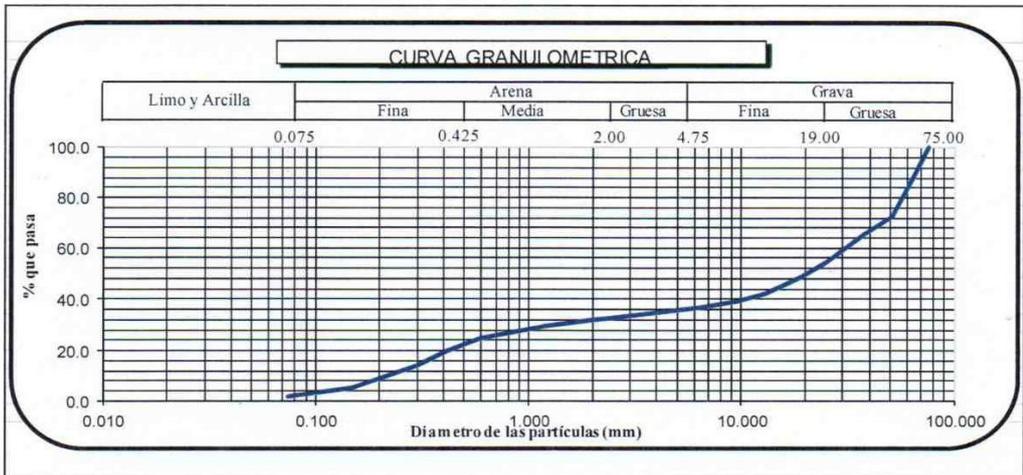
Sondaje	C-2
Muestra	M-3
Profundidad (m)	3.00-6.00

Humedad Natural	%W		2.3
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	0.0
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	NP
Indice Plasticidad	IP		NP
Clasificacion	SUCS	ASTM D-2487	GP
Clasificacion	AASHTO	ASTM D-3282	A-1-a (0)

Malla	Tamiz	mm.	% que	
			Pasa	Retiene
3"		76.200	100.0	
2"		50.600	72.5	
1 1/2"		38.100	65.6	
1"		25.400	54.4	
3/4"		19.050	48.6	
3/8"		9.525	39.0	
No4		4.760	35.4	
8		2.360	32.6	
16		1.190	29.9	
30		0.600	24.9	
40		0.420	20.0	
50		0.300	14.2	
100		0.149	5.2	
200		0.074	2.0	

% GRAVA	64.6	Gruesa	67.0
		Fina	13.3
% ARENA	33.4	Gruesa	3.5
		Media	11.8
		Fina	18.1
% FINO	2.0		2.0

D10	mm	0.230
D30	mm	1.234
D60	mm	31.746
Cu		138.193
Cc		0.209



**OBSERVACIONES :** \_\_\_\_\_

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17      **REGISTRO** : 273-17 / SU 02      **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing. I.C.L.

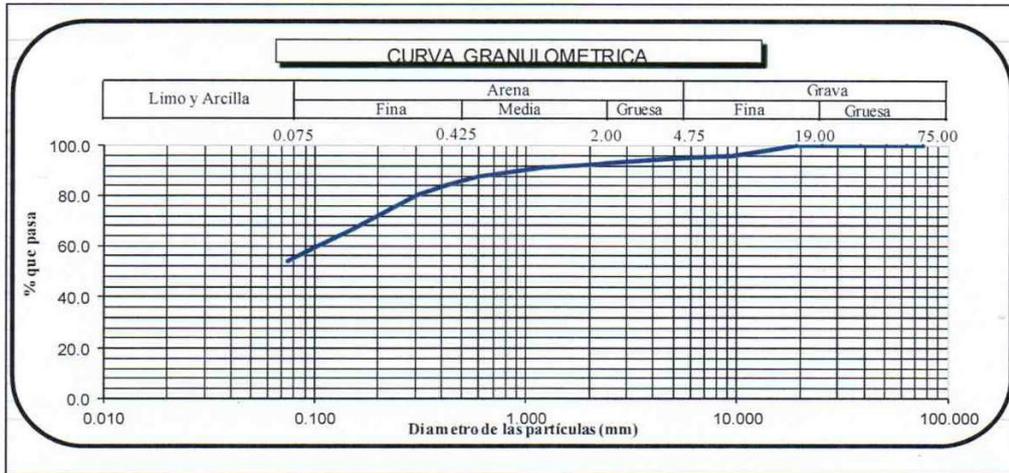
Sondaje	C-3
Muestra	M-1
Profundidad (m)	0.15-0.70

Humedad Natural	%W		8.2
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	22.5
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	15.5
Indice Plasticidad	IP		7.0
Clasificación	SUCS	ASTM D-2487	CL-ML
Clasificación	AASHTO	ASTM D-3282	A-6 (5)

Malla	% que		
	Tamiz	mm.	Pasa
3"	76.200	100.0	
2"	50.600	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.050	100.0	
3/8"	9.525	95.9	
No4	4.760	94.5	
8	2.360	93.1	
16	1.190	91.4	
30	0.600	87.9	
40	0.420	84.2	
50	0.300	79.9	
100	0.149	66.5	
200	0.074	54.0	

% GRAVA	5.5	Gruesa	0.0
		Fina	5.5
% ARENA	40.6	Gruesa	1.8
		Media	8.5
		Fina	30.2
% FINO	54.0		54.0

D10	mm	
D30	mm	
D60	mm	
Cu		
Cc		



**OBSERVACIONES :** \_\_\_\_\_

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO  
 (ASTM D-422)**

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA :** jun-17 **REGISTRO :** 274-17 / SU 02 **REALIZADO :** J.G.C.  
**REVISADO :** Ing I.C.L.

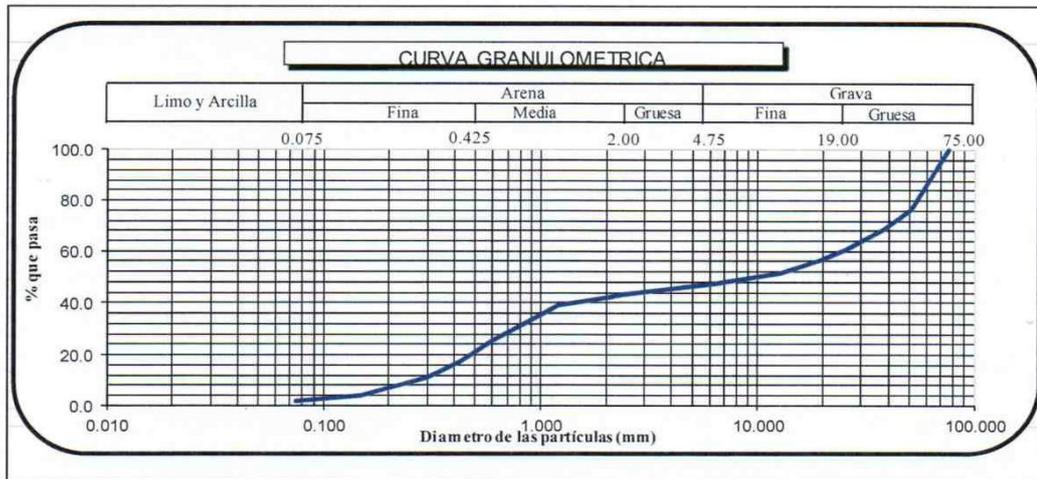
Sondaje	C-3
Muestra	M-2
Profundidad (m)	0.70-3.00

Humedad Natural	%W		1.1
Limite Liquido	LL	ASTM D-4318	0.0
Limite Plastico	LP	ASTM D-4318	NP
Indice Plasticidad	IP		NP
Clasificacion	SUCS	ASTM D-2487	GP
Clasificacion	AASHTO	ASTM D-3282	A-1-a (0)

Malla	% que		
	Tamiz	mm.	Pasa
3"	76.200	100.0	
2"	50.600	76.6	
1 1/2"	38.100	68.6	
1"	25.400	60.4	
3/4"	19.050	56.2	
3/8"	9.525	49.8	
No4	4.760	46.2	
8	2.360	43.0	
16	1.190	38.9	
30	0.600	25.6	
40	0.420	17.3	
50	0.300	11.3	
100	0.149	4.0	
200	0.074	2.0	

% GRAVA	53.8	Gruesa	64.6
		Fina	10.0
% ARENA	44.2	Gruesa	4.0
		Media	24.9
		Fina	15.3
% FINO	2.0		2.0

D10	mm	0.272
D30	mm	0.796
D60	mm	24.786
Cu		91.000
Cc		0.094



OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**LIMITE DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS**

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17      **REGISTRO** : 160-17 / SU 04      **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing. I.C.L.

SONDAJE	C-1	MUESTRA		M-1	PROFUNDIDAD	0.15-0.70
<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>		<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)</b>			<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)</b>	
No golpes		28	28		3	10
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	47.17	49.70		33.12	32.89
Peso recipiente + suelo seco	gr	42.59	44.49		31.78	31.52
Peso recipiente	gr	24.60	23.94		23.96	23.20
Peso del agua en el suelo	gr	4.58	5.21		1.34	1.37
Peso del suelo seco	gr	17.99	20.55		7.82	8.32
Contenido de humedad	%	25.46	25.35	25.41	17.14	16.47
		$LL = w^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$				
Limite Liquido	<b>25.8</b>	<p style="text-align: center;"><b>GRAFICA DE PLASTICIDAD SUCS</b></p>				
LimitePlastico	<b>16.8</b>					
Indice de Plasticidad	<b>8.9</b>					
Clasificación SUCS	<b>CL</b>					
Clasificación AASHTO	<b>A-6 (7)</b>					

**OBSERVACIONES** .....

**LIMITE DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS**

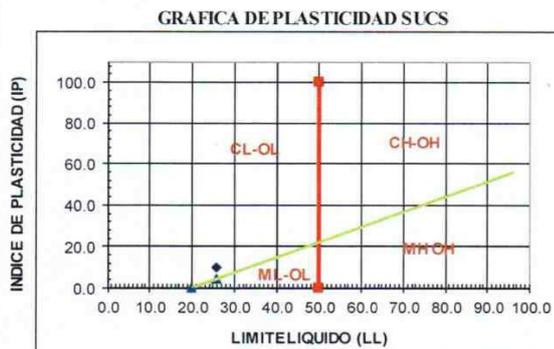
**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17      **REGISTRO** : 161-17 / SU 04      **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing. I.C.L.

<b>SONDAJE</b>	C-2	<b>MUESTRA</b>	M-1	<b>PROFUNDIDAD</b>	0.15-0.80
----------------	-----	----------------	-----	--------------------	-----------

LIMITES DE ATTERBERG		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)		LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)	
No golpes		29	29	3	4
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	47.12	49.62	33.09	32.76
Peso recipiente + suelo seco	gr	42.56	44.38	31.72	31.48
Peso recipiente	gr	24.62	23.80	23.87	23.14
Peso del agua en el suelo	gr	4.56	5.24	1.37	1.28
Peso del suelo seco	gr	17.94	20.58	7.85	8.34
Contenido de humedad	%	25.42	25.46	25.44	17.45

$$LL = w^{\frac{N}{25}}^{0,121}$$

Limite Liquido	<b>25.9</b>
LimitePlastico	<b>16.4</b>
Indice de Plasticidad	<b>9.5</b>
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-6 (7)</b>



**OBSERVACIONES** .....

**LIMITE DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS**

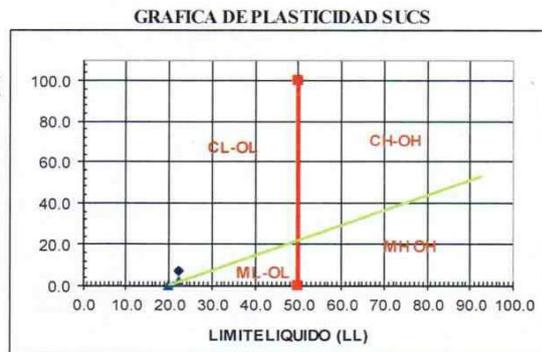
**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV LIMA, LIMA  
**FECHA** : jun-17 **REGISTRO** : 162-17 / SU 04 **REALIZADO** : J.G.C.  
**REVISADO** : Ing. I.C.L.

<b>SONDAJE</b>	C-3	<b>MUESTRA</b>	M-1	<b>PROFUNDIDAD</b>	0.15-0.70
----------------	-----	----------------	-----	--------------------	-----------

LIMITES DE ATTERBERG		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)		LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)	
No golpes		25	25	3	4
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	49.18	47.28	32.82	34.16
Peso recipiente + suelo seco	gr	44.44	42.95	31.53	32.86
Peso recipiente	gr	23.39	23.75	23.27	24.46
Peso del agua en el suelo	gr	4.74	4.33	1.29	1.30
Peso del suelo seco	gr	21.05	19.20	8.26	8.40
Contenido de humedad	%	22.52	22.55	22.53	15.62

$$LL = w^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0,121}$$

Limite Líquido	<b>22.5</b>
Limite Plástico	<b>15.5</b>
Índice de Plasticidad	<b>7.0</b>
Clasificación SUCS	<b>CL-ML</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-6 (5)</b>



**OBSERVACIONES** .....

**DENSIDAD INSITU METODO DEL CONO DE ARENA**  
(NORMA ASTM D-1556) - (I.N.V.E. -136-07)

SOLICITANTE : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

UBICACIÓN : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA

CALICATA : C-1

MUESTRA : M-3

REALIZADO : J.G.C.

FECHA : jun-17

REGISTRO : 124-17 / SU 14

REVISADO : Ing. I.C.L.

DENSIDAD DE CAMPO					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
	Densidad Natural	Densidad Corregida			
Calicata	C-1	C-1			
Peso Inicial de arena	8024	8024			
Peso Residual arena	2668	2668			
Peso arena + cono	1733	1733			
Peso arena hueco	3623	3623			
Densidad arena	1.380	1.380			
Volumen hueco	2625	2625			
Peso Suelo Extraido	5950	5950			
Peso de la grava	0	3728			
Densidad de grava	2.700	2.670			
Volumen de grava	000	1396			
Peso Suelo	5950	2222			
Volumen del suelo	2625	1229			
Densidad húmeda	2.266	1.808			
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°					
Peso suelo Humedo	1230.3				
Peso Suelo Seco	1207				
Contenido de Humedad ( AASHTO T-265 )	1.9				
DENSIDAD RELATIVA					
Densidad Seca	2.223				
Densidad Maxima	2.237				
Densidad Minima	1.977				
Grado de Compactación (%)	95.4				

Observaciones :

**MÍNIMA DENSIDAD**

( I.N.V.E. -136-07 )

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA

**CALICATA** : C-1

**MUESTRA** : M-3

**REALIZADO** : J.G.C.

**FECHA** : jun-17

**REGISTRO** : 043-17 / SU 20

**REVISADO** : Ing. I.C.L.

**DATOS BÁSICOS**

			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
1	PESO DEL MOLDE +SUELO (gr)		10986.0	10870.0	10964.0
2	PESO DEL MOLDE (gr)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	PESO DEL SUELO (gr)	(1-2)	4257.0	4141.0	4235.0
4	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	DENSIDAD SECA MINMA (gr/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.999	1.944	1.988
6	DENSIDAD SECA MINMA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )		1.977		

Observaciones :



**DENSIDAD INSITU METODO DEL CONO DE ARENA**  
(NORMA ASTM D-1556) - (I.N.V.E. -136-07)

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA

**CALICATA :** C-2

**MUESTRA :** M-3

**REALIZADO :** J.G.C.

**FECHA :** jun-17

**REGISTRO :** 124-17 / SU 14

**REVISADO :** Ing. I.C.L.

DENSIDAD DE CAMPO					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
	Densidad Natural	Densidad Corregida			
Calicata	C-1	C-1			
Peso Inicial de arena	8024	8024			
Peso Residual arena	2667	2668			
Peso arena + cono	1732	1732			
Peso arena hueco	3623	3623			
Densidad arena	1.381	1.381			
Volumen hueco	2625	2620			
Peso Suelo Extraido	5951	5940			
Peso de la grava	0	3722			
Densidad de grava	2.700	2.671			
Volumen de grava	000	1382			
Peso Suelo	5953	2234			
Volumen del suelo	2622	1224			
Densidad húmeda	2.270	1.806			
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°					
Peso suelo Humedo	1232				
Peso Suelo Seco	1208				
Contenido de Humedad ( AASHTO T-265 )	2.3				
DENSIDAD RELATIVA					
Densidad Seca	2.219				
Densidad Maxima	2.238				
Densidad Minima	1.930				
<b>Grado de Compactación (%)</b>	<b>94.6</b>				

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

**MÍNIMA DENSIDAD**

(I.N.V.E. -136-07)

**SO LICITANTE** : PROT OT YPE ARQUIT ECT OS S.A.C.

**PRO YEC TO** : EST UDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENT ACION PRO YEC TO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBIC ACIÓN** : AV. AGUARICÓ 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA

**CALIC ATA** : C-2

**MUES TRA** : M-3

**REALIZADO** : J.G.C.

**FECHA** : jun-17

**REGIS TRO** : 043-17 / SU 20

**REVIS ADO** : Ing. I.C.L.

DATOS BÁSICO					
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
1	PESO DEL MOLDE + SUELO (gr)		10987.0	10873.0	10964.0
2	PESO DEL MOLDE (gr)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	PESO DEL SUELO (gr)	(1-2)	4253.0	4142.0	4234.0
4	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	DENSIDAD SECA MÍNIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.900	1.960	1.930
6	DENSIDAD SECA MÍNIMA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )		1.930		

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





**DENSIDAD INSITU METODO DEL CONO DE ARENA**  
(NORMA ASTM D-1556) - (I.N.V.E. -136-07)

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA

**CALICATA :** C-3

**MUESTRA :** M-2

**REALIZADO :** J.G.C.

**FECHA :** jun-17

**REGISTRO :** 124-17 / SU 14

**REVISADO :** Ing. I.C.L.

DENSIDAD DE CAMPO					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
	Densidad Natural	Densidad Corregida			
Calicata	C-1	C-1			
Peso Inicial de arena	8026	8026			
Peso Residual arena	2667	2667			
Peso arena + cono	1733	1733			
Peso arena hueco	3624	3624			
Densidad arena	1.380	1.380			
Volumen hueco	2628	2628			
Peso Suelo Extraido	5956	5956			
Peso de la grava	0	3725			
Densidad de grava	2.700	2.677			
Volumen de grava	000	1393			
Peso Suelo	5948	2239			
Volumen del suelo	2617	1224			
Densidad húmeda	2.273	1.812			
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°					
Peso suelo Humedo	1234.2				
Peso Suelo Seco	1210				
Contenido de Humedad ( AASHTOT-265 )	1.1				
DENSIDAD RELATIVA					
Densidad Seca	2.248				
Densidad Maxima	2.269				
Densidad Minima	1.939				
Grado de Compactación (%)	94.5				

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

\_\_\_\_\_


**MÍNIMA DENSIDAD**

( I.N.V.E. -136-07 )

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA

**CALICATA** : C-3

**MUESTRA** : M-2

**REALIZADO** : J.G.C.

**FECHA** : jun-17

**REGISTRO** : 043-17 / SU 20

**REVISADO** : Ing I.C.L.

DATOS BÁSICO					
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
1	PESO DEL MOLDE + SUELO (gr)		10984.0	10874.0	10971.0
2	PESO DEL MOLDE (gr)	Dato	6729.0	6729.0	6729.0
3	PESO DEL SUELO (gr)	(1-2)	4254.0	4142.0	4237.0
4	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	Dato	2129.8	2129.8	2129.8
5	DENSIDAD SECA MÍNIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	(4/3)	1.980	1.840	1.996
6	DENSIDAD SECA MÍNIMA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )		1.939		

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

**MAXIMA DENSIDAD**

( I.N.V.E. -136-07 )

**SOLICITANTE** : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN** : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**CALICATA** : C-3 **MUESTRA** : M-2 **REALIZADO** : J.G.C.  
**FECHA** : jun-17 **REGISTRO** : 043-16 / SU 20 **REVISADO** : Ing. I.C.L.

**DATOS BÁSICOS**

DIAMETRO DEL MOLDE (cm)	15.27	PESO DEL PISON (gr)	4550
ALTURA DEL MOLDE (cm)	11.63	ALTURA DE CAIDA DEL PISON (mm)	457.0
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2129.8	NUMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE (gr)	6729	NUMERO DE GOLPES	50

**RESULTADOS**

DESCRIPCIÓN		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
1	PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO (gr)	11496	11575	11386
2	PESO DEL MOLDE (gr)	6729	6729	6729
3	PESO DEL SUELO COMPACTADO (gr)	4762	4851	4659
4	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2130	2130	2130
5	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.242	2.276	2.288
6	DENSIDAD SECA MAXIMA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.269		

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES  
CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080-04**

SOLICITANTE : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

UBICACIÓN : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA

CALICATA : C-1

MUESTRA : M-3

CLASIF. SUCS : GP

FECHA : jun-17

REGISTRO : 109-17 / ESP 01

VELOC. CORTE 0,5 mm/min

**ESPECIMEN 1**

**ESPECIMEN 2**

**ESPECIMEN 3**

<i>Altura Inicial:</i>	26.4	mm	<i>Altura Inicial:</i>	26.4	mm	<i>Altura Inicial:</i>	26.4	mm
<i>Lado de caja :</i>	63.5	mm	<i>Lado de caja :</i>	63.5	mm	<i>Lado de caja :</i>	63.5	mm
<i>Area Inicial:</i>	31.7	cm <sup>2</sup>	<i>Area Inicial:</i>	31.7	cm <sup>2</sup>	<i>Area Inicial:</i>	31.7	cm <sup>2</sup>
<i>Densidad :</i>	2.266	gr/cm <sup>3</sup>	<i>Densidad :</i>	2.266	gr/cm <sup>3</sup>	<i>Densidad :</i>	2.266	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Humedad Inic.:</i>	1.9	%	<i>Humedad Inic.:</i>	1.9	%	<i>Humedad Inic.:</i>	1.9	%
<i>Humedad Fin.:</i>	17.3	%	<i>Humedad Fin.:</i>	17.1	%	<i>Humedad Fin.:</i>	16.6	%
<i>Esf. Normal :</i>	0.63	kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Normal :</i>	1.26	kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Normal :</i>	2.53	kg/cm <sup>2</sup>
<i>Esf. Corte:</i>	0.680	kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Corte:</i>	1.397	kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Corte:</i>	2.470	kg/cm <sup>2</sup>

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.083	0.132	0.05	0.18	0.14	0.05	0.27	0.11
0.09	0.138	0.218	0.09	0.20	0.16	0.09	0.50	0.20
0.19	0.191	0.302	0.19	0.36	0.28	0.19	0.76	0.30
0.28	0.241	0.381	0.28	0.45	0.36	0.28	0.90	0.35
0.47	0.314	0.494	0.47	0.55	0.43	0.47	1.11	0.44
0.71	0.377	0.592	0.71	0.68	0.54	0.71	1.31	0.52
0.94	0.431	0.674	0.94	0.78	0.61	0.94	1.45	0.57
1.18	0.471	0.735	1.18	0.84	0.66	1.18	1.55	0.60
1.42	0.511	0.794	1.42	0.94	0.73	1.42	1.70	0.66
1.65	0.534	0.828	1.65	0.98	0.76	1.65	1.76	0.68
1.89	0.559	0.864	1.89	1.03	0.79	1.89	1.83	0.71
2.36	0.589	0.905	2.36	1.11	0.85	2.36	1.96	0.75
2.83	0.617	0.941	2.83	1.17	0.89	2.83	2.06	0.79
3.31	0.627	0.950	3.31	1.23	0.93	3.31	2.17	0.82
3.78	0.638	0.962	3.78	1.28	0.96	3.78	2.26	0.85
4.25	0.648	0.971	4.25	1.31	0.98	4.25	2.32	0.87
4.72	0.661	0.984	4.72	1.36	1.01	4.72	2.40	0.89
5.67	0.673	0.989	5.67	1.40	1.03	5.67	2.47	0.91
6.61	0.680	0.987	6.61	1.38	1.00	6.61	2.43	0.88
7.56	0.605	0.866	7.56	1.30	0.93	7.56	2.35	0.84
8.50	0.562	0.794	8.50	1.22	0.86	8.50	2.25	0.79
9.45	0.563	0.785	9.45	1.20	0.83	9.45	2.20	0.77
10.39	0.551	0.758	10.39	1.17	0.80	10.39	2.16	0.74
11.34	0.542	0.735	11.34	1.15	0.78	11.34	2.13	0.72

OBSERVACIÓN: Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm<sup>3</sup>.

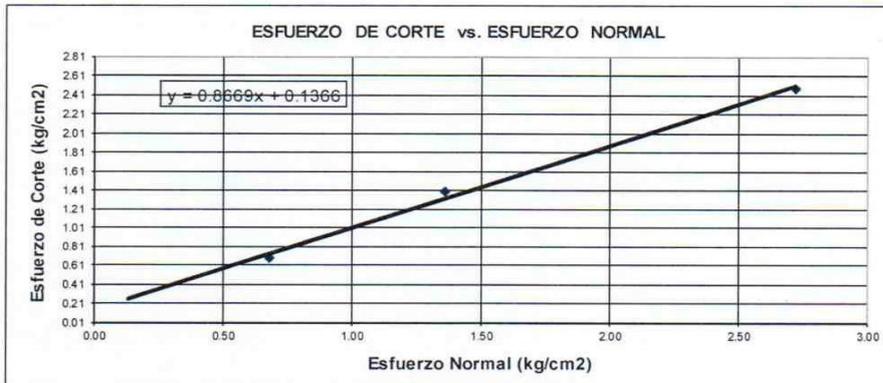
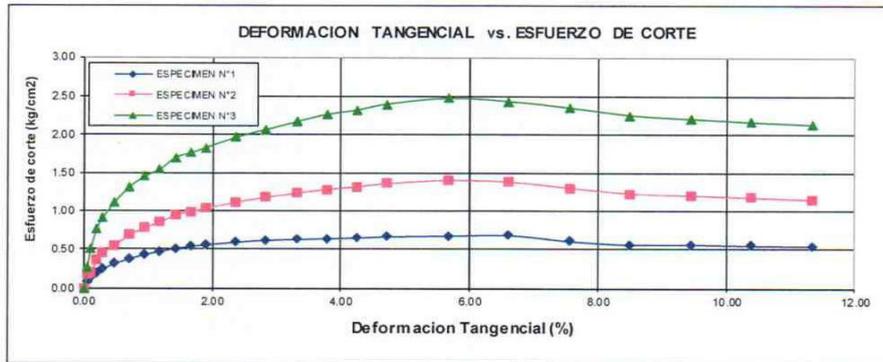
**Determinado en Campo:**

Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556

Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES  
 CONSOLIDADAS DRENADAS  
 ASTM D3080-04**

**SO LICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**CALICATA :** C-1                      **MUESTRA :** M-3                      **CLASIF. SUCS :** GP  
**FECHA :** jun-17                      **REGISTRO :** 109-16 / SU 20                      **VELOC. CORTE :** 0,5 mm/min



<b>Resultados:</b>		
Cohesión ©	0.137	Kg/cm2
Angulo de fricción (φ°)	40.92°	

**OBSERVACIÓN:** Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm3.

**Determinado en Campo:**  
 Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556  
 Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES  
CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080-04**

SOLICITANTE : PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

UBICACIÓN : AV. AGUARICO 198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA

CALICATA : C-2

MUESTRA : M-3

CLASIF. SUCS : GP

FECHA : jun-17

REGISTRO : 109-17 / ESP 01

VELOC. CORTE 0,5 mm/min

**ESPECIMEN 1**

**ESPECIMEN 2**

**ESPECIMEN**

<i>Altura Inicial:</i>	26.4 mm	<i>Altura Inicial:</i>	26.4 mm	<i>Altura Inicial:</i>	26.4 mm
<i>Lado de caja :</i>	63.5 mm	<i>Lado de caja :</i>	63.5 mm	<i>Lado de caja :</i>	63.5 mm
<i>Area Inicial:</i>	31.7 cm <sup>2</sup>	<i>Area Inicial:</i>	31.7 cm <sup>2</sup>	<i>Area Inicial:</i>	31.7 cm <sup>2</sup>
<i>Densidad :</i>	2.270 gr/cm <sup>3</sup>	<i>Densidad :</i>	2.270 gr/cm <sup>3</sup>	<i>Densidad :</i>	2.270 gr/cm <sup>3</sup>
<i>Humedad Inic.:</i>	2.3 %	<i>Humedad Inic.:</i>	2.3 %	<i>Humedad Inic.:</i>	2.3 %
<i>Humedad Fin.:</i>	17.3 %	<i>Humedad Fin.:</i>	17.1 %	<i>Humedad Fin.:</i>	16.6 %
<i>Esf. Normal :</i>	0.63 kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Normal :</i>	1.26 kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Normal :</i>	2.53 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Esf. Corte:</i>	0.684 kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Corte:</i>	1.41 kg/cm <sup>2</sup>	<i>Esf. Corte:</i>	2.480 kg/cm <sup>2</sup>

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.084	0.131	0.05	0.19	0.15	0.05	0.25	0.12
0.09	0.130	0.212	0.09	0.28	0.16	0.09	0.49	0.21
0.19	0.193	0.300	0.19	0.32	0.25	0.19	0.71	0.30
0.28	0.244	0.380	0.28	0.44	0.32	0.28	0.94	0.35
0.47	0.312	0.495	0.47	0.51	0.46	0.47	1.12	0.45
0.71	0.375	0.591	0.71	0.67	0.52	0.71	1.32	0.53
0.94	0.432	0.672	0.94	0.78	0.60	0.94	1.45	0.55
1.18	0.470	0.733	1.18	0.84	0.66	1.18	1.55	0.60
1.42	0.514	0.796	1.42	0.94	0.72	1.42	1.70	0.63
1.65	0.533	0.828	1.65	0.98	0.76	1.65	1.76	0.69
1.89	0.558	0.868	1.89	1.00	0.79	1.89	1.83	0.78
2.36	0.585	0.908	2.36	1.12	0.84	2.36	1.96	0.76
2.83	0.615	0.948	2.83	1.14	0.88	2.83	2.06	0.78
3.31	0.625	0.955	3.31	1.26	0.93	3.31	2.17	0.83
3.78	0.633	0.963	3.78	1.28	0.95	3.78	2.26	0.89
4.25	0.644	0.971	4.25	1.31	0.94	4.25	2.32	0.83
4.72	0.662	0.986	4.72	1.36	1.00	4.72	2.40	0.84
5.67	0.671	0.985	5.67	1.40	1.08	5.67	2.48	0.90
6.61	0.684	0.981	6.61	1.38	1.05	6.61	2.44	0.85
7.56	0.605	0.866	7.56	1.30	0.92	7.56	2.36	0.86
8.50	0.562	0.795	8.50	1.22	0.84	8.50	2.27	0.75
9.45	0.563	0.786	9.45	1.21	0.81	9.45	2.24	0.73
10.39	0.554	0.755	10.39	1.18	0.83	10.39	2.18	0.72
11.34	0.543	0.733	11.34	1.17	0.75	11.34	2.15	0.78

OBSERVACIÓN: Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm<sup>3</sup>.

**Determinado en Campo:**

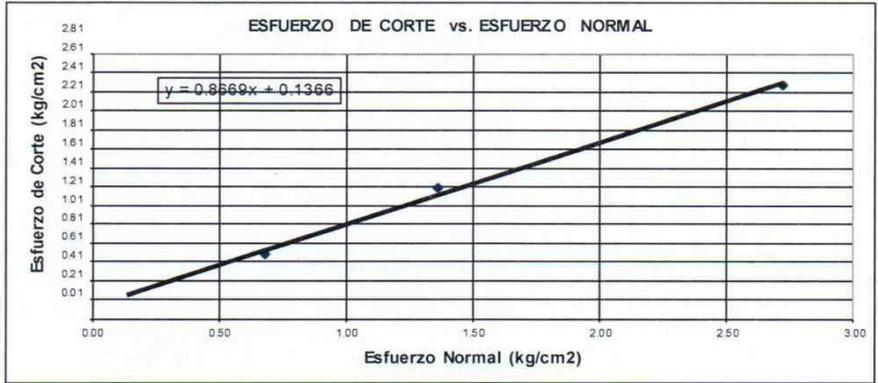
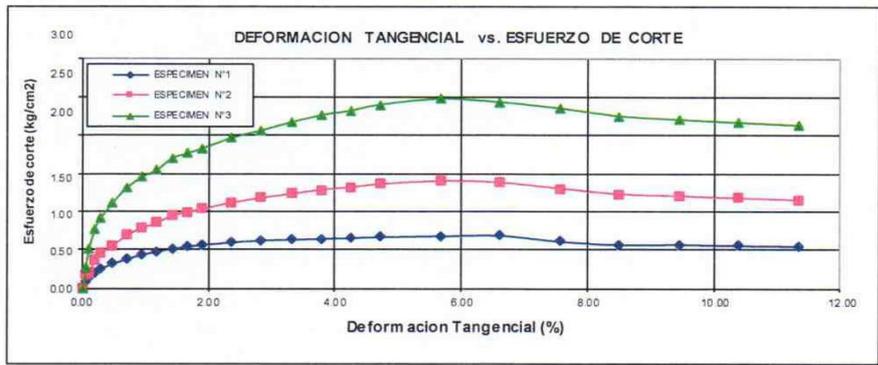
Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556

Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
 ASTM D3080-04**

**SOLICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROVLIMA, LIMA  
**CALICATA :** C-2                      **MUESTRA :** M-3                      **CLASIF. SUCS :** GP  
**FECHA :** jun-17                      **REGISTRO :** 109-16 / SU 20                      **VELOC. CORTE :** 0,5 mm/min



<u>Resultados:</u>		
Cohesión ©	0.152	Kg/cm2
Angulo de fricción (φ°)	39.00°	

**OBSERVACIÓN:** Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm3.

**Determinado en Campo:**  
 Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556  
 Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES  
CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080-04**

SOLICITANTE : PROT OTYPE ARQUIT ECTOS S.A.C.

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO

UBICACIÓN : AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA

CALICATA : C-3

MUESTRA : M-2

CLASIF. SUCS : GP

FECHA : jun-17

REGISTRO : 109-17 / ESP 01

VELOC. CORTE 0,5 mm/min

**ESPECIMEN 1**

**ESPECIMEN 2**

**ESPECIMEN**

<b>Altura Inicial:</b>	26.4 mm	<b>Altura Inicial:</b>	26.4 mm	<b>Altura Inicial:</b>	26.4 mm
<b>Lado de caja :</b>	63.5 mm	<b>Lado de caja :</b>	63.5 mm	<b>Lado de caja :</b>	63.5 mm
<b>Area Inicial:</b>	31.7 cm <sup>2</sup>	<b>Area Inicial:</b>	31.7 cm <sup>2</sup>	<b>Area Inicial:</b>	31.7 cm <sup>2</sup>
<b>Densidad :</b>	2.273 gr/cm <sup>3</sup>	<b>Densidad :</b>	2.273 gr/cm <sup>3</sup>	<b>Densidad :</b>	2.273 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad Inic.:</b>	1.1 %	<b>Humedad Inic.:</b>	1.1 %	<b>Humedad Inic.:</b>	1.1 %
<b>Humedad Fin.:</b>	17.3 %	<b>Humedad Fin.:</b>	17.1 %	<b>Humedad Fin.:</b>	16.6 %
<b>Esf. Normal :</b>	0.63 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Normal :</b>	1.26 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Normal :</b>	2.53 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esf. Corte:</b>	0.680 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Corte:</b>	1.397 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Corte:</b>	2.470 kg/cm <sup>2</sup>

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Normalizado (t/s)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Normalizado (t/s)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.082	0.134	0.05	0.17	0.13	0.05	0.26	0.14
0.09	0.133	0.217	0.09	0.22	0.12	0.09	0.51	0.21
0.19	0.192	0.301	0.19	0.35	0.21	0.19	0.78	0.32
0.28	0.242	0.380	0.28	0.43	0.35	0.28	0.92	0.34
0.47	0.314	0.493	0.47	0.54	0.43	0.47	1.12	0.48
0.71	0.377	0.593	0.71	0.63	0.55	0.71	1.33	0.56
0.94	0.431	0.675	0.94	0.76	0.68	0.94	1.42	0.54
1.18	0.470	0.736	1.18	0.84	0.68	1.18	1.59	0.63
1.42	0.513	0.797	1.42	0.91	0.74	1.42	1.78	0.64
1.65	0.531	0.825	1.65	0.92	0.79	1.65	1.77	0.66
1.89	0.554	0.866	1.89	1.06	0.73	1.89	1.82	0.72
2.36	0.585	0.903	2.36	1.12	0.88	2.36	1.98	0.79
2.83	0.611	0.942	2.83	1.11	0.82	2.83	2.09	0.75
3.31	0.620	0.954	3.31	1.24	0.99	3.31	2.10	0.83
3.78	0.633	0.965	3.78	1.28	0.95	3.78	2.26	0.80
4.25	0.641	0.973	4.25	1.30	0.97	4.25	2.31	0.86
4.72	0.661	0.984	4.72	1.34	1.00	4.72	2.40	0.88
5.67	0.672	0.986	5.67	1.48	1.05	5.67	2.48	0.93
6.61	0.689	0.986	6.61	1.39	1.02	6.61	2.44	0.82
7.56	0.602	0.864	7.56	1.36	0.94	7.56	2.33	0.82
8.50	0.560	0.793	8.50	1.27	0.89	8.50	2.24	0.76
9.45	0.561	0.782	9.45	1.23	0.82	9.45	2.21	0.78
10.39	0.553	0.757	10.39	1.14	0.82	10.39	2.15	0.72
11.34	0.548	0.734	11.34	1.18	0.79	11.34	2.14	0.74

OBSERVACIÓN: Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm3.

**Determinado en Campo:**

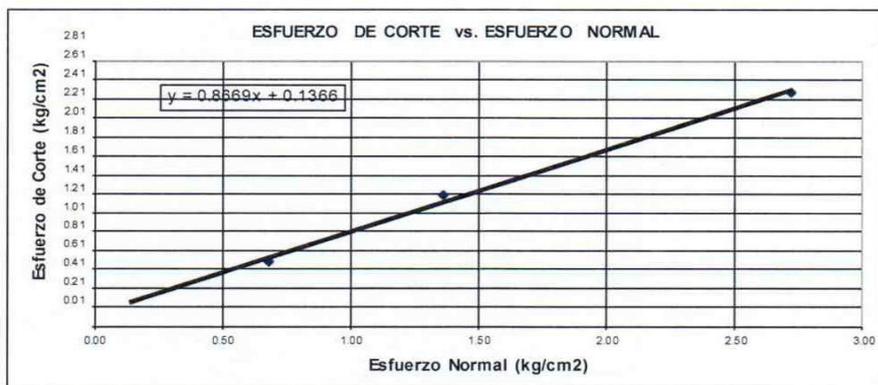
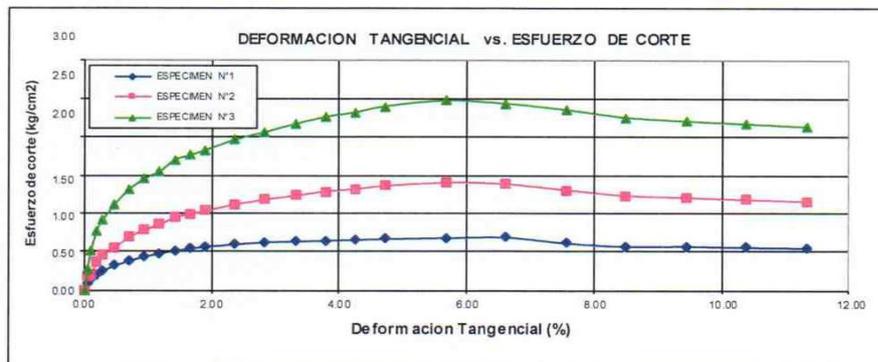
Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556

Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
 ASTM D3080-04**

**SO LICITANTE :** PROTOTYPE ARQUITECTOS S.A.C.  
**PRO YECTO :** ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PROYECTO RESIDENCIAL AGUARICO  
**UBICACIÓN :** AV. AGUARICO 1198, DISTRITO BREÑA, PROV.LIMA, LIMA  
**CALICATA :** C-3                      **MUESTRA :** M-2                      **CLASIF. SUCS :** GP  
**FECHA :** jun-17                      **REGISTRO :** 109-16 / SU 20                      **VELOC. CORTE :** 0,5 mm/min



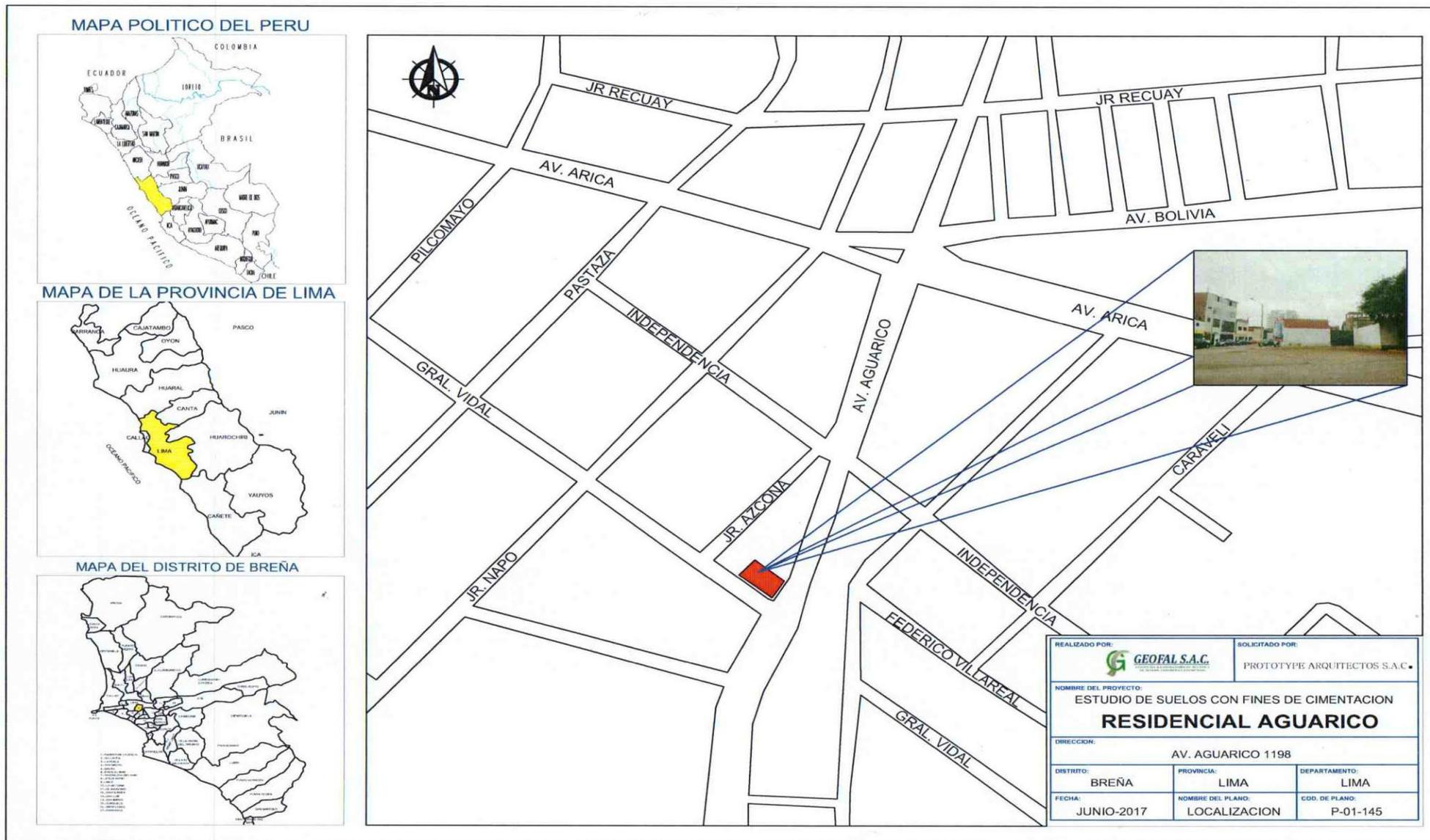
<u>Resultados:</u>		
Cohesión ©	0.145	Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción (φ°)	39.50°	

**OBSERVACIÓN:** Muestra Remoldeada a 1.808gr/cm<sup>3</sup>.

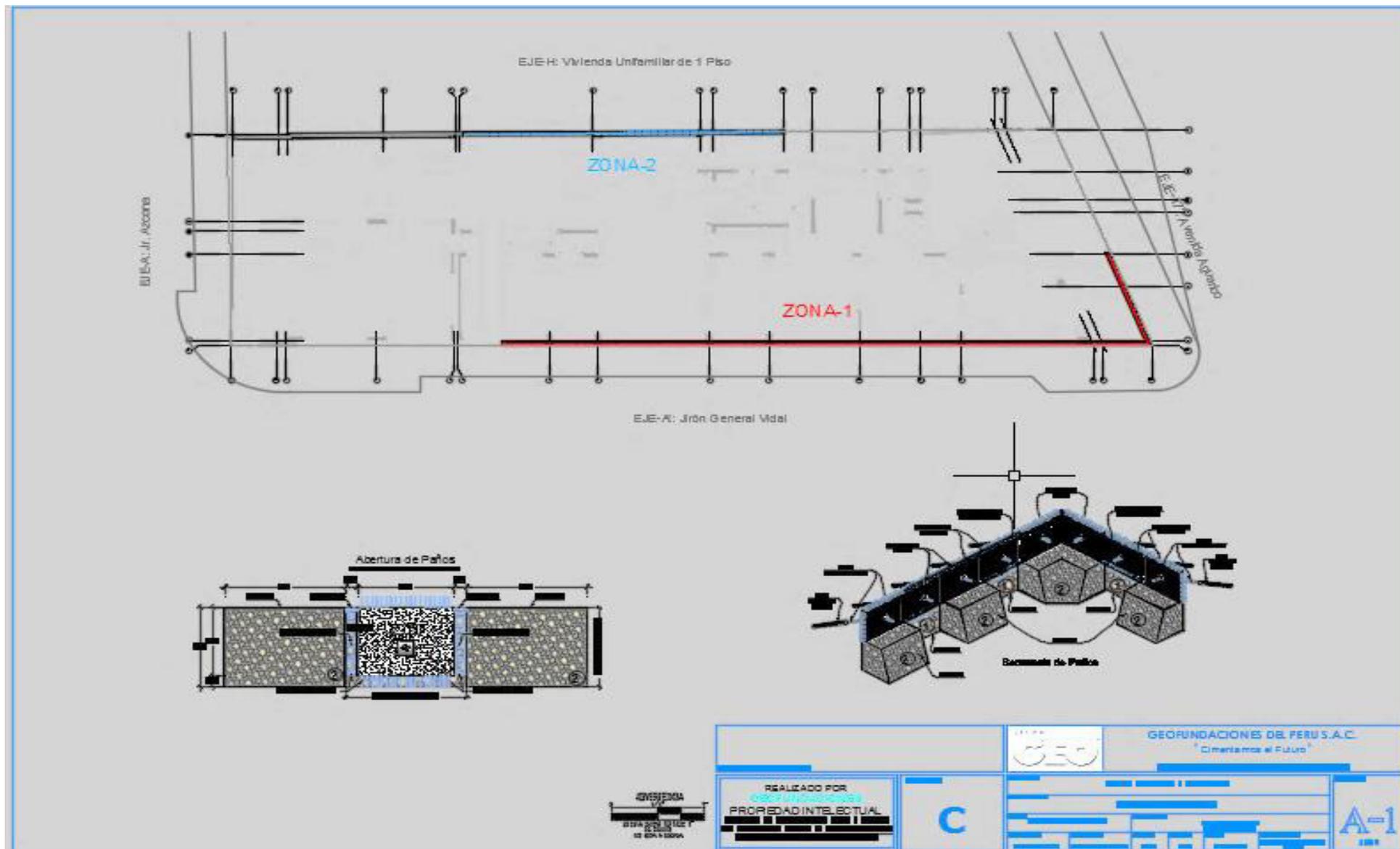
**Determinado en Campo:**

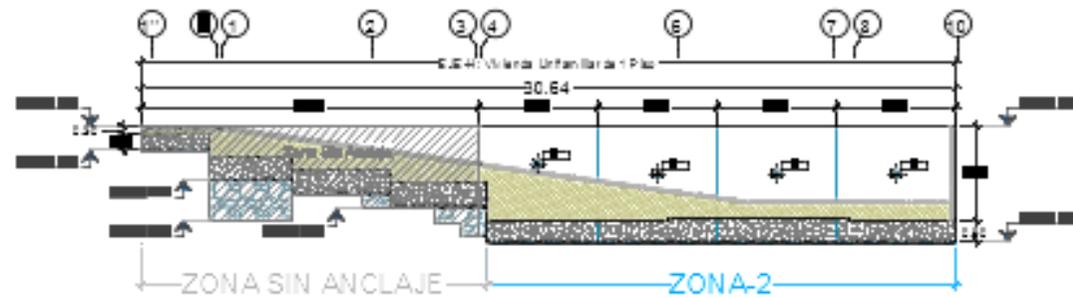
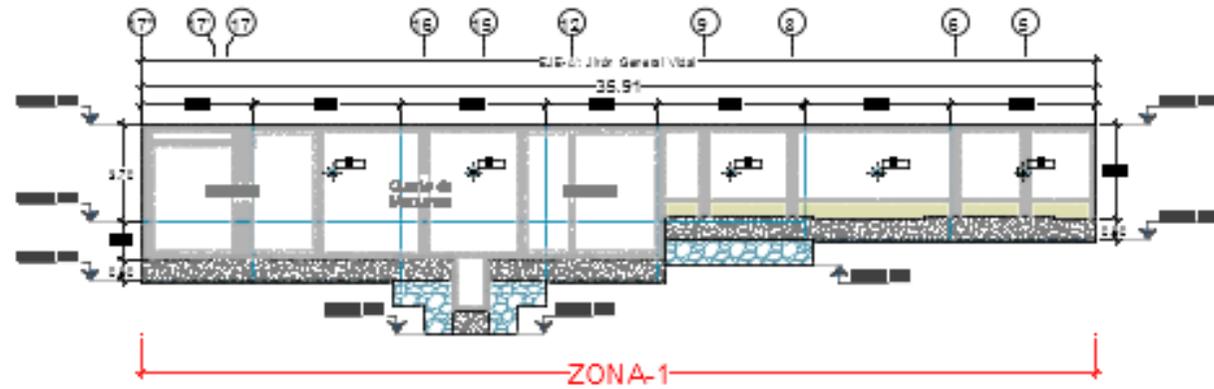
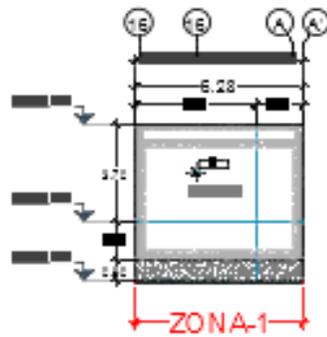
Mediante Ensayo de Densidad - ASTM D1556  
 Mediante Ensayo de Humedad - ASTM D2216

### ANEXO 3: PLANO DE UBICACIÓN



## ANEXO 4: PLANO DE MUROS ANCLADOS





SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
◆ 1.01		① ② ③	
■ 2.01			
■ 3.01			
■ 4.01			
■			



REALIZADO POR <b>GEOFUNDACIONES</b> PROPIEDAD INTELECTUAL		<b>GEO</b>		GEOFUNDACIONES DEL PERU S.A.C. "Cimentamos el Futuro"	
<b>C</b>		<b>A-2</b>		2023	

## ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO



[Fotografía de calicata C-1]. (Excavación de la calicata C-1 para obtener las muestras).  
Proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima



[Fotografía de calicata C-2]. (Excavación de la calicata C-2 para obtener las muestras).  
Proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima



[Fotografía de calicata C-3]. (Excavación de la calicata C-3 para obtener las muestras). Proyecto Residencial Aguarico Breña - Lima



[Fotografía de Felix Chate y Joel Espinoza]. (Ejecución del Proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima).



[Fotografía de Felix Chate y Joel Espinoza]. (Ejecución del Proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima).



[Fotografía de Felix Chate y Joel Espinoza]. (Ejecución del Proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima). Perforación de los anclajes.



[Fotografía de Felix Chate y Joel Espinoza]. (Ejecución del Proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima). Construcción de muros.



[Fotografía de Felix Chate y Joel Espinoza]. (Ejecución del Proyecto Residencial Aguarico Breña – Lima). Tensionamiento.



[Fotografía de Joel Espinoza].  
Procedimiento del ensayo de límite líquido.



[Fotografía].  
Corte que se realizó con el ranurador.



[Fotografía de Joel Espinoza].  
Procedimiento del ensayo de límite plástico.



[Fotografía de Felix Chate].  
Toma de datos del ensayo de cono de arena.



[Fotografía de Joel Espinoza].  
Muestra que será colocada en la caja de corte.



[Fotografía de Joel Espinoza].  
Toma de datos.



[Fotografía de Felix Chate].  
Muestra resultante al finalizar el ensayo de corte.