

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**"MECÁNICA DE SUELOS APLICADO A LA VERIFICACIÓN DE  
CAPACIDAD DE CARGA PARA CIMENTACIONES EN EL HOSPITAL  
ESSALUD CAJAMARCA, 2022. "**

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

**AUTOR:**

**Bach. MENDOZA RAMÍREZ YANETH ESTHER**

**ASESOR:**

**Ing. LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA**

**Cajamarca – Perú**

**2023**

COPYRIGHT © 2023 by  
YANETH ESTHER MENDOZA RAMÍREZ  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primeramente a Jehová, por darnos la vida e iluminarnos en cada paso que damos.

A mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado siempre, ya que todos mis logros se los debo a ellos, porque fueron quienes me han motivado continuamente a alcanzar mis metas. También quiero agradecer a mis hermanas que me han dado aliento constantemente para poder cumplir con lo que me propongo. Especialmente a mi hermana Rosy quien sin saber nada de ingeniería siempre estuvo ayudándome.

Agradezco de igual manera a amigos y docentes que estuvieron presentes en mi formación universitaria, especialmente al Ing. Lucio Sifuentes Inostroza por su invaluable asesoría. Y un agradecimiento infinito a mi alma Mater la Universidad Nacional de Cajamarca.

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres por haber asumido la responsabilidad de mi educación, por su amor y paciencia que me han permitido cumplir hoy un sueño más.

A mi hermana Rosy, que ha estado conmigo en momentos difíciles dándome su aliento, aconsejándome y dándome fuerzas para continuar.

También se lo dedico a la persona por la cual estoy conociendo a Jehová, por mostrarme que, con perseverancia, paciencia y siguiendo el camino de la verdad puedo lograr todos mis objetivos; le agradezco por todo el apoyo que me ha dado en los momentos difíciles.

Finalmente quiero dedicar mi tesis a mis amigos Jhonatan, Julio y Diego quienes me acompañaron durante toda la carrera y siempre me motivaron a seguir adelante, quienes me tendieron su mano en las dificultades, siempre los llevo en mi corazón, mil gracias.

# ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Hipótesis .....	2
1.4. Justificación de la investigación .....	2
1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación.....	2
1.6. Objetivos .....	3
1.6.1. Objetivo General.....	3
1.6.2. Objetivos específicos.....	3
1.7. Limitaciones .....	4
1.8. Estructura de la Tesis.....	4

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes Teóricos.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes Locales .....	8
2.2. Bases Teóricas .....	9
2.2.1. Mecánica de suelos .....	9
2.2.1.1. Estudio de Mecánica de suelos y su obligatoriedad.....	9
2.2.2. Los suelos .....	10
2.2.2.1. Tipos de suelos .....	10
2.2.2.2. Características físicas y mecánicas del suelo .....	12
2.2.3. Profundidad de la perforación.....	16
2.2.4. Cimentaciones superficiales y tipos de falla .....	16
2.2.4.1. Zapata Aislada .....	16
2.2.4.2. Zapata Combinada.....	16
2.2.4.3. Zapatas Conectadas .....	17
2.2.4.4. Zapata Continua.....	17
2.2.4.5. Platea de cimentación .....	17
2.2.4.6. Falla .....	17
2.2.5. Capacidad de carga última .....	20
2.2.4.5. Ecuación general de la capacidad de carga.....	21
2.2.6. Ensayo de corte directo .....	23

2.3. Términos básicos .....	24
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	26
3.2. Clima de Cajamarca.....	28
3.3. Procedimiento .....	28
3.3.1. Análisis granulométrico.....	29
3.3.2. Limite líquido y plástico e Índice de plasticidad .....	30
3.3.3. Clasificación de suelos con el Sistema Unificado de Clasificación de suelos	32
3.3.4. Ensayo de corte directo para hallar la capacidad de carga .....	33
3.3.4.1. Cálculos del ensayo de corte directo.....	34
3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	35
3.4.1. Población y muestra de estudio.....	35
3.4.1.1. Población .....	35
3.4.1.2. Muestra .....	35
3.4.1.3. Unidad de análisis.....	35
3.4.1.4. Unidad de observación .....	35
3.4.2. Tipo, nivel, diseño y método de investigación .....	36
3.4.3. Recolección de Datos.....	36
3.4.4. Procesamiento de datos .....	36
3.4.5. Equipos y Materiales.....	37
3.4.6. Análisis de datos y presentación de resultados .....	37

3.4.6.1. Trabajos de Campo.....	37
3.4.6.2. Ensayos de Laboratorio .....	38
3.4.6.3. Presentación de Resultados .....	39
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
4.1. Calicatas C6, C8 y C10 .....	54
4.2. Contrastación de la Hipótesis.....	58
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
5.1. Conclusiones.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO .....	62
ANEXO 02: CONTENIDO DE HUMEDAD, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG .....	73
ANEXO 03: ENSAYO DE CORTE DIRECTO .....	85
ANEXO 04: Factores de Capacidad de carga de Terzaghi $N_c$ , $N_q$ y $N_y$ .....	88
ANEXO 05: Factores de Capacidad de carga Modificados por Terzaghi $N'_c$ , $N'_q$ y $N'_y$ .....	90
ANEXO 06: Factores de Capacidad de Carga Para la Teoría de Meyerhof.....	91



## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1 Coordenadas de delimitación de la zona de estudio .....	26
Tabla N°2 Ubicación de coordenadas UTM de las Calicatas .....	38
Tabla N°3 Propiedades Físicas y Clasificación de suelos .....	39
Tabla N°4 Resultados de Corte Directo para Cohesión y ángulo de fricción ...	40
Tabla N°5 Capacidades de Carga para C-6.....	41
Tabla N°6 Capacidades de Carga para C-8.....	42
Tabla N°7 Capacidades de Carga para C-10.....	42
Tabla N°8 Capacidades de Carga para C-6 -Expediente técnico.....	44
Tabla N°9 Capacidades de Carga para C-8 -Expediente técnico.....	44
Tabla N°10 Capacidades de Carga para C-10 -Expediente técnico.....	45
Tabla N°11 Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-6) y del Expediente Técnico (C-6) .....	46
Tabla N°12 Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-8) y del Expediente Técnico (C-8) .....	47
Tabla N°13 Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-10) y del Expediente Técnico (C-10) .....	48
Tabla N°14 Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-6. ....	73
Tabla N°15 Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-6.....	74
Tabla N°16 Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-6. ....	75
Tabla N°17 Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-8. ....	77
Tabla N°18 Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-8.....	78
Tabla N°19 Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-8. ....	79
Tabla N°20 Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-10. ....	81

Tabla N°21 Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-10.....	82
Tabla N°22 Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-10. ....	83
Tabla N°23 Ensayo de Corte Directo -Calicata C-6.....	85
Tabla N°24 Ensayo de Corte Directo -Calicata C-8.....	86
Tabla N°25 Ensayo de Corte Directo -Calicata C-10.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N°01. Resumen de la clasificación de los suelos .....	15
Figura N° 02. Ubicación Geográfica de la investigación.....	27
Figura N° 03. Vista panorámica de la Ubicación de la Construcción del Hospital EsSalud.....	28
Figura N°04. Resultados de Ángulo de fricción y cohesión del Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca .....	43
Figura N°05. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6) .....	49
Figura N° 06. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8) .....	49
Figura N°07. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10) .....	50
Figura N°08. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6) .....	50
Figura N°09. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8) .....	51
Figura N°10. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10) .....	51
Figura N°11. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6) .....	52
Figura N°12. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8) .....	52
Figura N°13. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de	

Cimentación de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10) ..... 53

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía N°01 Calicata C-6 .....	62
Fotografía N°02 Calicata C-8 .....	62
Fotografía N°03 Calicata C-10 .....	63
Fotografía N°04 Ensayo de contenido de humedad para C-6, C-8 Y C-10 .....	64
Fotografía N°05 Colocación de muestra M1 <sub>1</sub> en la caja de corte .....	64
Fotografía N°06 Muestra M1 <sub>1</sub> Debidamente colocada en la caja de corte .....	65
Fotografía N°07 Peso del espécimen para determinar contenido de humedad	65
Fotografía N°08 Inicio del Ensayo de Corte directo y toma de lecturas de la deformación.....	66
Fotografía N°09 Especímenes después de realizado el Ensayo de Corte directo .....	66
Fotografía N°10 Especímenes de la Calicata C-6.....	67
Fotografía N°11 Especímenes de la Calicata C-8.....	67
Fotografía N°12 Especímenes de la calicata C-10.....	68
Fotografía N°13 Especímenes M3 <sub>1</sub> y M3 <sub>2</sub> después de la falla de corte .....	68
Fotografía N°14 Peso de especímenes secos de C-6, para Contenido de humedad .....	69
Fotografía N°15 Peso de especímenes secos de C-8, para Contenido de humedad .....	69
Fotografía N°16 Peso de especímenes secos de C-10, para Contenido de humedad .....	70
Fotografía N°17 Muestras de Suelo de C-6, C-8 Y C-10 para ensayo Granulométrico.....	63
Fotografía N°18 Lavado de Material Para Análisis granulométrico .....	70

Fotografía N°19 Realización del Tamizado .....	71
Fotografía N°20 Material que pasa el Tamiz N°40 para limite Líquido y Plástico .....	71
Fotografía N°21 Ejecución del ensayo de Límite Líquido.....	72
Fotografía N°22 Ejecución de ensayo de Límite Plástico.....	72

## RESUMEN

En la investigación, el objetivo general fue verificar la capacidad de carga del suelo para las cimentaciones en el Hospital EsSalud Cajamarca, para lo cual se realizó el estudio de suelos de tres calicatas en el terreno destinado para la construcción. Se encontraron las características físicas del suelo, tales como, contenido de humedad, límites de consistencia (Líquido y plástico), granulometría, peso específico y clasificación SUCS. Se realizó el ensayo de corte directo de acuerdo con la Norma ASTM-D3080 (NTP339.171), donde se determinó la cohesión y ángulo de fricción, luego se determinó que la capacidad de carga estuvo entre 3,04 y 3,40 kg/cm<sup>2</sup> para varias dimensiones de cimentación corrida, entre 5,51 y 6,50 kg/cm<sup>2</sup> para varias dimensiones de losa de cimentación, y entre 2,97 y 3,39 kg/cm<sup>2</sup> para zapata aislada. El resultado de las capacidades de carga calculadas en esta investigación fue menor con respecto a las del expediente técnico y resultaron en variaciones porcentuales máximas de 20.61%, 19.21% y 22.40% para cimentaciones corridas, cimentaciones en losa y zapatas aisladas, respectivamente.

**Palabras clave:** Capacidad de carga, ensayo de corte directo, ángulo de fricción interna, cohesión.

## **ABSTRACT**

The general objective of the research was to verify the bearing capacity of the soil for the foundations of the EsSalud Cajamarca Hospital, for which the soil study was carried out in three pits in the land destined for construction.

Cohesion and friction angle were determined, as well as the physical characteristics of the soil, such as moisture content, consistency limits (liquid and plastic), granulometry, specific weight and SUCS classification. The direct shear test was performed in accordance with ASTM-D3080 Standard (NTP339.171), which determined that the load capacity was between 3.04 and 3.40 kg/cm<sup>2</sup> for various dimensions of strip foundations, between 5.51 and 6.50 kg/cm<sup>2</sup> for various dimensions of slab foundations, and between 2.97 and 3.39 kg/cm<sup>2</sup> for isolated footings. The result of the load capacities calculated in this investigation was lower with respect to those of the technical file and resulted in maximum percentage variations of 20.61%, 19.21% and 22.40% for spread footings, slab foundations and isolated footings, respectively.

Key words: bearing capacity, direct shear test, angle of internal friction, cohesion.



## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Actualmente en muchos lugares del Perú la mayoría de las edificaciones las construyen sin conocer el tipo de suelo, sin analizar qué tipo cimentación es la más adecuada para soportar el peso de la estructura a edificar, sin conocer la capacidad admisible del terreno. En algunos casos se hace el estudio de suelos, pero no utilizan los equipos adecuados y esto es un problema muy grave. (Leoni, 2005)

El estudio de las cualidades del suelo en relación con el tiempo, la carga y otras variables se conoce como mecánica de suelos, y proporciona a los ingenieros las herramientas para evaluar el comportamiento del suelo y, por tanto, validar la estabilidad de las estructuras.

En el expediente técnico del Hospital EsSalud de Cajamarca los resultados determinados para la capacidad de carga fue de 3.63 a 4.18 kg/cm<sup>2</sup> para los cimientos corridos, además fue de 6.51 a 7.73 kg/cm<sup>2</sup> para losas de cimentación, y finalmente fue 3.67 a 4.26 kg/cm<sup>2</sup> para zapatas aisladas. Los ángulos de fricción fueron 22.1° a 23.2°, la variación de cohesión fue de 0.21 a 0.23 kg/cm<sup>2</sup>, los tipos de suelos fueron CL, que indicó suelos arcillosos, teniendo una baja o media plasticidad.

La importancia de la investigación radica en realizar la verificación de la capacidad de carga de las cimentaciones del hospital, teniendo en cuenta que el sobre esfuerzo en el suelo provoca asentamiento o fallas de corte, lo cuales provocan serios daños en la estructura.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la variación de la capacidad de carga del suelo para cimentaciones por el ensayo de corte directo realizado en la investigación con respecto a la calculada en el estudio de suelos del expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca?

## **1.3. Hipótesis**

La capacidad de carga del suelo para cimentaciones en el Hospital EsSalud Cajamarca calculadas en esta investigación por el ensayo de corte directo es menor que los resultados obtenidos en el estudio de suelos del expediente técnico Hospital EsSalud- Cajamarca.

## **1.4. Justificación de la investigación**

La capacidad de carga de suelo para las cimentaciones es una medida primordial para el cálculo de las estructuras, por ello es esencial que se realice un estudio de suelos adecuado que permitan definir los parámetros necesarios para un adecuado cálculo de esta y ya que no existe una comparación de resultados de capacidad de carga para cimentaciones de expediente técnico del proyecto de construcción del Hospital EsSalud Cajamarca mediante el ensayo de corte directo es imprescindible realizarla.

## **1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación**

El lugar en estudio es el terreno donde se construye el Hospital EsSalud Cajamarca, donde se realizó ensayo de corte directo para verificar la

capacidad de carga del suelo para las cimentaciones con respecto a las calculadas en el estudio de suelos del expediente técnico del Hospital EsSalud. Estos se realizaron para las mismas condiciones de 3 calicatas del Hospital EsSalud Cajamarca las cuales son calicata C-6, C-8 y C-10. Además, se realizaron los cálculos de capacidad de carga para diferentes profundidades (Df) y dimensiones de tres tipos de cimentaciones que son cimiento corrido, losa de cimentación y zapata aislada; dichas dimensiones fueron obtenidas del Expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca.

Se determinó el porcentaje de variación de los resultados obtenidos en la investigación frente a los obtenidos en el expediente técnico del Hospital para la capacidad de carga de los suelos donde se construye el Hospital EsSalud Cajamarca, siendo una infraestructura importante para la ciudad que beneficia a más de 200 mil personas al año.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Verificar la capacidad de carga del suelo para cimentaciones en el Hospital EsSalud Cajamarca, mediante el empleo del Ensayo de Corte Directo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas del suelo para el proyecto de construcción del Hospital EsSalud -Cajamarca.
- Determinar la capacidad de carga del suelo utilizando el ensayo de

corte directo, para el proyecto de construcción del Hospital EsSalud – Cajamarca.

- Calcular el porcentaje de variación de la capacidad de carga de los suelos por el ensayo de corte directo con respecto a la capacidad de carga obtenido en el expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca.

### **1.7. Limitaciones**

- Para el análisis de los suelos se realizaron tres calicatas que estuvieron a profundidades de 3.20 metros, 3.40 metros y 3.60 metros de acuerdo con el expediente técnico del proyecto de construcción.

### **1.8. Estructura de la Tesis**

- **Capítulo I:** Contiene el planteamiento del problema, su hipótesis, la debida justificación de la investigación, alcances, objetivos y sus limitaciones.
- **Capítulo II:** Comprende el marco teórico, los antecedentes teóricos de la investigación, así como las bases teóricas.
- **Capítulo III:** Este capítulo abarca la descripción de los materiales y metodología empleada para esta investigación, explicando el procedimiento, se hace el tratamiento, análisis de datos y se presenta los resultados.
- **Capítulo IV:** En este capítulo se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos, y la contrastación de hipótesis.
- **Capítulo V:** Corresponde a las conclusiones y recomendaciones

para futuras investigaciones.

- **Referencias Bibliográficas**
- **Anexos**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

- Castillo Castillo (2017), en su investigación "Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la matriz del cantón patate provincia de Tungurahua", realizado en Ecuador, emenciona que su objetivo fue determinar la capacidad admisible del suelo y la incidencia en las cimentaciones de las viviendas del centro urbano del Cantón Patate, como conclusiones se tienen a las siguientes: la capacidad portante del suelo estudiado usando el ensayo de corte directo, tiene una resistencia mayor a 30 ton/m<sup>2</sup> para las cimentaciones estables con nivel de desplante de 1.50 (para la zona 1 y 7), pero para la zona (2, 4, 5 y 6) la resistencia es sobre las 15 ton/m<sup>2</sup>, y para la zona 3, la resistencia es menor con 10.83 ton/m<sup>2</sup> y tiene presencia de nivel freático, por lo cual se recomienda realizar mejoramiento de suelo y también un sistema de drenaje.
- Sánchez Lara, (2018) en su investigación "Estudio de mecánica de suelos por Corte directo realizado para la construcción de una planta de bombeo ubicada en la delegación Xochimilco, México", donde el objetivo del estudio fue determinar la estratigrafía del subsuelo del sitio, sus propiedades índices y mecánicas (deformabilidad y también resistencia), que se detallan de la siguiente manera: de acuerdo con los hallazgos los

depósitos que se encuentran localizados entre 0,6 metros y 3,30 metros tienen una composición de preconsolidados y este esfuerzo es mayor en 8 ton/m<sup>2</sup> al esfuerzo efectivo actual que se tiene en la parte superior, y también de 6.5 ton/m<sup>2</sup> en la parte inferior, luego de ello hasta 18,30 metros en donde se realizó la máxima exploración se ha encontrado una mínima diferencia entre los esfuerzos efectivos actuales que se tienen de los depósitos. Además se observó que en el subsuelo de manera única se le puede transferir una carga de 1.5 ton/m<sup>2</sup> para que los asentamientos sean admisibles.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

- Zamora Huancas (2022), en su tesis "Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación en las manzanas de rinconada de Piura v-subetapa a y b, para fines de vivienda unifamiliar, veintiséis de octubre, Piura". La hipótesis de que los valores de capacidad portante serían superiores a 0.75 kg/cm<sup>2</sup> según estudios realizados por diversos laboratorios de la ciudad de Piura es "FALSA", ya que se demuestra que los valores de capacidad portante de los bloques de Rinconada de Piura V - Sub-Etapa A y B se encuentran en el rango de 0.482 kg/cm<sup>2</sup> a 0.537 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se estableció que los suelos tipo SP-SM de la región de estudio no difieren significativamente en los resultados del ensayo de "Corte Directo" en comparación con el ensayo de "Compresión Triaxial (UU)".

### 2.1.3. Antecedentes Locales

- Ravines Aliaga (2017), en su tesis "Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos dpl y corte directo para la ciudad de José Gálvez – Celendín – Cajamarca", donde los siguientes resultados proceden de diez ensayos realizados con el objetivo de establecer la capacidad portante de los suelos de cimentación de la ciudad de José Gálvez, en Celendín, mediante el método de corte directo: Los resultados que arrojaron los ensayos para el método de Corte Directo mostró una variación entre 0,84 y 0,96 kg/cm<sup>2</sup>. determinando que la prueba de corte directo, que produce resultados más confiables, es la técnica ideal para aplicar en proyectos de ingeniería.
- Caro Linares (2018), en su tesis "Capacidad portante de los suelos de fundación con fines de cimentación mediante ensayos de corte directo y dpl en la ciudad de Llacanora – Cajamarca" indica que los suelos de la zona de expansión de Llacanora tienen capacidades portantes que oscilan entre 2,09 y 3,36 kg/cm<sup>2</sup> para el ensayo de cizalladura directa, para una varianza del 15,21%, con una aproximación significativa para los suelos con capacidades portantes más elevadas. El ensayo de corte directo utiliza muestras no modificadas, lo que hace que sea más eficaz.



## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Mecánica de suelos**

La mecánica de los suelos es la parte de la Mecánica que estudia la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos. (Crespo Villalaz, 2004).

Además, también es una disciplina de la Ingeniería Civil que involucra el estudio del suelo, su comportamiento, su resistencia, su consistencia y la sustentabilidad para soportar estructuras y fundaciones pesadas. (Crespo Villalaz, 2004).

Marín Nieto, (2008) menciona que la Mecánica de suelos es la que estudia las propiedades de los suelos con relación a factores como el tiempo y carga, los cuales proporcionan al ingeniero los medios para evaluar su comportamiento y de esta manera certifiquen la estabilidad en las estructuras. Ya que existen suelos resistentes, pero que al humedecerse se expanden generando fuerzas muy grandes que provocan agrietamiento en paredes y pisos, que pueden ser de gravedad y donde el edificio deba ser abandonado. Además, no solo permite identificar qué suelos son resistentes y confiables, sino de esta manera permite al ingeniero tomar decisiones con respecto a su cimentación.

#### **2.2.1.1. Estudio de Mecánica de suelos y su obligatoriedad**

Es obligatorio realizar el Estudio de mecánica de suelos en los siguientes casos:

- Toda edificación en general, que albergue una gran cantidad de personas o alojen equipos costosos o peligrosos como, por ejemplo, hospitales y clínicas, universidades, cárceles,

estadios, auditorios, iglesias, clínicas, museos, estaciones de bomberos, estaciones de radio y televisión, centrales que son telefónicas, las llamadas centrales en donde se hace la generación de electricidad, reservorios, represas.

- Cualquier edificación ya sea que se mencionó o no anteriormente, y que tenga hasta 3 pisos con más de 500m<sup>2</sup> de área techada.
- Edificaciones de 4 pisos a más cualquiera que sea su área.
- Edificaciones industriales, fábricas, talleres o similares.
- Toda edificación que necesite el empleo de pilotes, pilares o plateas de cimentación.
- Cualquier edificación en donde implique taludes o suelos que puedan poner más adelante en riesgo toda la estabilidad de la construcción. (Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050), 2018)

### **2.2.2. Los suelos**

El suelo viene a ser una capa delgada encima de la corteza terrestre, de material que procede de la disgregación y/o alteración física y/o química de las rocas, así como de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. Sin embargo, el espesor de esta capa no es fácil de determinar, pero podría decirse que puede llegar a ser todo el espesor del globo terráqueo. (Crespo Villalaz, 2004).

#### **2.2.2.1. Tipos de suelos**

Crespo Villalaz, (2004), indica que los suelos pueden dividirse en

dos grandes grupos; que son los suelos inorgánicos, cuya procedencia se debe a la descomposición física y/o química de la roca; y los suelos orgánicos, principalmente formados in situ, producto de la descomposición de materia orgánica.

Los suelos más usuales que se encuentran son los siguientes:

- **Gravas:** Son acumulaciones sueltas de fracciones de rocas, que poseen más de 2mm de diámetro. La forma de sus partículas depende de su formación, pueden hallarse variaciones desde cantos rodados a elementos poliédricos. (Crespo Villalaz, 2004)
- **Arenas:** Es también un suelo de grano fino con partículas de diámetro entre los 2mm y 0.05 mm, provenientes de la denudación de las rocas o también de la trituración artificial. (Crespo Villalaz, 2004)
- **Limos:** son suelos que presentan el grano fino y generalmente con escasa o ninguna plasticidad. Sus partículas varían entre los 0.05 mm y los 0.005 mm de diámetro. Los limos saturados y sueltos son totalmente inadecuados para soportar cargas de cimentación. La compresibilidad de estos suelos es muy alta y su permeabilidad baja. (Crespo Villalaz, 2004)
- **Arcillas:** son suelos con partículas sólidas por debajo de los 0.005 mm de diámetro, los cuales tienen la característica que su masa puede volverse plástica al mezclarse con agua. Existen tres tipos de arcillas: caoliníticas, montmoriloníticas

e ilíticas, cualquiera que sea el caso, al ser plásticas se van a contraer al secarse, además muestran pronunciada cohesión dependiendo a su contenido de humedad. Son compresibles, y al colocarles una carga superficial estas se comprimen lentamente. Por otro lado, la resistencia que se pierde por el remoldeo se recobra parcialmente con el paso del tiempo. (Crespo Villalaz, 2004)

## **2.2.2.2. Características físicas y mecánicas del suelo**

### **2.2.2.2.1. Contenido de humedad**

Es la relación existente entre peso del agua con respecto al peso de los sólidos, expresada en porcentaje (%). (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002).

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

*Donde:*

- $\omega$  = *contenido de humedad del suelo (%)*.
- $W_w$  = *peso del agua*.
- $W_s$  = *peso de los sólidos*.

### **2.2.2.2.2. Granulometría**

Los tamaños de las partículas que conforman un suelo brindan un criterio para la clasificación de este, haciendo uso del cribado se ha hecho posible realizar el trazo de curvas granulométricas, de tal manera que se cuenta con agrupaciones de partículas de suelo en mayor número de tamaños distintos. (Juárez Badillo, 1973).

Los suelos según el tamaño dominante de su grano suelen ser llamados, grava, arena, limo o arcilla. Para ello diferentes organizaciones han desarrollado límites de separación de partículas, una de ellas es el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS). (Das, 2015).

#### **2.2.2.2.3. Límites de Atterberg**

Los límites de consistencia de los suelos con grano fino fueron desarrollados por el pedólogo Albert Mauritz Atterberg a comienzos del siglo XX. Atterberg establece tres límites para los cuatro estados de suelos finos:

- **Límite líquido (LL):** Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia, al disminuir su humedad, de la consistencia líquida a la plástica, o, al aumentar su humedad, de la consistencia plástica a la líquida.
- **Límite Plástico (LP):** Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia al disminuir su humedad de la consistencia plástica a la semisólida, o, al aumentar su humedad, de la consistencia semisólida a la plástica. El límite plástico es el límite inferior del estado plástico.
- **Límite de Contracción o Retracción (LC o LR):** Es el contenido máximo de agua, por debajo del cual un secado adicional no causa disminución de volumen de la muestra de suelo, pero por el encima del cual un incremento en el contenido de agua, si produce un aumento en el volumen.

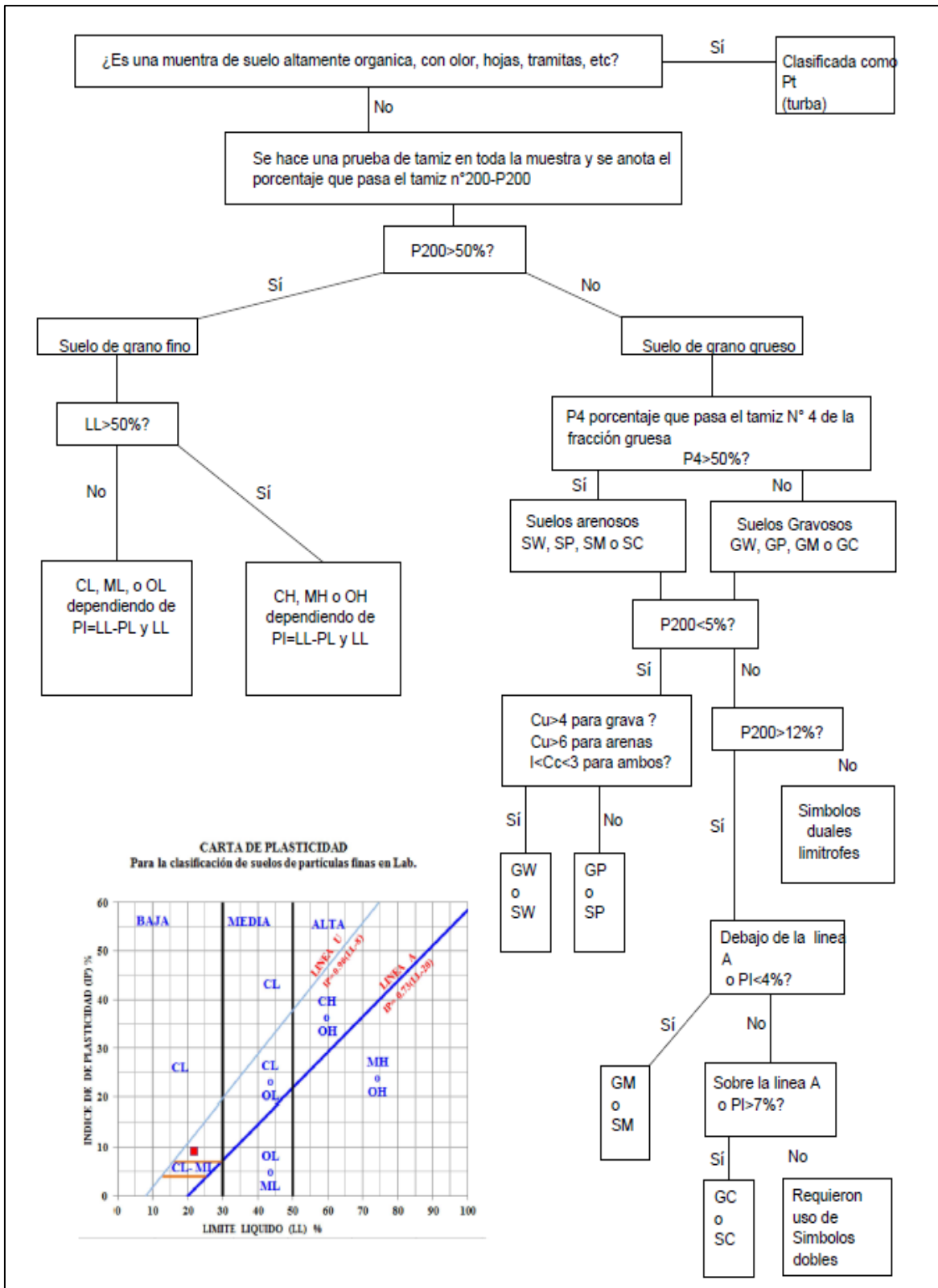
#### **2.2.2.2.4. Índice de plasticidad (IP)**

Se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo, e indica el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico.

#### **2.2.2.2.5. Clasificación de los suelos SUCS**

El Sistema Unificado de Clasificación de suelos, introducido por Arthur Casagrande, propone que los suelos con grano fino y solo con grano grueso se distinguen mediante el tamizado del material por la malla N°200. Los suelos que se retiene en dicha malla son considerados gruesos si más del 50% de las partículas se quedan en ella, mientras si más del 50% logra pasar esta malla son suelos de grano fino. Los suelos son nombrados por símbolos que constan de un prefijo y sufijo, donde los prefijos son las iniciales de nombres en ingles de los principales suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y tuba) y los sufijos son subdivisiones. (Crespo Villalaz, 2004)

Figura N°01. Resumen de la clasificación de los suelos



### **2.2.3. Profundidad de la perforación**

Crespo (2004), menciona que la profundidad hasta donde debe explorarse un suelo puede estar justificada en el tipo de suelo que se ha encontrado y en el tamaño y peso de la estructura que va a sostener.

### **2.2.4. Cimentaciones superficiales y tipos de falla**

Tenemos los siguientes tipos de cimentaciones superficiales:

#### **2.2.4.1. Zapata Aislada**

Es una cimentación que solo recibe un solo sistema de carga y se la tiene como referencia para el diseño de los otros tipos de cimientos. (Rodríguez Serquén, 2018)

Las zapatas aisladas son comúnmente utilizadas para cimientos poco profundos con el fin de transportar y extender cargas concentradas, causadas por ejemplo por columnas o pilares. Las zapatas aisladas pueden ser de material reforzado o no reforzado. (Marín, 2008).

#### **2.2.4.2. Zapata Combinada**

Se refiere a una zapata que abarca dos o más columnas. (Rodríguez Serquén, 2018)

Las zapatas combinadas son empleadas como base de dos o más columnas cercanas. Su objetivo es evitar excéntricas cargas en la última zapata. En estas zapatas las columnas no se ubican en su centro sino de forma excéntrica, lo cual ocurre con frecuencia en las columnas perimetrales. (Marín, 2008).



#### **2.2.4.3. Zapatas Conectadas**

Este tipo consta de dos zapatas unidas por vigas de conexión, donde estas vigas tratan de impedir el desplazamiento vertical y lateral de las zapatas. (Rodríguez Serquén, 2018)

#### **2.2.4.4. Zapata Continua**

En este de zapata su ancho es mucho menor que su longitud, las cuales deben ser analizadas tanto en su dirección transversal como longitudinal. (Rodríguez Serquén, 2018)

#### **2.2.4.5. Platea de cimentación**

Consiste en una losa de concreto, la cual abarca toda el área del terreno de la edificación. Además, esta losa tiene armadura tanto en la parte inferior como superior y en las dos direcciones. (Rodríguez Serquén, 2018)

#### **2.2.4.6. Falla**

Es una condición en la que el movimiento producido por fuerzas de cortante en una masa de suelo o de roca, o en una estructura, es de suficiente magnitud para destruirla o dañarla, (Marín, 2008).

##### **2.2.4.6.1. Falla general por corte**

La falla por corte general es lo que se tiene en una cimentación, de un ancho  $B$ , soportada por un suelo denso o también por un suelo cohesivo firme, se podría decir que la carga que soporta dicho suelo generalmente es incrementada de forma gradual, entonces debido a ello puede existir un aumento en el asentamiento llegando a un punto de tal manera que la carga por unidad del área sea igual a la carga última, todo esto puede ocurrir en una falla repentina que

se suscita en el suelo, entonces se puede decir que este tipo de falla se le denomina por corte general, usualmente este tipo de fallas son las que se presentan en las arenas densas y también en las arcillas rígidas, una de las principales características que tiene una superficie donde puede ocurrir una falla continua es que comienza en el borde de la cimentación que se tiene y luego de eso llega hasta la superficie del terreno, normalmente este tipo de falla toma el nombre de ser frágil y súbita, pero normalmente llegando a un punto donde se le puede determinar cómo catastrófica, y debido a esto si la estructura que se tiene no permite que se haga una rotación de las zapatas, lo que va a ocurrir es que va a existir una cierta inclinación que va a ser observada simple vista de la cimentación, luego de esto lo que provoca es que exista un hinchamiento del suelo en los lados de las zapatas, y luego de ello viene el colapso final que se va a presentar en un solo lado de la zapata. (Braja, 2012).

#### **2.2.4.6.2. Falla por punzonamiento**

Este tipo de falla usualmente se presenta en suelos que son generalmente bastante sueltos, es decir la zona de falla no se extiende como suele ocurrir en los de corte general. Lo que provoca es que la cimentación tenga una compresión inmediata del suelo ya sea un movimiento vertical, el suelo suele presentar una falla por corte alrededor de la existencia de la cimentación y también se tiene que los movimientos del suelo junto con la llamada cimentación estos no pueden ser muy visibles, por lo tanto, el

equilibrio vertical y también el equilibrio horizontal de la misma puede mantenerse, (Braja, 2012).

#### **2.2.4.6.3. Falla por corte local**

La falla por corte local en la cimentación, usualmente se encuentra encima de un suelo arenoso o también encima de un suelo arcilloso que tiene una compactación media, entonces al aumentar la carga también ocurrirá un incremento en el asentamiento, entonces debido a ello la superficie de la falla se puede extender de forma gradual, en otros casos también suele presentarse que cuando el desplazamiento vertical puede ser grande es decir la mitad del lado o diámetro de la zapata, esto suele terminar dentro de la propia masa ya sea del suelo y no del terreno, entonces cuando la carga por unidad de área sea igual o también conocida como carga de la primera falla, normalmente ocurren algún tipo de sacudidas que son repentinas junto con el movimiento, entonces para ello más adelante se puede requerir un movimiento que sea considerable de toda la cimentación y de esa manera toda la superficie de falla llegue a la superficie necesaria, normalmente este movimiento suele ocurrir al alcanzar la capacidad de carga última, luego de ello también una falla intermedia usualmente entre el corte general y el punzonamiento, en donde se presenta un hinchamiento del suelo que usualmente ocurre al lado de la cimentación y también la compresión vertical del suelo que está bajo la cimentación.

### 2.2.5. Capacidad de carga última

Es la carga por área unitaria de la cimentación requerida para que ocurra la falla por corte en el suelo. (Braja, 2012).

Terzaghi (1943) fue el primero en exponer una teoría completa sobre la capacidad de carga última de las cimentaciones superficiales. Según su teoría, una cimentación es considerada superficial si su profundidad es menor o igual a la dimensión de su ancho. No obstante, posteriores investigadores proponen que las cimentaciones con profundidades entre 3 o 4 veces el ancho de la cimentación también podrían considerarse como superficiales. (Braja, 2012).

Para ello Terzaghi expuso la capacidad de carga última para la falla general por corte en el suelo, mediante la siguiente ecuación:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

-  $c$  = *cohesión del suelo*

-  $q = \gamma \cdot D_f$

-  $\gamma$  = *peso específico del suelo*

-  $N_c, N_q$  y  $N_\gamma$  = *factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción del suelo*

Los factores de capacidad de carga se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$N_c = \cot\phi' \left[ \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi'}{2}\right)\tan\phi'}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right)} - 1 \right] = \cot\phi'(N_q - 1) \dots\dots\dots(2)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi'}{2}\right)\tan\phi'}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right)} \dots\dots\dots(3)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi'} - 1 \right) \tan \phi' \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

- $K_{p\gamma}$  = coef. de presión pasiva.

Para cimentaciones que tengan falla local por corte, Terzaghi sugirió las siguientes modificaciones:

$$q_u = \frac{2}{3} c' N'_c + q N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma \text{ (Cimentación continua) } \dots\dots\dots(5)$$

$$q_u = 0.867 c' N'_c + q N'_q + 0.4 \gamma B N'_\gamma \text{ (Cimentación cuadrada) } \dots\dots\dots(6)$$

$$q_u = 0.867 c' N'_c + q N'_q + 0.3 \gamma B N'_\gamma \text{ (Cimentación circular) } \dots\dots\dots(7)$$

#### 2.2.4.5. Ecuación general de la capacidad de carga

La ecuación (1) solo es para cimentaciones continuas, no aborda el caso de cimentaciones rectangulares ( $0 < B/L < 1$ ). Tampoco toma en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla del suelo en la parte superior del fondo de la cimentación. Para tomar en cuenta ello, Meyerhof (1963) propuso la siguiente ecuación general de capacidad de carga:

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

- $c'$  = cohesión
- $q$  = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
- $\gamma$  = peso específico del suelo
- $B$  = ancho de la cimentación
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma

- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d} = \text{factores de profundidad}$
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i} = \text{factores de inclinación de carga}$
- $N_c, N_q \text{ y } N_\gamma = \text{factores de capacidad de carga suelo}$

### Factores de capacidad de carga

- $N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$
- $N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$
- $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$

### Factores de Forma, profundidad e inclinación

#### Forma

- $F_{cs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$
- $F_{qs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \tan \phi'$
- $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left( \frac{B}{L} \right)$

#### Profundidad

- Si  $\frac{Df}{B} \leq 1$

Para  $\phi = 0$ :

- $F_{cd} = 1 + 0.4 \left( \frac{Df}{B} \right)$
- $F_{qd} = 1$
- $F_{\gamma d} = 1$

Para  $\phi' > 0$ :

- $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$
- $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left( \frac{Df}{B} \right)$
- $F_{\gamma d} = 1$

- Si  $\frac{Df}{B} > 1$

Para  $\phi = 0$ :

- $F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)}_{\text{radianes}}$

- $F_{qd} = 1$

- $F_{\gamma d} = 1$

Para  $\phi' > 0$ :

- $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1-F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$

- $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)}_{\text{radianes}}$

- $F_{\gamma d} = 1$

### Inclinación

- $F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$

- $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)$

$\beta =$  inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

### 2.2.6. Ensayo de corte directo

El ensayo de Corte directo se basa en colocar un espécimen en una caja de corte directo, a la cual se le aplica un esfuerzo normal determinado, humedeciendo o drenando el espécimen de ensayo, luego se va soltando los marcos donde está contenida la muestra y se van desplazando horizontalmente a una velocidad constante de deformación, donde se mide la fuerza del corte y los desplazamientos horizontales hasta que la muestra llegue a su falla. (Leoni, 2005)

La dimensión de las muestras utilizadas suele ser de 25 a 30 mm de altura

y con una sección transversal de 25 cm<sup>2</sup>. Además, el esfuerzo normal aplicado sobre la muestra puede llegar a ser 1000 kN/m<sup>2</sup>. (Das, 2015)

Para ello el esfuerzo normal se calcula mediante:

$$\sigma = \sigma' = \text{Esf. normal} = \frac{\text{Fuerza normal}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

Y el esfuerzo cortante se calcula mediante la formula:

$$\tau = \tau' = \text{Esf. cortante} = \frac{\text{Resistencia al Esfuerzo de corte}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

Cabe resaltar que la prueba de corte tiene algunas limitaciones como es que el suelo no se le permite que falle sobre su plano más débil sino a lo largo del plano de la caja de corte, además la distribución del esfuerzo cortante sobre el plano de falla no es uniforme, pese a esto este ensayo es el más sencillo y económico de realizar. (Das, 2015)

### 2.3. Términos básicos

- **Mecánica de suelos:** es una disciplina de la Ingeniería Civil que involucra el estudio del suelo, su comportamiento, su resistencia, su consistencia y la sustentabilidad para soportar estructuras y fundaciones pesadas, (Crespo, 2004).
- **Suelo:** sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades fisicoquímicas, especialmente las propiedades mecánicas. (Gonzales, 2002).
- **Corte directo:** es un procedimiento que se realiza con el fin de definir



las propiedades de resistencia de materiales bajo el efecto de cargas combinadas, donde la fuerza de corte se genera a lo largo de una superficie horizontal determinada, (Leoni, 2005).

- **Ángulo de fricción:** es la propiedad del suelo la cual indica la pendiente máxima a la que se mantiene un suelo en reposo. (Marín, 2008).
- **Cohesión:** Es la característica de las partículas del terreno las cuales se mantiene unidas en virtud de fuerzas internas. En suelos cohesivos esta estructura depende de la cantidad de minerales arcillosos que contenga. (Montenegro , 2015).
- **Cimentación:** Es el elemento encargado de transmitir el peso de la estructura al suelo sobre el que está apoyado sin sobrecargarlo. (Das, 2015).
- **Capacidad de carga:** Es el esfuerzo que se requiere para que se produzca una falla por corte, el cual no incluye el factor de seguridad. (Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050), 2018).

### CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica en el Sub-lote B, del sector Huacariz, distrito, provincia y región de Cajamarca, a una altura de 2700 m.s.n.m, que se localiza al sureste de la ciudad, a unos 5,5 km de la Plaza de armas de la ciudad.

Delimitado por las siguientes coordenadas:

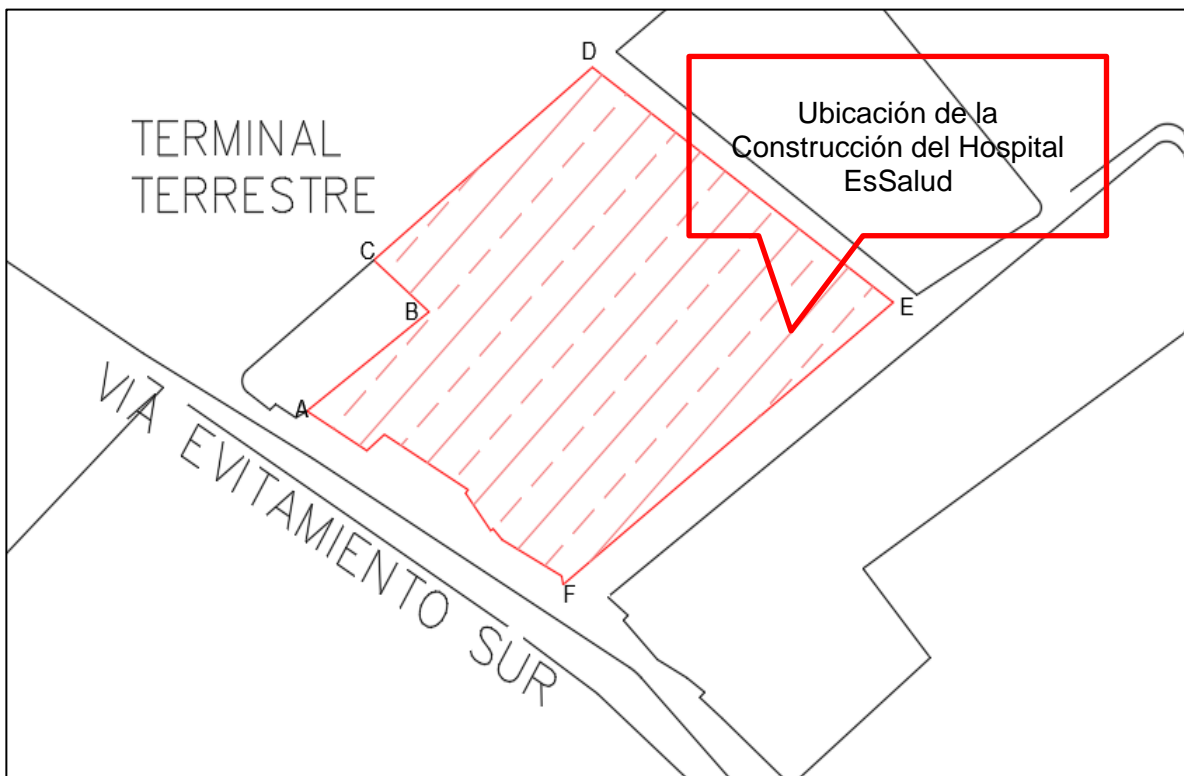
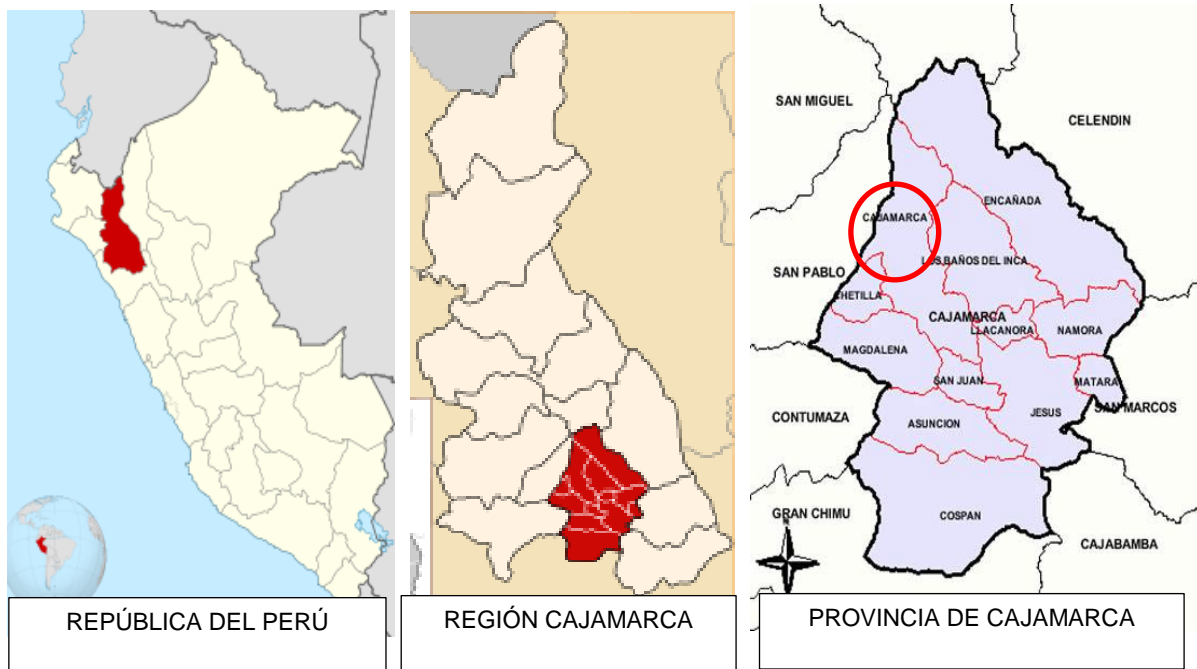
**Tabla N°1**

*Coordenadas de delimitación de la zona de estudio*

Puntos	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
A	9206083.841	777229.466
B	9206113.387	777270.336
C	9206127.679	777252.040
D	9206183.186	777325.980
E	9206114.174	777425.832
F	9206033.144	777315.350

*Fuente:* Expediente Técnico del Hospital EsSalud

**Figura N° 02. Ubicación Geográfica de la investigación**



Fuente: Google Earth.

**Figura N° 03.** *Vista panorámica de la Ubicación de la Construcción del Hospital EsSalud*



### **3.2. Clima de Cajamarca**

El clima de Cajamarca es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima varía entre los 21°C y 25 °C, mientras que las temperaturas mínimas se registran entre los 7°C a 11°C.

La precipitación acumulada anual puede alcanzar valores desde los 700 mm a 2000 mm aproximadamente, (SENHAMI, 2021).

### **3.3. Procedimiento**

En esta investigación se realizó:

Excavación de 03 calicatas, con profundidades de 3.20m, 3.40m, 3.60 m para C-6, C-8 Y C-10 respectivamente.

Extracción de muestras en las condiciones inalteradas de las calicatas

para los ensayos de corte directo y muestras alteradas para los ensayos de propiedades físicas como granulometría, límite líquido y plástico. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca para los ensayos respectivos.

Se calculó la capacidad de carga del suelo para cimentaciones con datos obtenidos del ensayo de corte directo para la construcción del proyecto del Hospital EsSalud-Cajamarca, este con el propósito de compararlos y verificarlos con la capacidad de carga calculada en el estudio de suelos del expediente técnico de mencionado proyecto de construcción.

### **3.3.1. Análisis granulométrico**

- Después de la realización de las tres calicatas, se extrajeron muestras de 2 kg del fondo de cada una de estas y se llevaron al laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Posteriormente se procedió a desmenuzar el material y la muestra se secó de manera natural por aproximadamente por 24 horas.
- Una vez seca la muestra se pesó y con 300 g, se procedió hacer el lavado del suelo con la malla N°200 hasta que el agua se vea lo más clara posible.
- La muestra obtenida después de realizado el lavado, se colocó a secar en el horno a temperatura constante de 105 °C por 24 horas.
- Una vez seca la muestra esta se tamizó por las mallas N° 3/8, 1/4, 10, 20, 40, 100 y 200, en el orden en que se mencionan, para lo cual se pesó el material retenido en cada una de las mallas.
- Posteriormente, los pesos retenidos fueron divididos por el peso total

de la muestra y multiplicados por 100 para obtener el porcentaje parcial retenido, con también calcular el porcentaje acumulado y el porcentaje que pasó cada malla.

- Finalmente, con los datos del diámetro de las respectivas mallas vs. el porcentaje de suelo que pasó cada una de estas, se determinó la distribución granulométrica.

### **3.3.2. Limite líquido y plástico e Índice de plasticidad**

#### **Límite líquido:**

- Primero las muestras obtenidas de las respectivas calicatas fueron desmenuzadas y colocadas a secar de manera natural por 24 horas aproximadamente.
- Una vez seca la muestra de suelo fue tamizada por el tamiz de malla N°40.
- Después se añadió una pequeña cantidad de agua a unos 100 g del material que había pasado por la malla anteriormente mencionada, antes de introducirlo en una cápsula de porcelana y mezclarlo con una espátula hasta obtener una pasta lisa y homogénea.
- Una porción de la mezcla se vertió con una espátula en la copa Casagrande, formando una capa lisa con una profundidad máxima de 1 cm.
- Con una herramienta de ranurado, el suelo depositado en la copa Casagrande se separa en dos trozos en el centro. Durante todo el recorrido, el instrumento de ranurado debe permanecer paralelo a la superficie interior de la copa. El instrumento de ranurado debe

desplazarse en dirección de arriba-abajo.

- La copa se acciona a un ritmo de dos golpes por segundo, y se cuenta la cantidad de golpes necesarios para que el fondo de la pendiente de la ranura se cierre exactamente a 1,27 cm (1/2), donde el número de golpes debe estar entre un intervalo de 25 y 35.
- Se observó cuántos golpes eran necesarios para sellar la ranura. De la fracción donde se cerró, se obtuvo una muestra del suelo, se puso en un recipiente y se pesó.
- El procedimiento se repite para tres pruebas que necesitan menos golpes cada una, realizándose la segunda para un número de golpes entre 20 y 30, y la última para una prueba que requiere entre 15 y 20 golpes.
- Se calculó el contenido de humedad de cada uno de los ensayos.
- La curva de fluidez conecta los tres puntos (número de golpes frente a contenido de humedad) resaltados con una línea recta. El límite líquido del suelo está representado por el contenido de humedad indicado por el punto de intersección entre esta línea y los 25 golpes.

#### **Límite plástico:**

- Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado la prueba del límite líquido y al cual se evaporó su humedad hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable.
- Se formó luego una pequeña bola que deberá enrollarse en seguida en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente

presión a efecto de formar filamentos.

- Cuando el diámetro del filamento resultante fue de 3.17 mm (1/8") sin romperse, se juntó la muestra de nuevo, mezclándose en forma de bola y volver a enrollarse. El proceso debe continuarse hasta que se produzca un rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar 1/8" de diámetro.
- Los filamentos se pesaron y secaron para determinar el contenido de humedad y de esta manera conocer el Límite plástico.
- El ensayo se repitió 3 veces.

### **Índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad esta dado por la siguiente formula:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- *IP= Índice de plasticidad*
- *LL= Límite líquido*
- *LP= límite plástico*

### **3.3.3. Clasificación de suelos con el Sistema Unificado de Clasificación de suelos**

- Este sistema divide los gruesos y los suelos finos.
- Se consideró el porcentaje pasante por el tamiz 200.
- Si menos del 50% en peso del suelo pasó por el tamiz se consideró suelo grueso, o por el contrario si pasa más del 50% suelo se consideró de grano fino.



- Luego de ello debe usarse la carta de plasticidad, haciendo uno de ellos límites para determinar la clasificación de los suelos ellos, que reportan en los informes, que consta en la parte de anexos de la investigación.

#### **3.3.4. Ensayo de corte directo para hallar la capacidad de carga**

- Se realizó para conocer la resistencia del suelo usando un aparato de corte directo, que es un recipiente rectangular que está dividido de forma horizontal en dos mitades.
- Para este ensayo se utilizó muestras que fueron idénticas, para ello se utilizaron diferentes cargas verticales de 2, 4 y 8 kg y de esa manera se representó la resistencia al corte que estuvieron en función de las tensiones verticales.
- La velocidad de carga para los ensayos de corte directo estándar en suelos de las C6, C8, y C10, fue de 0.50 mm/min y la constante del anillo de carga es de 0.4463379 kg/N° divisiones.
- El ensayo que se realizó es no consolidado – no drenado, se registraron las mediciones altura, lado de la muestra cuadrada y peso de estas.
- Se insertaron las muestras en la caja de corte y se colocó en el brazo de carga un peso correspondiente a 2kg para la primera muestra.
- Luego de ello, se empezó el ensayo, para el cual los indicadores de desplazamiento horizontal estuvieron en cero y los tiempos en que se tomaron las lecturas es cada 30 segundos.
- Finalizado el ensayo, la muestra fue retirada de la caja de corte, se secó en el horno y se pesó para determinar el peso de sólidos.

- Este procedimiento se repitió para cargas normales de 4 kg y 8 kg, haciendo las lecturas de sus respectivas deformaciones.

#### 3.3.4.1. Cálculos del ensayo de corte directo

- Para ello se tomó lectura de cada una de las deformaciones de carga para tiempos que van en aumento de 30 segundos.
- El desplazamiento horizontal es igual a la siguiente fórmula, ya que se recorre 5 mm en 1 min:

$$Dezp.Hor = .05mm * t$$

t=tiempo en min

- Luego se halló el área corregida con la siguiente fórmula:

$$Acorregida = \text{Área} - (\text{lado} * \text{dezp.hor})$$

- Posteriormente se usó la siguiente fórmula para hallar la fuerza de corte:

$$Fuerza\ de\ corte = Def.carga * constante\ del\ anillo\ de\ carga$$

- Para el esfuerzo cortante se empleó lo siguiente:

$$Esfuerzo\ corte = \frac{fuerza\ de\ corte}{Acorregida}$$

- Por último, con los resultados obtenidos se realizaron las respectivas gráficas de desplazamiento horizontal vs. esfuerzo de corte, de donde se obtendrá el esfuerzo cortante máximo para cada una de las cargas.
- El esfuerzo normal se calculó con:

$$\text{Esfuerzo normal} = \frac{(\text{Carga} * 10) + P_{\text{marco y placa}}}{\text{Area de la muestra}}$$

*Carga* = 2 kg, 4 kg u 8 kg

$P_{\text{marco y placa}} = 0.604 \text{ kg}$

- Posteriormente se realizó una gráfica de Esfuerzo normal vs. Esfuerzo de corte con la que se determinó la cohesión y ángulo de fricción. La ecuación de la grafica es de la forma:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \rightarrow y = b + mx$$

Donde:

Cohesión:  $c=b$

Angulo de fricción=  $\tan^{-1}(m)$ , correspondiente a la pendiente

### **3.4. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados**

#### **3.4.1. Población y muestra de estudio**

##### **3.4.1.1. Población**

Suelos del Hospital EsSalud Cajamarca, ubicados en el Subsector B, Huacariz, al sureste de la Ciudad.

##### **3.4.1.2. Muestra**

Área de suelos para la construcción del Hospital EsSalud Cajamarca.

##### **3.4.1.3. Unidad de análisis**

La capacidad de carga del suelo.

##### **3.4.1.4. Unidad de observación**

Especímenes cuadrados de 6 cm de lado por 2 cm de altura para corte directo.

### **3.4.2. Tipo, nivel, diseño y método de investigación**

**Tipo:** La presente investigación es de tipo Aplicada.

**Nivel:** Descriptivo.

**Método de investigación:** Es no experimental

**Enfoque:** Cuantitativo. Se usó el método científico estructurado para llegar a las conclusiones de la investigación.

**Medición:** Transversal. Se recolectaron los datos en un solo periodo de tiempo, el año 2022.

### **3.4.3. Recolección de Datos**

Para esta investigación se recopiló información acorde al tema de capacidad de carga del suelo empleando el ensayo de corte directo.

Llevando a cabo lo siguiente:

- Ubicación de las calicatas del área de suelo.
- Muestreo de calicatas en la zona de estudio.
- Extracción de suelo de las tres calicatas.
- Transporte de muestras de suelo hasta en laboratorio.
- Realización de ensayos en laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca de la Facultad de Ingeniería.

### **3.4.4. Procesamiento de datos**

El procesamiento de la información se realizó de acuerdo con los datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, datos que se describen en los anexos de la investigación, haciendo uso de Microsoft Excel.

### **3.4.5. Equipos y Materiales**

Se utilizaron los siguientes equipos:

- Tamices para la realización de granulometría: 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°100 y N°200.
- Probeta de 500ml.
- Horno eléctrico de control de capaz de mantener una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Copa de Casagrande.
- Ranurador.
- Balanza digital con precisión de 0.1g.
- Cronómetro.
- Máquina de Corte directo.

Materiales:

- Suelos extraídos de las tres calicatas.
- Demás materiales del laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **3.4.6. Análisis de datos y presentación de resultados**

#### **3.4.6.1. Trabajos de Campo**

Se realizaron 3 calicatas a "cielo abierto" con 1,5 m de ancho y 1,5 m de largo con profundidades que mencionan a continuación C-6, 3.20m; C-8 con 3.40 m y C-10 con 3.60 m, estas profundidades fueron determinadas por las calicatas C-6, C-8, C-10 realizadas en el Estudio de suelos del expediente técnico del proyecto en

construcción del Hospital EsSalud Cajamarca.

Luego se procedió a recolectar las muestras inalteradas del suelo de cada calicata, para determinar la capacidad de carga.

### **Tabla N°2**

*Ubicación de coordenadas UTM de las Calicatas*

CALICATA	Profundidad (m)	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
C-6	3.20	777756.5	9206258.0
C-8	3.40	777759.5	9206248.5
C-10	3.60	777753.0	9206266.3

#### **3.4.6.2. Ensayos de Laboratorio**

Primero, cabe mencionar que no se encontró nivel freático para ninguna de las tres calicatas realizadas.

Los ensayos realizados fueron el corte directo, contenido de humedad, granulometría, límites líquido y plástico. Desarrollados de acuerdo con con la American Standard of Testing Material (ASTM), utilizando las siguientes normas:

- Humedad natural Norma ASTM-D2216 (NTP 339.127)
- Análisis granulométrico Norma ASTM-D422 (NTP 339.128)
- Límite líquido y plástico Norma ASTM-D4318 (NTP 339.129)
- Clasificación de suelos Norma ASTM-D2487(NTP 339.134)
- Ensayo de corte directo Norma ASTM-D3080 (NTP 339.171)

La ejecución del ensayo de corte directo muestra en el ANEXO 3 y

los ensayos para clasificación de suelos por el sistema Unificado de Clasificación de suelos se muestran en el ANEXO 2 suelos.

### 3.4.6.3. Presentación de Resultados

En la Clasificación de suelos, haciendo uso del Sistema SUCS, se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla N°3**

*Propiedades Físicas y Clasificación de suelos*

Número de Calicata	C-6	C-8	C-10
Nomenclatura de la muestra	M1	M1	M1
Profundidad de Excavación	3.20	3.40	3.60
% QUE PASA POR EL TAMIZ 3/8"	100.0%	100.0%	100.0%
% QUE PASA POR EL TAMIZ N°4	98.1%	98.0%	98.1%
% QUE PASA POR EL TAMIZ N°10	96.7%	95.3%	96.4%
% QUE PASA POR EL TAMIZ N°40	94.0%	92.5%	93.6%
% QUE PASA POR EL TAMIZ N°100	87.6%	85.2%	87.0%
% QUE PASA POR EL TAMIZ N°200	81.9%	79.5%	81.4%
LÍMITE LÍQUIDO	38%	36%	37%
LÍMITE PLÁSTICO	21%	20%	20%

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	17%	16%	17%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26%	25%	19%
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>

La Tabla N°3 muestra Las propiedades físicas de los suelos y su clasificación en las 3 calicatas, donde se ha encontrado un tipo de suelo CL, correspondiente a arcillas inorgánicas de *baja plasticidad*.

#### 3.4.6.3.1. Capacidad de Carga determinada mediante el método de Ensayo de Corte directo

Los resultados en cuanto a la cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga del suelo para cimentaciones, fueron los siguiente.

**Tabla N°4**

*Resultados de Corte Directo para Cohesión y ángulo de fricción*

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ°)
C-6	3.20	0.23	17.67
C-8	3.40	0.24	17.03
C-10	3.60	0.23	18.23

Los cálculos para la capacidad de carga se realizaron para



Cimientos corridos, Zapatas aisladas y losa de cimentación, para diferentes dimensiones profundidades (Df) de estas y, cabe acotar que estas dimensiones fueron obtenidas del Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla N°5**

*Capacidades de Carga para C-6*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.05	1.02
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	3.33	1.11
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	3.35	1.12
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	5.56	1.85
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	5.64	1.88
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	5.70	1.90
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	5.86	1.95
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	6.36	2.12
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.00	1.00
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	3.29	1.10
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	3.32	1.11

**Tabla N°6***Capacidades de Carga para C-8*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.04	1.01
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	3.31	1.10
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	3.32	1.11
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	5.51	1.84
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	5.57	1.86
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	5.63	1.88
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	5.78	1.93
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	6.25	2.08
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	2.97	0.99
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	3.24	1.08
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	3.27	1.09

**Tabla N°7***Capacidades de Carga para C-10*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.08	1.01
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	3.38	1.10
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	3.40	1.11
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	5.64	1.84
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	5.73	1.86

Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	5.79	1.88
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	5.96	1.93
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	6.50	2.08
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.05	0.99
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	3.36	1.08
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	3.39	1.09

Los resultados detallados del Ensayo de Corte directo se encuentran en el Anexo 3.


### 3.4.6.3.2. Resultados del Ensayo de Corte directo del estudio de suelos del Expediente técnico del Hospital EsSalud - Cajamarca

**Figura N°04.** Resultados de Ángulo de fricción y cohesión del Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca


**Cuadro 7-3 Resultado del Ensayo de Corte Directo**

Sondaje	Muestra	Prof. (m)	SUCS	C(kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)
C-3	M-1	2,80 – 4,40	CL	0,22	24,3
C-6	M-1	2,50 – 3,20	CL	0,21	22,8
C-8	M-1	2,20 – 3,40	CL	0,23	22,1
C-10	M-1	2,30 – 3,60	CL	0,21	23,2
CP-2(*)	M-1	3,80-6,00	CL	0,15	22,5
CP-2(*)	M-2	6,00-10,00	CL	0,20	22,5

Fuente: Trabajos de laboratorio 2018  
 (\*) CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería



JOSÉ CARLOS PALLARES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 7997



YESIL YOTNER SILVA E  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 7997

**Tabla N°8***Capacidades de Carga para C-6 -Expediente técnico*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.63	1.21
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.05	1.35
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.07	1.36
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.51	2.17
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.62	2.21
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.70	2.23
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	6.91	2.30
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.58	2.53
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.67	1.00
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.10	1.10
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.16	1.11

*Fuente: Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca***Tabla N°9***Capacidades de Carga para C-8 -Expediente técnico*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.76	1.25
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.15	1.38
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.18	1.39
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.74	2.25

Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.82	2.27
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.90	2.30
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	7.10	2.37
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.73	2.58
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.76	1.00
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.16	1.10
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.21	1.11

*Fuente:* Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca

### **Tabla N°10**

*Capacidades de Carga para C-10 -Expediente técnico*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.71	1.24
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.14	1.38
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.17	1.39
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.62	2.21
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.73	2.24
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.81	2.27
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	7.02	2.34
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.70	2.57
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.76	1.00
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.20	1.10
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.26	1.11

*Fuente:* Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca

**3.4.6.3.3. Comparación de los valores Obtenidos de la capacidad de carga en esta investigación con los resultados del Estudio de suelos del Expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca**

**Tabla N°11**

*Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-6) y del Expediente Técnico (C-6)*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu<sub>exp</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qu<sub>CD</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Variación (%)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.63	3.05	16.05%
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.05	3.33	17.63%
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.07	3.35	17.84%
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.51	5.56	14.60%
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.62	5.64	14.80%
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.70	5.70	14.93%
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	6.91	5.86	15.23%
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.58	6.36	16.05%
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.67	3.00	18.24%
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.10	3.29	19.67%
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.16	3.32	20.06%

**Tabla N°12**

*Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-8) y del Expediente Técnico (C-8)*

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu<sub>exp</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qu<sub>CD</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Variación (%)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.76	3.04	19.20%
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.15	3.31	20.43%
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.18	3.32	20.61%
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.74	5.51	18.25%
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.82	5.57	18.33%
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.90	5.63	18.40%
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	7.10	5.78	18.61%
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.73	6.25	19.21%
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.76	2.97	20.91%
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.16	3.24	22.06%
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.21	3.27	22.40%

**Tabla N°13**

*Comparación de la capacidad de carga del suelo mediante el ensayo de Corte directo (C-10) y del Expediente Técnico (C-10)*

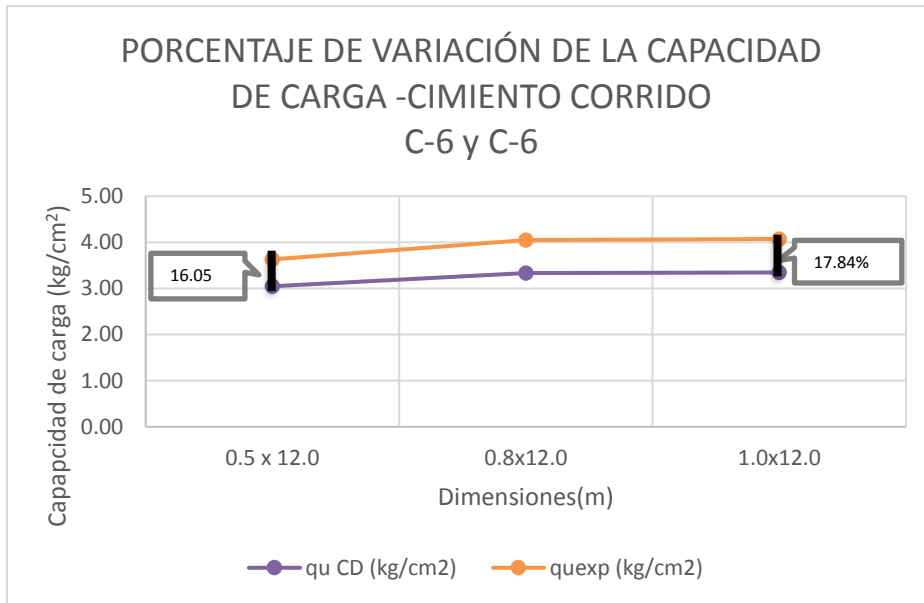
<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Df (m)</b>	<b>B x L (m)</b>	<b>qu<sub>exp</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>qu<sub>CD</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Variación (%)</b>
Cimiento corrido	1.00	0.5 x 12.0	3.71	3.08	16.98%
Cimiento corrido	1.50	0.8x12.0	4.14	3.38	18.28%
Cimiento corrido	1.50	1.0x12.0	4.17	3.40	18.47%
Losa de cimentación	1.00	5.0x5.0	6.62	5.64	14.78%
Losa de cimentación	1.00	7.2x7.2	6.73	5.73	14.84%
Losa de cimentación	1.00	8.1x8.1	6.81	5.79	14.91%
Losa de cimentación	1.00	10.0x10.0	7.02	5.96	15.09%
Losa de cimentación	1.00	15.0x15.0	7.70	6.50	15.65%
Zapata aislada	1.50	1.0x1.0	3.76	3.05	18.77%
Zapata aislada	2.00	1.5x1.5	4.20	3.36	19.97%
Zapata aislada	2.00	2.0x2.0	4.26	3.39	20.32%



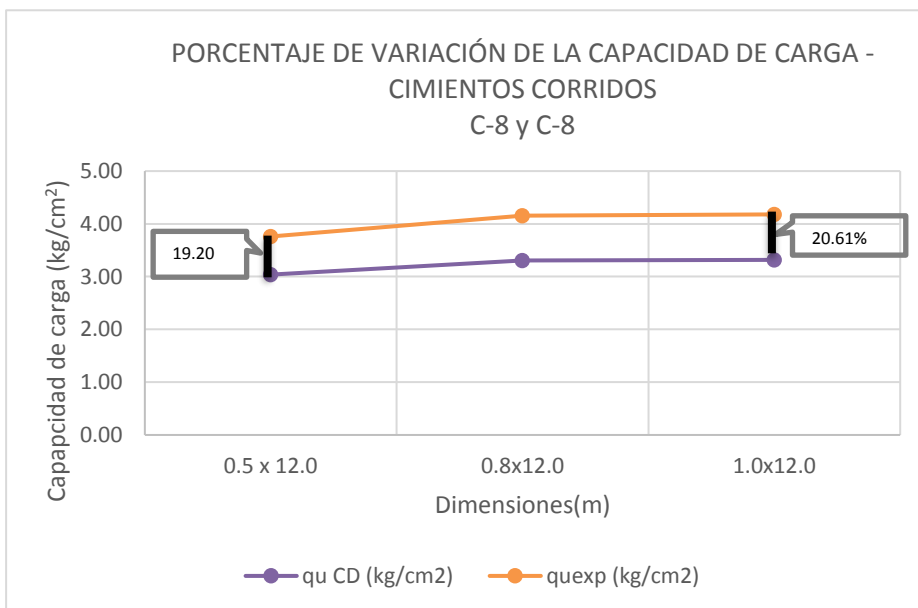
### 3.4.6.3.4. Gráfica comparativa

- Para cimiento corrido

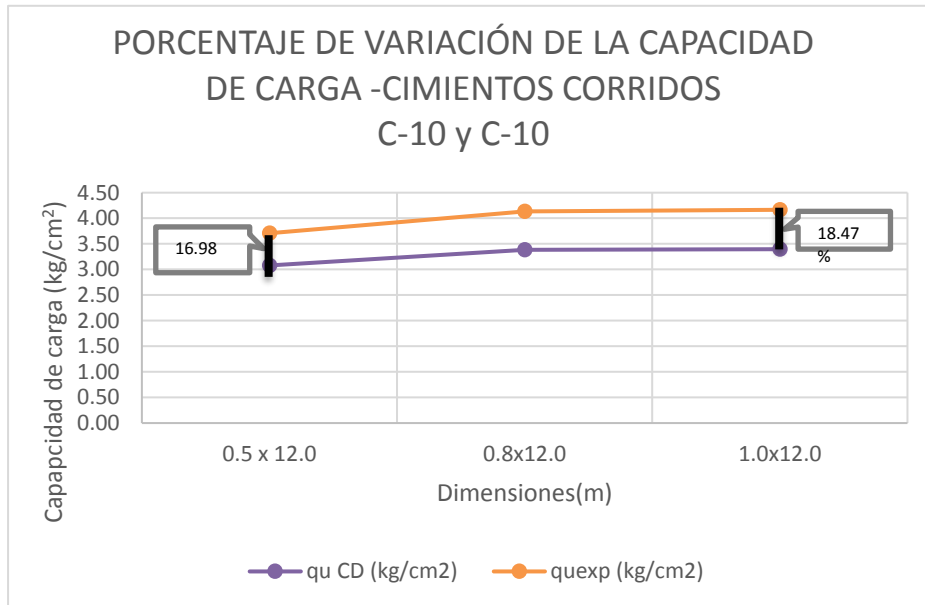
**Figura N°05.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6)



**Figura N° 06.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8)

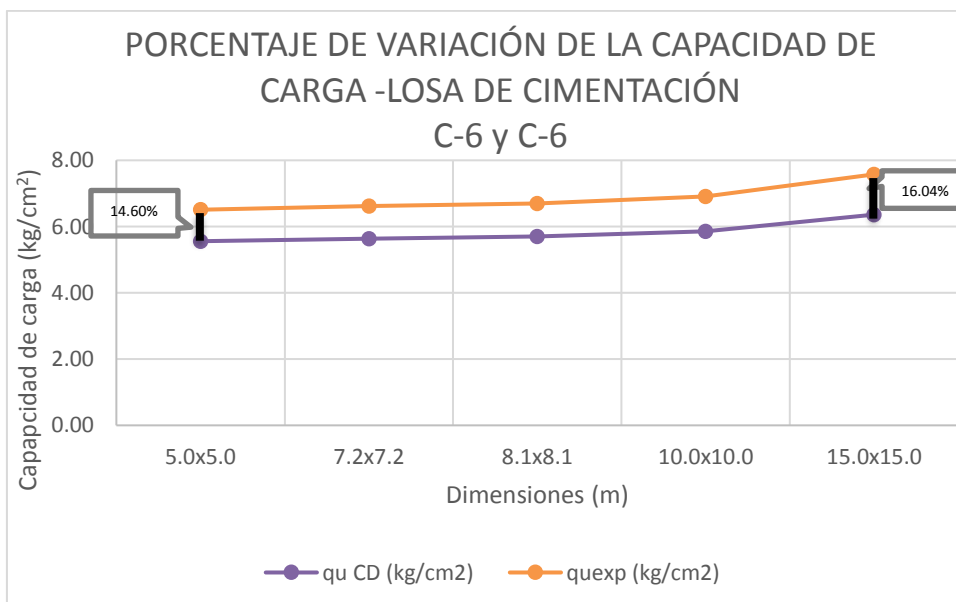


**Figura N°07. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10)**

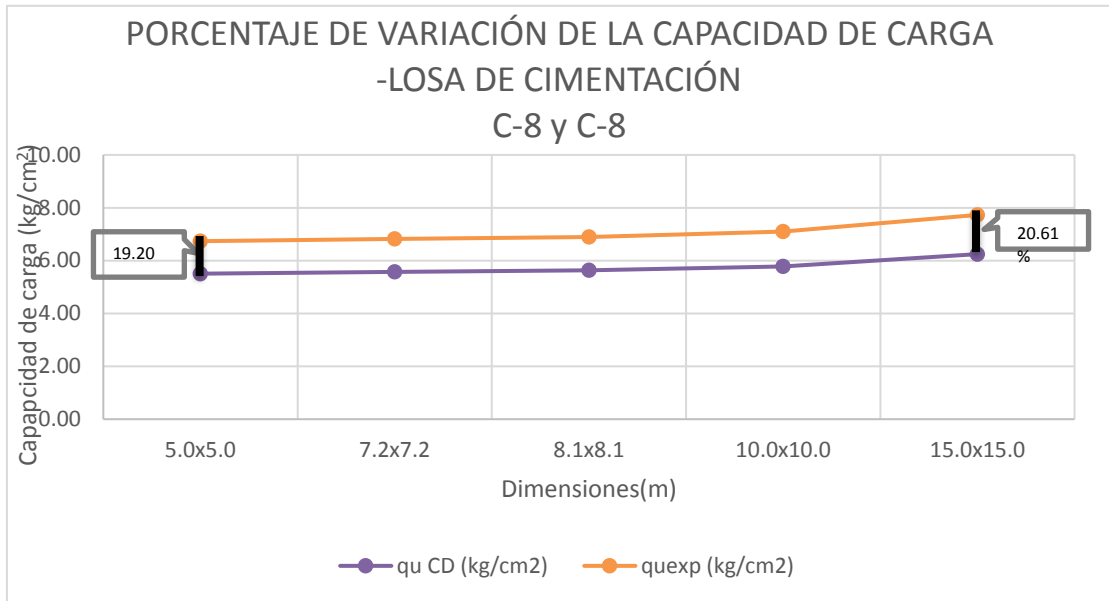


- **Para Losa de Cimentación**

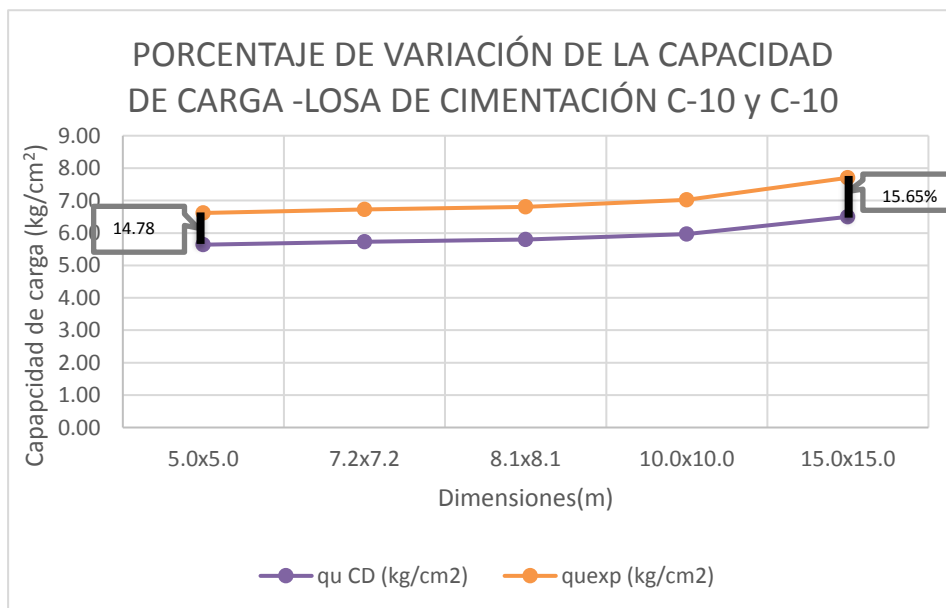
**Figura N°08. Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6)**



**Figura N°09.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8)

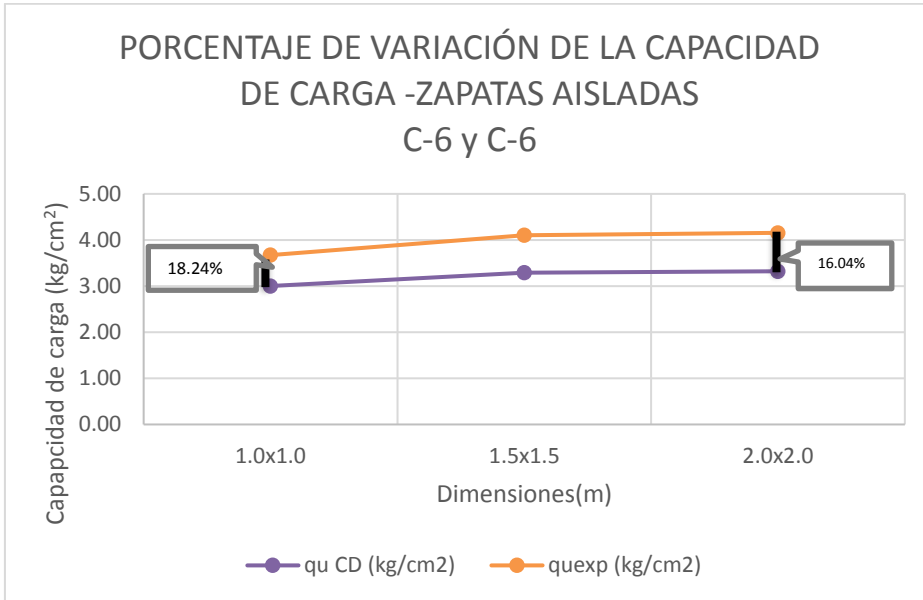


**Figura N°10.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10)

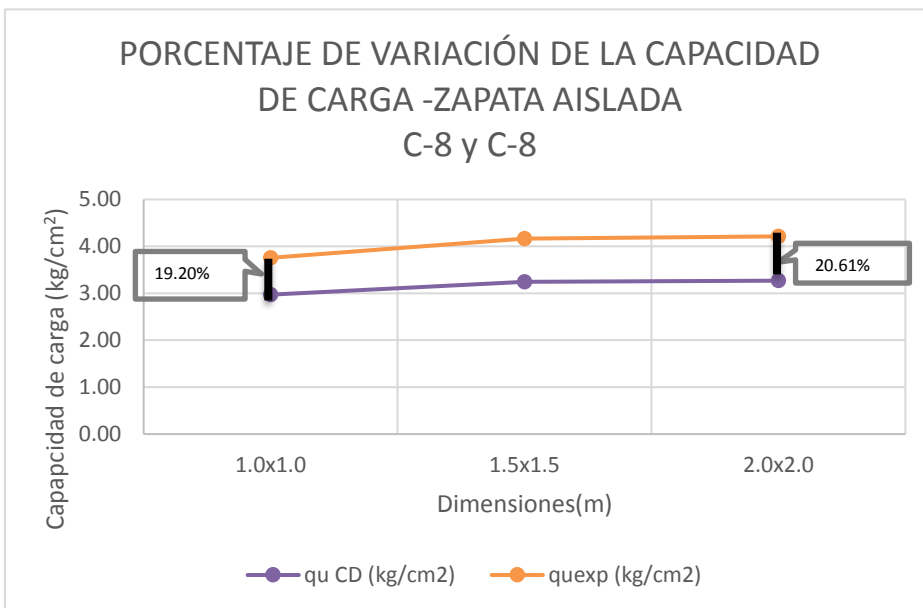


- Para Zapata aislada

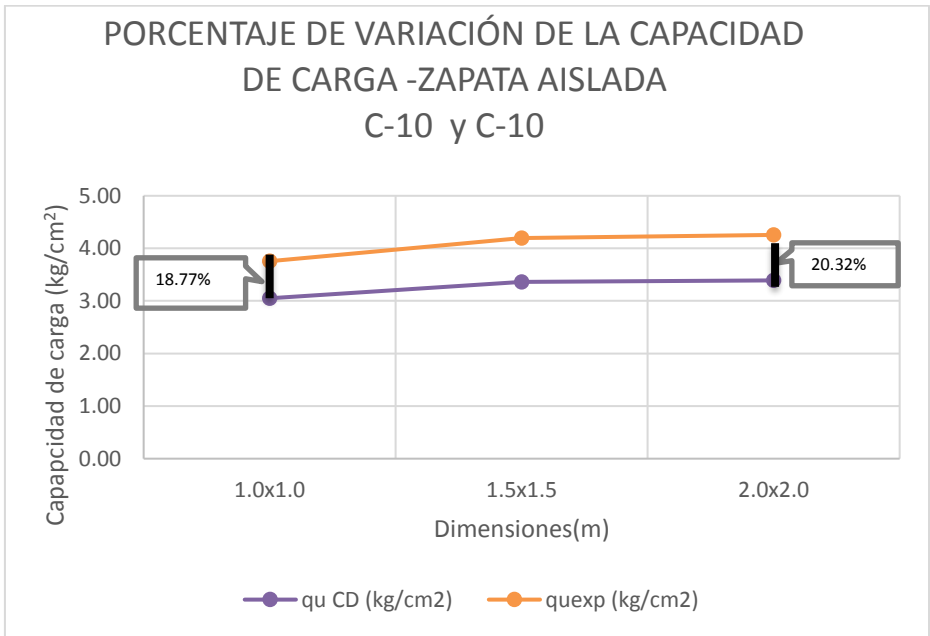
**Figura N°11.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Cimiento Corrido de Corte directo (C-6) Vs. Expediente Técnico (C-6)



**Figura N°12.** Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-8) Vs. Expediente Técnico (C-8)



**Figura N°13.** *Porcentaje de Variación de la Capacidad Portante para Losa de Cimentación de Corte directo (C-10) Vs. Expediente Técnico (C-10)*



## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Calicatas C6, C8 y C10

Como resultados se obtuvieron que las tres calicatas presentan un tipo de suelo CL, correspondiente a arcillas inorgánicas de baja plasticidad ya que presentan límites líquidos menores al 50%, y los cuales coinciden con la clasificación del estudio de suelos del expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca.

Donde el límite líquido, entre las 3 calicatas, varía de 36% a 38%; el límite plástico tiene una variación de 20% a 21%. Por último, indica índices de plasticidad que varían de 16% a 17%.

Con respecto a la cohesión obtenida en la presente investigación con el ensayo de corte directo varía de 0.23 a 0.24 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la encontrada en el expediente técnico del hospital EsSalud varía de 0.21 a 0.23 kg/cm<sup>2</sup>. Al realizar una comparación se obtiene una variación mínima de 4.09% para la Calicata C-8 (de la presente investigación) comparada con la del Expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca y una variación máxima de 9.93% entre la calicata C-6(de la presente investigación) comparada con la C-6 (del Expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca).

En lo referente al ángulo de fricción obtenido por el ensayo de corte directo en esta investigación tenemos una variación en cada calicata de 17.03 a 18.23°, mientras que los ángulos de fricción obtenido en el expediente técnico del Hospital EsSalud varían de 22.10 a 23.20°. Al realizar una comparación tenemos una variación mínima del 21.44% para la calicata

C-10 de la presente investigación comparada con la C-10 (del expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca) y una variación máxima de 22.93% entre la calicata C-8(de la presente investigación) comparada con la C-8 (del expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca).

- **Calicatas C-6 de la presente investigación y C-6 del Expediente Técnico del Hospital Es salud Cajamarca.**

Tanto la calicata C-6 realizada en la presente Investigación como la Calicata C-6 correspondiente a la realizada en el expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca concuerdan en la clasificación de suelo según el sistema SUCS que indica un suelo CL, correspondiente a arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

La cohesión para C-6 para esta investigación es de 0.23 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para el resultado del expediente técnico es de 0.21 kg/cm<sup>2</sup>, dando como resultado una variación porcentual de 9.93%.

Asimismo, el ángulo de fricción para C-6 es de 17.67° en esta investigación mientras que para C-6 del expediente técnico es 22.80°, arrojando una variación porcentual de 22.49%.

Con respecto a la capacidad de carga la calicata C-6 dio como resultados para cimientos corridos capacidades de 3.05 kg/cm<sup>2</sup> a 3.35kg/cm<sup>2</sup> mientras que en el expediente técnico las capacidades de carga obtenidas son de 3.63 a 4.07 kg/cm<sup>2</sup>, generando una variación porcentual máx. de 17.84%.

Los resultados de capacidad de carga para platea de cimentación para C-6 van de 5.56 a 6.36 kg/cm<sup>2</sup> para la presente investigación y para el

expediente técnico van de 6.51 a 7.58 kg/cm<sup>2</sup>, arrojando una variación porcentual máxima de 16.05%.

También se tienen las capacidades de carga para zapatas aisladas que van de 3.0 a 3.32 kg/cm<sup>2</sup> para esta investigación y de 3.67 a 4.16 kg/cm<sup>2</sup> en el expediente técnico, las cuales dan una variación máxima del 20.06%.

- **Calicatas C-8 de la presente investigación y C-8 del Expediente Técnico del Hospital Es salud Cajamarca.**

Tanto la calicata C-8 realizada en la presente Investigación como la Calicata C-8 correspondiente a la realizada en el expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca a una profundidad de 3.40 m, coinciden en la clasificación de suelo según el sistema SUCS que indica un suelo CL, que indica que son arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

La cohesión para C-8 determinado con el Ensayo de Corte directo es de 0.24 kg/cm<sup>2</sup> mientras que el obtenido en el Expediente Técnico para C-8 es de 0.23 kg/cm<sup>2</sup>, dando como resultado una variación porcentual de 4.09%.

Además, el ángulo de fricción calculada en esta investigación es de 17.03° mientras que para el expediente técnico es 22.10°, originando una diferencia de 22.93%.

Con respecto a la capacidad de carga para cimientos corridos la calicata C-8 dio como resultados capacidades de carga de 3.04 kg/cm<sup>2</sup> a 3.32 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para el expediente técnico las capacidades de carga obtenidas son de 3.76 a 4.18 kg/cm<sup>2</sup>, produciendo una variación



porcentual máx. de 20.61%.

Los resultados de capacidad de carga calculados para losa de cimentación para C-8 en esta investigación van de 5.51 a 6.25 kg/cm<sup>2</sup> y para el expediente técnico van de 6.74 a 7.73 kg/cm<sup>2</sup>, generando una variación porcentual máxima de 19.21%.

Por otro lado, se tienen las capacidades de carga para zapatas aisladas que van de 2.97 a 3.27 kg/cm<sup>2</sup> calculadas en esta investigación y de 3.76 a 4.21 kg/cm<sup>2</sup> para C-8 del Expediente Técnico, las cuales originan una variación máxima del 22.40%.

- **Calicatas C-10 de la presente investigación y C-10 del Expediente Técnico del Hospital Es salud Cajamarca.**

Tanto la calicata C-10 realizada en la presente Investigación y C-10 correspondiente a la realizada en el expediente Técnico del Hospital EsSalud Cajamarca realizadas a una profundidad de 3.60m, corresponden a un tipo de suelo CL según la clasificación SUCS, lo que indica que son arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

La cohesión determinada con el ensayo de corte directo para C-10 es de 0.23 kg/cm<sup>2</sup> mientras que el obtenido en el expediente técnico para C-10 es de 0.21 kg/cm<sup>2</sup>, dando como resultado una variación porcentual de 7.34%.

Por otra parte, el ángulo de fricción para C-10 es de 18.23° en esta investigación mientras que para el expediente técnico es 23.20°, originando una diferencia de 21.44%.

La capacidad de carga calculada para cimientos corridos de la calicata C-

10 de la presente investigación van de 3.08 kg/cm<sup>2</sup> a 3.40 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para las capacidades de carga obtenidas en el expediente técnico son de 3.71 a 4.17 kg/cm<sup>2</sup>, originando una variación máxima de 18.47%.

Los resultados de capacidad de carga calculados para losa de cimentación para esta investigación van de 5.64 kg/cm<sup>2</sup> a 6.50 kg/cm<sup>2</sup> y para el expediente técnico van de 6.62 kg/cm<sup>2</sup> a 7.70 kg/cm<sup>2</sup>, generando una variación porcentual máxima de 15.65%.

Por otro lado, se tienen las capacidades de carga para zapatas aisladas que van de 3.05 kg/cm<sup>2</sup> a 3.39 kg/cm<sup>2</sup> para la presente investigación y de 3.76 kg/cm<sup>2</sup> a 4.26 kg/cm<sup>2</sup> para el expediente técnico, las cuales originan una variación máxima del 20.32%.

#### **4.2. Contrastación de la Hipótesis**

Conforme a los resultados obtenidos anteriormente y en base a la hipótesis planteada: La capacidad de carga para las cimentaciones en el Hospital EsSalud Cajamarca calculadas haciendo uso del ensayo de corte directo en esta investigación es menor que los resultados obtenidos en el estudio de suelos del expediente técnico del proyecto, en efecto de acuerdo con los resultados encontrados por corte directo la hipótesis planteada es VERDADERA. Ya que las capacidades de carga calculadas en esta investigación con respecto a las obtenidas en el expediente técnico del Hospital EsSalud Cajamarca que también fueron obtenidas por corte directo muestran una variación máxima de 20.61%, 19.21% y 22.40% en cuanto a cimiento corrido, losa de cimentación y zapata aislada respectivamente, dando como resultado menores capacidades de carga en esta investigación.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

1. Con respecto a la capacidad de carga para cimientos corridos fue de 3.04 kg/cm<sup>2</sup> a 3.32 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para el expediente técnico las capacidades de carga son de 3.76 a 4.18 kg/cm<sup>2</sup>, produciendo una variación porcentual máx. de 20.61%. Los resultados de capacidad para losa de cimentación van de 5.51 a 6.25 kg/cm<sup>2</sup> y para el expediente técnico van de 6.74 a 7.73 kg/cm<sup>2</sup>, generando una variación porcentual máxima de 19.21%. Las capacidades de carga para zapatas aisladas fueron de 2.97 a 3.27 kg/cm<sup>2</sup> y de 3.76 a 4.21 kg/cm<sup>2</sup> para C-8 del Expediente Técnico, las cuales originan una variación máxima del 22.40%.
2. Para las tres calicatas realizadas el suelo de fundación es arcilla inorgánica de baja plasticidad, cuya clasificación por el sistema SUCS corresponde al tipo CL, con un contenido de humedad de 18.92% hasta 26.62%.
3. De la obtención de los resultados se puede concluir en las calicatas (C6, C8 y C10), que la diferencia en la cohesión no es sustancial, sin embargo, en los ángulos de fricción si existe mayor diferencia, estas variaciones en la cohesión y en los ángulos de fricción, este último es el que genera las variaciones para el cálculo de las capacidades de carga en el suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonaparte Quezada, M. (2011). Análisis descriptivo de los errores más frecuentes en prueba de laboratorio de Mecánica de suelos. Caso: Comunidad de San Lorenzo, Mich. (*Tesis de Titulación*). Universidad Autónoma de México, Michoacán, México.
- Braja, M. D. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (7 ed.). Cengage Learning Editores.
- Caro Linares, W. F. (2018). Capacidad portante de los suelos de Fundación con fines de cimentación mediante los ensayos de Corte directo y DPL en la ciudad de Llacanora-Cajamarca. (*Tesis de titulación*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Castillo Castillo, M. F. (2017). Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la Parroquia La Matriz del Cantón Patate Provincia de Tungurahua. (*Tesis de titulación*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5 ed.). México: Limusa.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4 ed.). Cengage Learning Editores.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2002). *Mecánica de Suelos*.

- González, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson.
- Juárez Badillo, E. (1973). *Mecánica de Suelos* (2 ed., Vol. 1). México: Limusa.
- Leoni, J. A. (2005). *Resistencia al Corte*.
- Marín Nieto, L. (2008). *Mecánica de Suelos* (5 ed.).
- Montenegro, J. L. (2015). *OBTENCIÓN Y SELECCIÓN APROPIADA DEL VALOR DE COHESIÓN*. Bogotá.
- Muelas Rodríguez, Á. (2015). *Manual de Mecánica de Suelo Y cimentaciones*.
- Olarte Carpio, L. (2019). Mecánica de suelos aplicada ala verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los tallees productivos del E.P. Cusco-Varones. (*Tesis de titulación*). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Ravines Aliaga, J. A. (2017). Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos DPL y Corte directo para la ciudad de José Galvez -Celendín-Cajamarca. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional de Cajamarca, Celendín, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050)* (10 ed.). (2018).
- Rodríguez Serquén, W. (2018). *INGENIERÍA GEOTÉCNICA-SUELOS Y CIMENTACIONES*.
- Zamora Huancas, A. (2022). Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación en las manzanas de Rinconada de Piura V-Sub etapa A y B, para fines de vivienda unifamiliar, veitiseis de octubre, Piura, Piura. (*Tesis de titulación*). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

## ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía N°01 Calicata C-6



Fotografía N°02 Calicata C-8



**Fotografía N°03** Calicata C-10



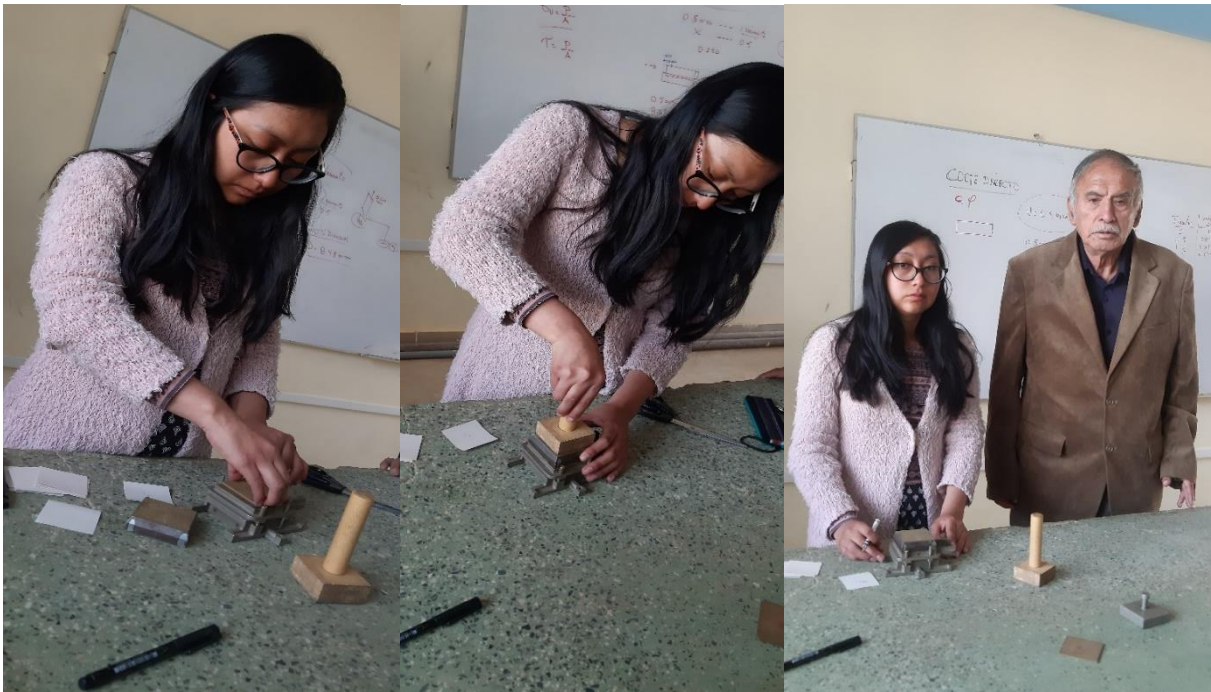
**Fotografía N°04** Muestras de Suelo de C-6, C-8 Y C-10 para ensayo Granulométrico



**Fotografía N°05** Ensayo de contenido de humedad para C-6, C-8 Y C-10



**Fotografía N°06** Colocación de muestra M1<sub>1</sub> en la caja de corte





**Fotografía N°07** Muestra M1<sub>1</sub> Debidamente colocada en la caja de corte



**Fotografía N°08** Peso del espécimen para determinar contenido de humedad



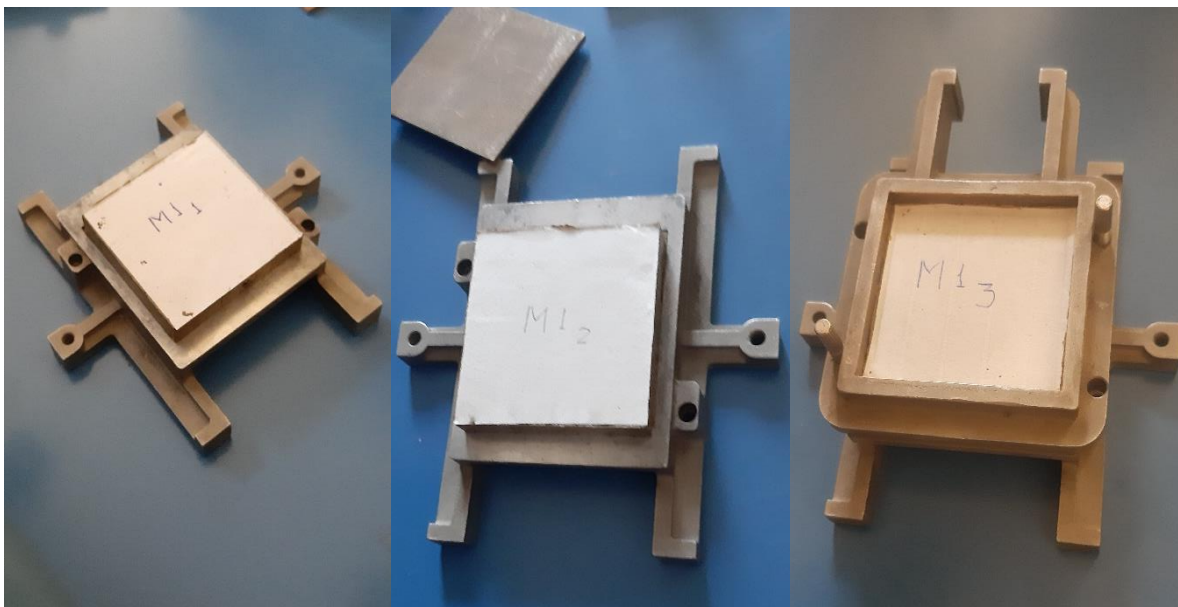
**Fotografía N°09** Inicio del Ensayo de Corte directo y toma de lecturas de la deformación



**Fotografía N°10** Especímenes después de realizado el Ensayo de Corte directo



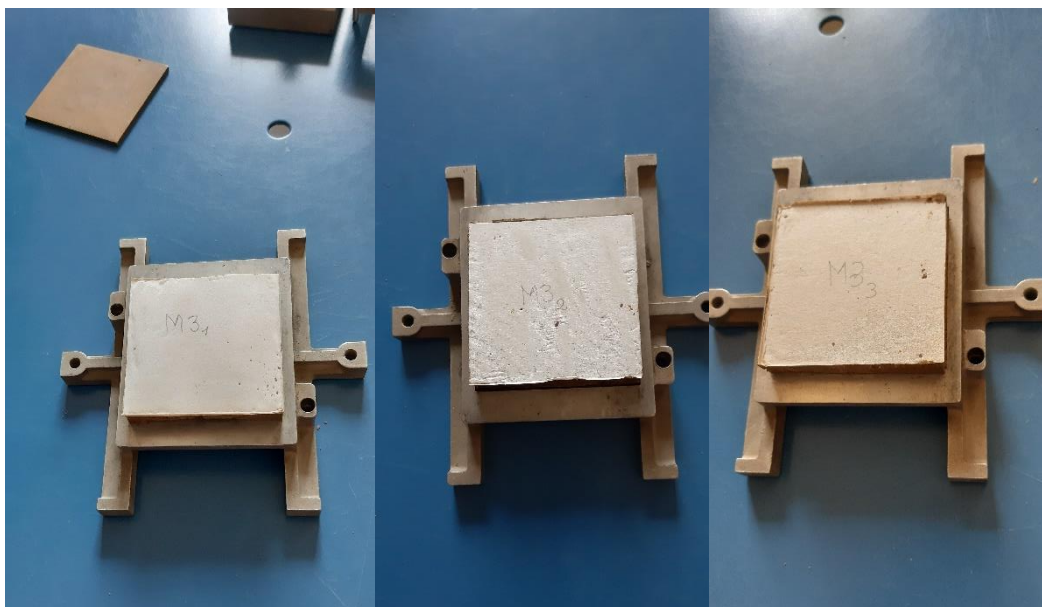
**Fotografía N° 11** Especímenes de la Calicata C-6



**Fotografía N° 12** Especímenes de la Calicata C-8



**Fotografía N° 13** Especímenes de la calicata C-10



**Fotografía N° 14** Especímenes M3<sub>1</sub> y M3<sub>2</sub> después de la falla de corte



**Fotografía N° 15** Peso de especímenes secos de C-6, para Contenido de humedad



**Fotografía N° 16** Peso de especímenes secos de C-8, para Contenido de humedad



**Fotografía N° 17** Peso de especímenes secos de C-10, para Contenido de humedad



**Fotografía N° 18** Lavado de Material Para Análisis granulométrico



**Fotografía N° 19** Realización del Tamizado



**Fotografía N° 20** Material que pasa el Tamiz N°40 para limite Líquido y Plástico



**Fotografía N°21** Ejecución del ensayo de Límite Líquido



**Fotografía N°22** Ejecución de ensayo de Límite Plástico





## ANEXO 02: CONTENIDO DE HUMEDAD, GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE ATTERBERG

**Tabla N°14** Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-6.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>ASTM D2216 (NTP 339.127)</b>
--

**CALICATA:** C-6

**PROFUNDIDAD:** 3.20 m

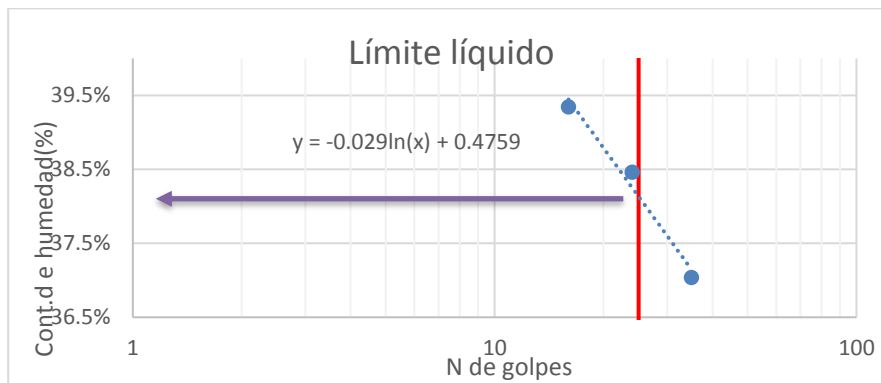
Identificación de Tara	1
Masa de tara (g)	38.90
M. Tara + M.Húmeda (g)	179.30
M. Tara + M. Seca (g)	150.20
Masa de agua (g)	29.10
Masa de Muestra Seca (g)	111.30
<b>W (%)</b>	<b>26.15%</b>

**Tabla N°15** Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-6.

**LÍMITES DE ATTERBERG  
ASTM D4318**

**CALICATA:** C-6  
**PROFUNDIDAD:** 3.20 m

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	I	II	III
Número de golpes	16	24	35
Tara +Suelo Húmedo (g)	36.6	39.5	39.4
Tara+suelo seco (g)	34.2	36.5	36.4
Masa del agua (g)	2.4	3	3
Masa de la tara (g)	28.1	28.7	28.3
Masa del suelo seco (g)	6.1	7.8	8.1
Humedad	39.3%	38.5%	37.0%
LÍMITE PLÁSTICO			
Tara N°	G	H	
Tara +Suelo Húmedo (g)	32.3	33	
Tara+ suelo seco (g)	31.6	32.2	
Masa del agua (g)	0.7	0.8	
Masa de la tara (g)	28.3	28.5	
Masa del suelo seco (g)	3.3	3.7	
Humedad	21.2%	21.6%	
Humedad promedio (%)	21%		



Límite Líquido=	38.0%
Límite Plástico=	21.0%
Índice de plasticidad (LL-LP)=	17.0%

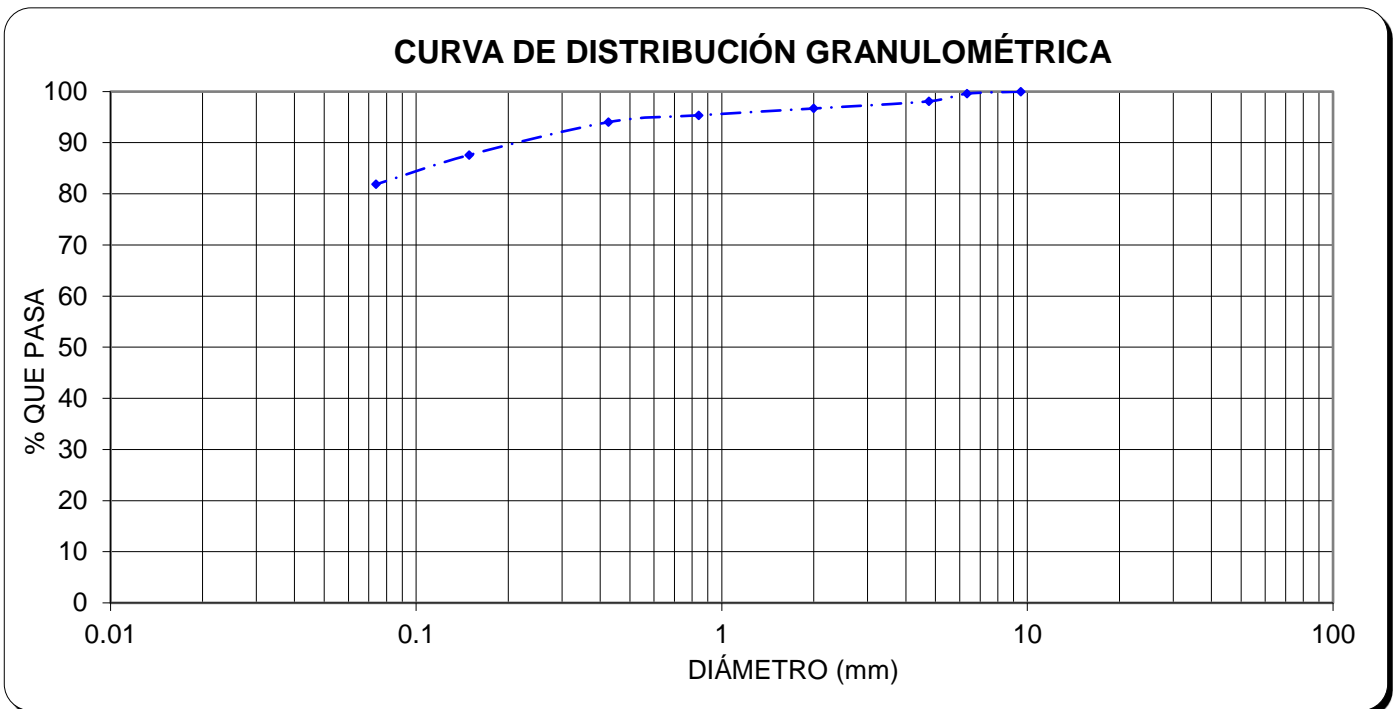
**Tabla N°16** Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-6.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
ASTM D422/NTP 339.128**

**CALICATA:** C-6  
**PROFUNDIDAD:** 3.20 m

PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	300
-----------------------------	-----

Mallas	Análisis Granulométrico por tamizado				
	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Ret. parcial(%)	Ret. Acum	Pasa(%)
3/8"	9.525	0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.35	1.2	0.4	0.4	99.6
N° 4	4.76	4.5	1.5	1.9	98.1
N° 10	2	4.2	1.4	3.3	96.7
N° 20	0.84	4	1.3	4.6	95.4
N° 40	0.426	4	1.3	6.0	94.0
N° 60	0.25	2.9	1.0	6.9	93.1
N° 100	0.149	16.4	5.5	12.4	87.6
N° 200	0.074	17.2	5.7	18.1	81.9
Cazoleta	--	245.6	81.9		



Límite Plástico	38.00%
Límite Líquido	21.00%
Índice de Plasticidad (IP):	17.00%
<b>CLASIFICACIÓN</b>	
<b>S.U.C.S. :</b>	<b>CL</b>

**Tabla N°17** Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-8.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>ASTM D2216 / AASHTO T 265</b>
---

**CALICATA:** C-8

**PROFUNDIDAD:** 3.40 m

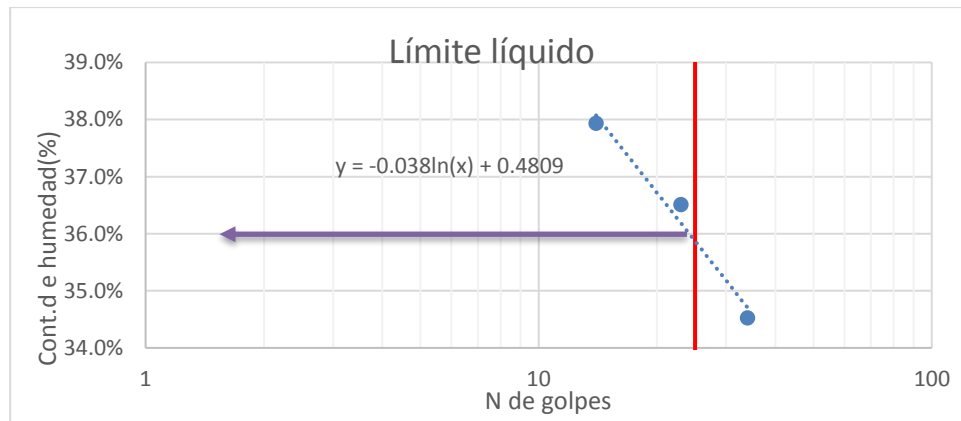
Identificación de Tara	2
Masa de tara (g)	28.30
M. Tara + M.Húmeda (g)	141.70
M. Tara + M. Seca (g)	119.30
Masa de agua (g)	22.40
Masa de Muestra Seca (g)	91.00
W (%)	24.62%

**Tabla N°18** Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-8.

**LÍMITES DE ATTERBERG  
ASTM D4318 / AASHTO T 89**

**CALICATA:** C-8  
**PROFUNDIDAD:** 3.40 m

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	I	II	III
Número de golpes	14	23	34
Tara +Suelo Húmedo (g)	39.1	36.9	39.6
Tara+ suelo seco (g)	35.8	34.6	36.7
Masa del agua (g)	3.3	2.3	2.9
Masa de la tara (g)	27.1	28.3	28.3
Masa del suelo seco (g)	8.7	6.3	8.4
Humedad	37.9%	36.5%	34.5%
LÍMITE PLÁSTICO			
Tara N°	G	H	
Tara +Suelo Húmedo (g)	34.1	33.5	
Tara+ suelo seco (g)	33.1	32.7	
Masa del agua (g)	1	0.8	
Masa de la tara (g)	28.3	28.6	
Masa del suelo seco (g)	4.8	4.1	
Humedad	20.8%	19.5%	
Humedad promedio (%)	20%		



Límite Líquido=	36.0%
Límite Plástico=	20.0%
Índice de plasticidad (LL-LP)=	16.0%

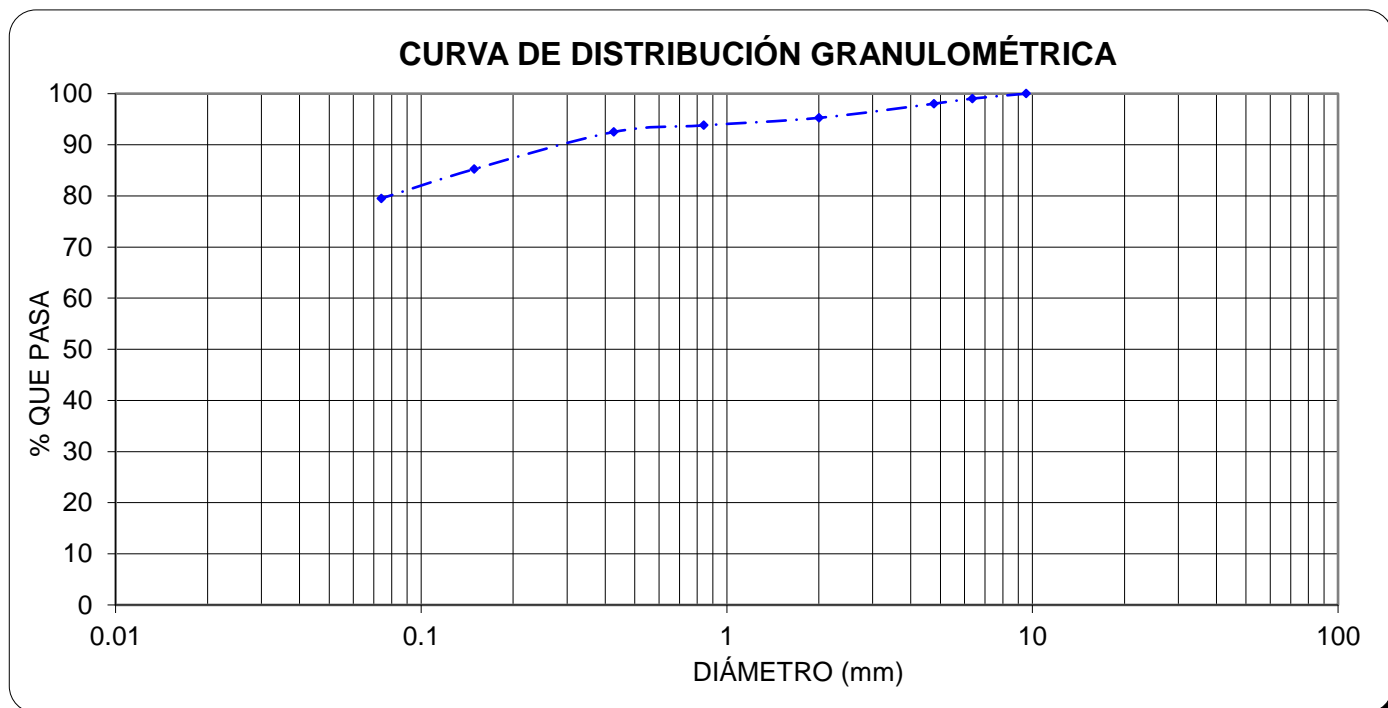
**Tabla N°19** Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-8.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
ASTM D422/NTP 339.128**

**CALICATA:** C-8  
**PROFUNDIDAD:** 3.40 m

PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	300
-----------------------------	-----

Mallas	Análisis Granulométrico por tamizado				
	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Ret. parcial(%)	Ret. Acum.	Pasa(%)
3/8"	9.525	0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.35	2.9	1.0	1.0	99.0
N° 4	4.76	3	1.0	2.0	98.0
N° 10	2	8.3	2.8	4.7	95.3
N° 20	0.84	4.4	1.5	6.2	93.8
N° 40	0.426	3.9	1.3	7.5	92.5
N° 60	0.25	2.8	0.9	8.4	91.6
N° 100	0.149	19	6.3	14.8	85.2
N° 200	0.074	17.2	5.7	20.5	79.5
Cazoleta	--	238.5	79.5		



Límite Plástico:	36.00%
Límite Líquido:	20.00%
Índice de Plasticidad (IP):	16.00%
<b>CLASIFICACIÓN</b>	
<b>S.U.C.S. :</b>	<b>CL</b>



**Tabla N°20** *Ensayo de contenido de humedad – Calicata C-10.*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>ASTM D2216 / AASHTO T 265</b>
---

**CALICATA:** C-10

**PROFUNDIDAD:** 3.60 m

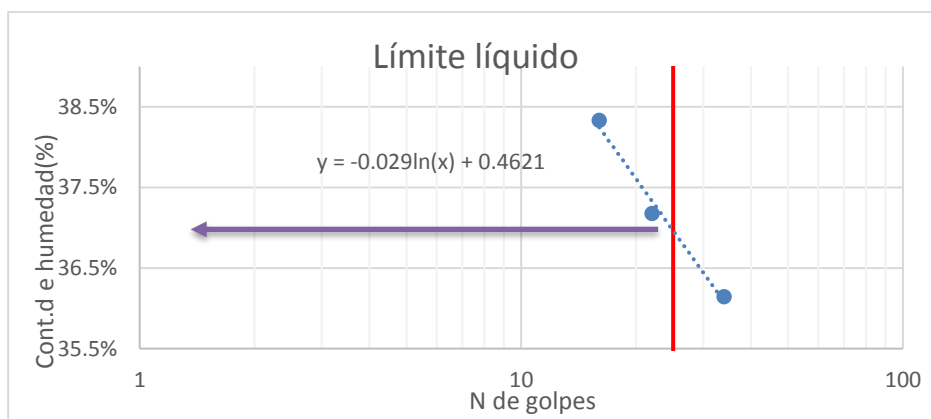
Identificación de Tara	3
Masa de tara (g)	27.60
M. Tara + M.Húmeda (g)	155.20
M. Tara + M. Seca (g)	134.90
Masa de agua (g)	20.30
Masa de Muestra Seca (g)	107.30
W (%)	18.92%

**Tabla N°21** Ensayos de los límites de Atterberg – Calicata C-10.

**LÍMITES DE ATTERBERG  
ASTM D4318 / AASHTO T 89**

**CALICATA:** C-10  
**PROFUNDIDAD:** 3.60 m

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
Tara N°	I	II	III
Número de golpes	16	22	34
Tara +Suelo Húmedo (g)	36.5	39.4	39.5
Tara+ suelo seco (g)	34.2	36.5	36.5
Masa del agua (g)	2.3	2.9	3
Masa de la tara (g)	28.2	28.7	28.2
Masa del suelo seco (g)	6	7.8	8.3
Humedad	38.3%	37.2%	36.1%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Tara N°	G	H	
Tara +Suelo Húmedo (g)	32.4	33.1	
Tara+ suelo seco (g)	31.7	32.4	
Masa del agua (g)	0.7	0.7	
Masa de la tara (g)	28.4	28.8	
Masa del suelo seco (g)	3.3	3.6	
Humedad	21.2%	19.4%	
Humedad promedio (%)	20%		



Límite Líquido=	37.0%
Límite Plástico=	20.0%
Índice de plasticidad (LL-LP)=	17.0%

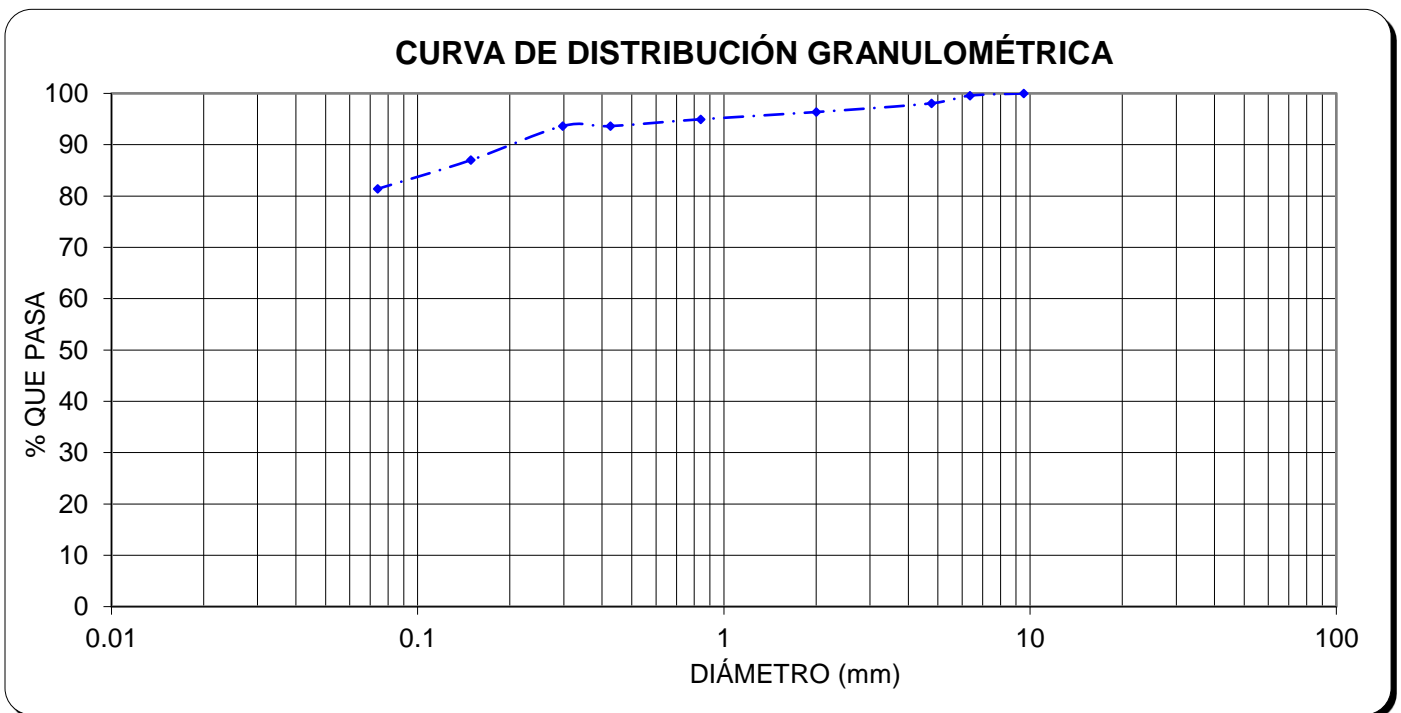
**Tabla N°22** Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-10.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
ASTM D422/NTP 339.128**

**CALICATA:** C-10  
**PROFUNDIDAD:** 3.60 m

PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	300
-----------------------------	-----

Mallas	Análisis Granulométrico por tamizado				
	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Ret. parcial(%)	Ret. Acum	Pasa(%)
3/8"	9.525	0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.35	1.3	0.4	0.4	99.6
N° 4	4.76	4.5	1.5	1.9	98.1
N° 10	2	5.1	1.7	3.6	96.4
N° 20	0.84	4.2	1.4	5.0	95.0
N° 40	0.426	4	1.3	6.4	93.6
N° 60	0.25	2.9	1.0	7.3	92.7
N° 100	0.074	17	5.7	13.0	87.0
N° 200	9.525	16.8	5.6	18.6	81.4
Cazoleta	--	244.2	81.4		



Límite Plástico	37.00%
Límite Líquido	20.00%
Índice de Plasticidad (IP):	17.00%
<b>CLASIFICACIÓN</b>	
<b>S.U.C.S. :</b>	<b>CL</b>

## ANEXO 03: ENSAYO DE CORTE DIRECTO

**Tabla N°23** Ensayo de Corte Directo -Calicata C-6.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS ASTM D 3080 / NTP 339.171											
<b>CALICATA:</b>		C-6									
<b>PROFUNDIDAD:</b>		3.20 m									
<b>Muestra:</b>	<b>Tipo</b>	<b>Lado(cm)</b>	<b>Altura(cm)</b>	<b>Área(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Vol(cm<sup>3</sup>)</b>						
C-1	Inalterado	6	2	36	72						
Densidad y Contenido de Humedad						CARGAS			Muestras		
		M1 <sub>1</sub>	M1 <sub>2</sub>	M1 <sub>3</sub>			1	2	3		
Wmuestreador (g)=		138.90	153.60	138.90		Pa(Marco y placa (kg))	0.604	0.604	0.604		
Wm+mh (g)=		255.50	269.20	255.10		Pb (Percha carga (kg))	2	4	8		
Wmh (g)=		116.60	115.60	116.20		PV (kg)	2.604	4.604	8.604		
Dhum (g/cm <sup>3</sup> )=		1.619	1.606	1.614		Esf Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.072	0.128	0.239		
Dseca (g/cm <sup>3</sup> )=		1.28	1.27	1.27		Esf Normal Inc (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.572	1.128	2.239		
Wt(g)=		28.40	28.40	23.20		Datos de prueba					
Wmh+t (g)=		162.60	167.80	160.60		Vel. Carga. (mm/min)	0.50				
Wms+t(g)=		134.60	139.00	131.50		Const. Anillo carag (kg/N°div)	0.446379				
Wms=		106.20	110.60	108.30							
Ww=		28.00	28.80	29.10							
W(%)=		26.37	26.04	26.87							
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Dezp. Hor (cm)</b>	<b>Área corregida</b>	<b>Def carga (N° Div)</b>	<b>Fza. Corte (kg)</b>	<b>Esf. Cort (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Def carga (N° Div)</b>	<b>Fza. Corte (kg)</b>	<b>Esf. Cort (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Def carga (N° Div)</b>	<b>Fza. Corte (kg)</b>	<b>Esf. Cort (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
			2			4			8		
0.00	0.000	36.00	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	4.4	1.944	0.054	6.8	3.047	0.085	19.1	8.521	0.238
1.00	0.050	35.70	8.5	3.772	0.106	12.4	5.513	0.154	40.8	18.228	0.511
1.50	0.075	35.55	14.0	6.238	0.175	19.8	8.849	0.249	51.0	22.785	0.641
2.00	0.100	35.40	19.8	8.849	0.250	25.8	11.519	0.325	57.7	25.749	0.727
2.50	0.125	35.25	25.0	11.171	0.317	31.1	13.869	0.393	61.9	27.639	0.784
3.00	0.150	35.10	27.6	12.331	0.351	34.1	15.233	0.434	64.7	28.899	0.823
3.50	0.175	34.95	28.6	12.766	0.365	36.7	16.393	0.469	66.4	29.640	0.848
4.00	0.200	34.80	29.6	13.202	0.379	38.4	17.119	0.492	67.6	30.195	0.868
4.50	0.225	34.65	30.2	13.492	0.389	39.6	17.670	0.510	68.5	30.566	0.882
5.00	0.250	34.50	30.6	13.637	0.395	40.5	18.076	0.524	68.9	30.751	0.891
5.50	0.275	34.35	30.9	13.782	0.401	41.4	18.482	0.538	69.3	30.936	0.901
6.00	0.300	34.20	30.9	13.782	0.403	42.2	18.830	0.551	69.7	31.122	0.910
6.50	0.325	34.05	30.9	13.782	0.405	42.6	19.005	0.558	69.8	31.159	0.915
7.00	0.350	33.90	30.9	13.782	0.407	42.9	19.150	0.565	70.1	31.307	0.924
7.50	0.375	33.75	30.9	13.782	0.408	43.2	19.295	0.572	70.2	31.344	0.929
8.00	0.400	33.60	30.9	13.782	0.410	43.6	19.440	0.579	70.2	31.344	0.933
8.50	0.425	33.45	30.9	13.782	0.412	43.6	19.440	0.581	70.2	31.344	0.937
9.00	0.450	33.30	30.9	13.782	0.414	43.6	19.440	0.584	70.2	31.344	0.941
9.50	0.475	33.15	30.9	13.782	0.416	43.6	19.440	0.586	70.2	31.344	0.946

**APLICACION DEL ESFUERZO CORTANTE**

**ENVOLVENTES DE RESISTENCIA**

Esf. Normal	Esf cortante max	Parametros de resistencia de corte	
0.572	0.416	C(kg/cm <sup>2</sup> )=	0.231
1.128	0.586	φ(°)=	17.67
2.239	0.946		

**Tabla N°24** *Ensayo de Corte Directo -Calicata C-8*

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
ASTM D 3080 / NTP 339.171**

CALICATA: 8  
PROFUNDIDAD: 3.40 m

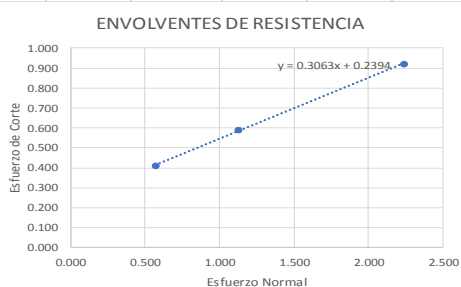
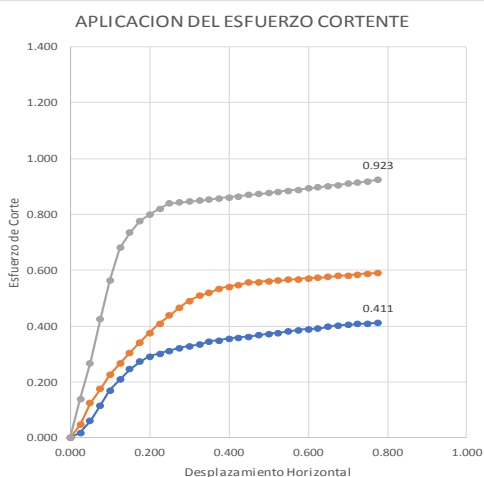
Muestra:	Tipo	Lado(cm)	Altura(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Vol(cm <sup>3</sup> )
		6	2	36	72

Densidad y Contenido de Humedad			
	M <sub>21</sub>	M <sub>22</sub>	M <sub>23</sub>
Wmuestreador (g)=	153.60	138.90	153.60
Wm+mh (g)=	268.10	253.00	268.20
Wmh (g)=	114.50	114.10	114.60
Dhum (g/cm <sup>3</sup> )=	1.590	1.585	1.592
Dseca (g/cm <sup>3</sup> )	1.27	1.27	1.30
Wt(g)=	27.50	28.60	28.50
Wmh+t (g)=	160.00	158.50	165.60
Wms+t(g)=	133.70	133.10	140.90
Wms=	106.20	104.50	112.40
Ww=	26.30	25.40	24.70
W(%)=	24.76	24.31	21.98

CARGAS	Muestras		
	1	2	3
Pa(Marco y placa (kg))	0.604	0.604	0.604
Pb (Percha carga (kg))	2	4	8
PV (kg)	2.604	4.604	8.604
Esf Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.072	0.128	0.239
Esf Normal Inc (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.572	1.128	2.239

Datos de prueba	
Vel. Carga. (mm/min)	0.50
Const. Anillo carag (kg/N*div)	0.446379

Tiempo (min)	Dezp. Hor (cm)	Área corregida	Def carga (N° Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def carga (N° Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def carga (N° Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.000	36.00	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	1.4	0.646	0.018	3.8	1.706	0.048	11.3	5.033	0.140
1.00	0.050	35.70	4.8	2.153	0.060	10.0	4.464	0.125	21.4	9.573	0.268
1.50	0.075	35.55	9.3	4.152	0.117	14.0	6.227	0.175	34.0	15.166	0.427
2.00	0.100	35.40	13.4	5.997	0.169	17.9	7.990	0.226	44.7	19.936	0.563
2.50	0.125	35.25	16.5	7.381	0.209	21.0	9.383	0.266	53.8	24.016	0.681
3.00	0.150	35.10	19.3	8.612	0.245	24.0	10.691	0.305	57.9	25.825	0.736
3.50	0.175	34.95	21.4	9.534	0.273	26.8	11.971	0.343	60.8	27.141	0.777
4.00	0.200	34.80	22.7	10.149	0.292	29.3	13.080	0.376	62.3	27.799	0.799
4.50	0.225	34.65	23.4	10.457	0.302	31.8	14.189	0.409	63.8	28.457	0.821
5.00	0.250	34.50	24.1	10.764	0.312	33.8	15.099	0.438	64.9	28.950	0.839
5.50	0.275	34.35	24.8	11.072	0.322	35.9	16.037	0.467	64.9	28.950	0.843
6.00	0.300	34.20	25.1	11.226	0.328	37.6	16.776	0.491	64.9	28.950	0.847
6.50	0.325	34.05	25.5	11.380	0.334	38.9	17.345	0.509	64.9	28.950	0.850
7.00	0.350	33.90	26.2	11.687	0.345	39.5	17.629	0.520	64.9	28.950	0.854
7.50	0.375	33.75	26.3	11.749	0.348	40.4	18.056	0.535	64.9	28.950	0.858
8.00	0.400	33.60	26.7	11.933	0.355	40.8	18.198	0.542	64.9	28.950	0.862
8.50	0.425	33.45	26.9	11.995	0.359	41.1	18.340	0.548	64.9	28.950	0.865
9.00	0.450	33.30	27.0	12.056	0.362	41.5	18.511	0.556	64.9	28.950	0.869
9.50	0.475	33.15	27.4	12.210	0.368	41.5	18.511	0.558	64.9	28.950	0.873
10.00	0.500	33.00	27.6	12.302	0.373	41.5	18.511	0.561	64.9	28.950	0.877
10.50	0.525	32.85	27.6	12.333	0.375	41.5	18.511	0.563	64.9	28.950	0.881
11.00	0.550	32.70	27.9	12.456	0.381	41.5	18.511	0.566	64.9	28.950	0.885
11.50	0.575	32.55	28.1	12.548	0.386	41.5	18.511	0.569	64.9	28.950	0.889
12.00	0.600	32.40	28.2	12.610	0.389	41.5	18.511	0.571	64.9	28.950	0.894
12.50	0.625	32.25	28.3	12.641	0.392	41.5	18.511	0.574	64.9	28.950	0.898
13.00	0.650	32.10	28.6	12.764	0.398	41.5	18.511	0.577	64.9	28.950	0.902
13.50	0.675	31.95	28.8	12.856	0.402	41.5	18.511	0.579	64.9	28.950	0.906
14.00	0.700	31.80	28.9	12.887	0.405	41.5	18.511	0.582	64.9	28.950	0.910
14.50	0.725	31.65	28.9	12.887	0.407	41.5	18.511	0.585	64.9	28.950	0.915
15.00	0.750	31.50	28.9	12.887	0.409	41.5	18.511	0.588	64.9	28.950	0.919
15.50	0.775	31.35	28.9	12.887	0.411	41.5	18.511	0.590	64.9	28.950	0.923
16.00	0.800	31.20		0.000	0.000		0.000	0.000	0		0



Esf. Normal	Esf cortante max	Parametros de resistencia de corte C(kg/cm <sup>2</sup> )= 0.239 φ(°)= 17.03
0.572	0.411	
1.128	0.590	
2.239	0.923	

**Tabla N°25 Ensayo de Corte Directo -Calicata C-10**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
ASTM D 3080 / NTP 339.171**

CALICATA: 10  
PROFUNDIDAD: 3.60 m

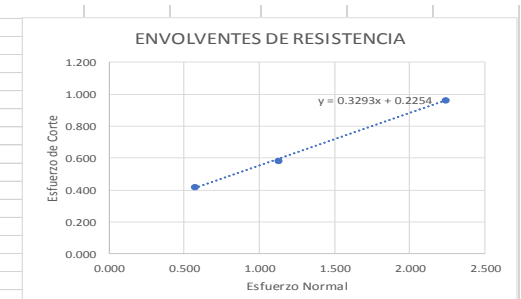
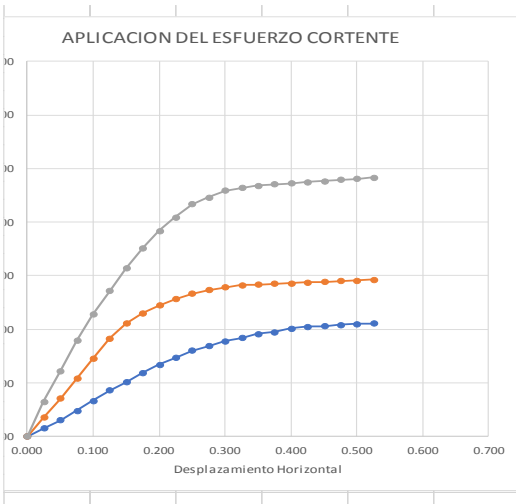
Muestra:	Tipo	Lado(cm)	Altura(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Vol(cm <sup>3</sup> )
		6	2	36	72

Densidad y Contenido de Humedad			
	M2 <sub>1</sub>	M2 <sub>2</sub>	M2 <sub>3</sub>
Wmuestreador (g)=	153.60	138.90	153.60
Wm+mh (g)=	271.50	257.00	271.60
Wmh (g)=	117.90	118.10	118.00
Dhum (g/cm <sup>3</sup> )=	1.638	1.640	1.639
Dseca (g/cm <sup>3</sup> )=	1.38	1.38	1.38
Wt(g)=	27.50	28.60	28.50
Wmh+t (g)=	160.00	158.50	165.10
Wms+t(g)=	139.10	137.70	143.40
Wms=	111.60	109.10	114.90
Ww=	20.90	20.80	21.70
W(%)=	18.73	19.07	18.89

CARGAS	Muestras		
	1	2	3
Pa(Marco y placa (kg))	0.604	0.604	0.604
Pb (Percha carga (kg))	2	4	8
PV (kg)	2.604	4.604	8.604
Esf Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.072	0.128	0.239
Esf Normal Inc (kg/cm <sup>2</sup> )	0.572	1.128	2.239

Datos de prueba	
Vel. Carga. (mm/min)	0.50
Const. Anillo carag (kg/N <sup>2</sup> div)	0.446379

Tiempo (min)	Dezp. Hor (cm)	Área corregida	Def carga (N <sup>2</sup> Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def carga (N <sup>2</sup> Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )	Def carga (N <sup>2</sup> Div)	Fza. Corte (kg)	Esf. Cort (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.000	36.00	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	2.5	1.110	0.031	5.7	2.528	0.071	10.5	4.702	0.131
1.00	0.050	35.70	4.9	2.176	0.061	11.4	5.096	0.143	19.6	8.750	0.245
1.50	0.075	35.55	7.7	3.457	0.097	17.3	7.705	0.217	28.5	12.716	0.358
2.00	0.100	35.40	10.6	4.737	0.134	23.1	10.313	0.291	36.1	16.110	0.455
2.50	0.125	35.25	13.6	6.060	0.172	28.9	12.912	0.366	43.0	19.177	0.544
3.00	0.150	35.10	16.0	7.127	0.203	33.2	14.808	0.422	49.4	22.039	0.628
3.50	0.175	34.95	18.7	8.353	0.239	36.0	16.092	0.460	55.1	24.574	0.703
4.00	0.200	34.80	20.9	9.346	0.269	38.2	17.055	0.490	59.8	26.700	0.767
4.50	0.225	34.65	22.8	10.199	0.294	39.8	17.777	0.513	63.5	28.336	0.818
5.00	0.250	34.50	24.8	11.053	0.320	41.3	18.419	0.534	67.0	29.889	0.866
5.50	0.275	34.35	26.0	11.607	0.338	42.1	18.781	0.547	68.7	30.666	0.893
6.00	0.300	34.20	27.2	12.162	0.356	42.7	19.051	0.557	70.3	31.382	0.918
6.50	0.325	34.05	28.1	12.546	0.368	43.1	19.232	0.565	70.8	31.586	0.928
7.00	0.350	33.90	29.1	12.973	0.383	43.1	19.232	0.567	71.0	31.709	0.935
7.50	0.375	33.75	29.5	13.186	0.391	43.1	19.232	0.570	71.1	31.750	0.941
8.00	0.400	33.60	30.4	13.570	0.404	43.1	19.232	0.572	71.1	31.750	0.945
8.50	0.425	33.45	30.7	13.698	0.410	43.1	19.232	0.575	71.1	31.750	0.949
9.00	0.450	33.30	30.8	13.730	0.412	43.1	19.232	0.578	71.1	31.750	0.953
9.50	0.475	33.15	31.0	13.846	0.418	43.1	19.232	0.580	71.1	31.750	0.958
10.00	0.500	33.00	31.0	13.846	0.420	43.1	19.232	0.583	71.1	31.750	0.962
10.50	0.525	32.85	31.0	13.846	0.421	43.1	19.232	0.585	71.1	31.750	0.967



Esf. Normal	Esf cortante max	Parametros de resistencia de corte	
0.572	0.421	C(kg/cm <sup>2</sup> )=	0.225
1.128	0.585	φ(°)=	18.23
2.239	0.967		

**ANEXO 04: Factores de Capacidad de carga de Terzaghi Nc, Nq y Ny**



**Tabla 3.1** Factores de capacidad de carga de Terzaghi — ecuaciones (3.4), (3.5) y (3.6).  
De Kumbhojkar (1993).

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma^a$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma^a$
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

<sup>a</sup>De Kumbhojkar (1993).

**ANEXO 05: Factores de Capacidad de carga Modificados por Terzaghi  $N'_c$ ,  $N'_q$  y  $N'_\gamma$**

**Tabla 3.2** Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi  $N'_c$ ,  $N'_q$  y  $N'_\gamma$ .

$\phi'$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$\phi'$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

## ANEXO 06: Factores de Capacidad de Carga Para la Teoría de Meyerhof

**Tabla 3.3** Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				