

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE  
PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12  
SAN ANTONIO, DISTRITO G. ALBARRACÍN, PROVINCIA  
TACNA - 2020”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. VICTOR HUGO ATENCIO PANIAGUA**

**BACH. RENATO ANGULO ENCINAS**

**TACNA – PERÚ**

**2020**

# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

#### TESIS

#### “DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO G. ALBARRACÍN, PROVINCIA TACNA - 2020”

Tesis sustentada y aprobada el 10 de abril del 2021; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE:**



**Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juares**

**SECRETARIO:**



**Mag. Martín Paucara Rojas**

**VOCAL:**



**Mag. Alfonso Oswaldo Flores Mello**

**ASESOR:**



**Ing. Cesar Armando Urteaga Cruz**

## DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, VICTOR HUGO ATENCIO PANIAGUA y RENATO ANGULO ENCINAS, en condición de: BACHILLERES de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI: 73830211 y 70022595 respectivamente. Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:  
"DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO G. ALBARRACÍN, PROVINCIA TACNA - 2020."  
La misma que presentamos para optar:  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La presente investigación de tesis presentada es original siendo resultados de nuestro esfuerzo y dedicación, la tesis que se da a conocer no ha sido copiada, para ello se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. Declaro que es una tesis única, y no se presentado con anterioridad para lograr algún grado académico.
4. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor, se expone a sanciones universitarias, por lo que asumo toda responsabilidad y sanción.

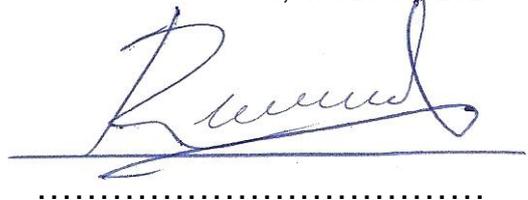
De identificarse falsificaciones, fraude, piratería, plagio, o que la tesis tenga antecedentes de las mismas características; asumo las responsabilidades y sanciones que se ameriten, responsabilizándome por todas las cargas legales que se deriven de ello someténdome a las normas establecidas y vigentes de la Universidad Privada de Tacna.



Bach. Victor Hugo Atencio Paniagua

DNI: 73830211

Tacna; Marzo del 2020



Bach. Renato Angulo Encinas

DNI: 70022595

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres que con todo su amor y su apoyo lograron brindarme una educación universitaria y a mis hermanos que siempre me apoyaron y me brindaron de su apoyo.

A mis amigos que siempre me aconsejaron en seguir estudiando y seguir adelante para adquirir el título profesional.

Bach. Victor Hugo Atencio Paniagua

## DEDICATORIA

A Dios que siempre estuvo a mi lado y guio mi camino hacia la luz, con altos y bajos pero siempre dándome la fuerza para poder seguir adelante.

Esta investigación se la quiero dedicar a mis padres Víctor Hugo y Lorena Mercedes ya que sin ellos esto no hubiese sido posible, en muestra de mi gratitud por el constante esfuerzo que hicieron, a mi hermano Henry por estar alentándome para que consiga lo que me proponga.

A mis familiares y amigos que me motivaron a luchar por mis sueños y nunca darme por vencido.

Bach. Renato Angulo Encinas

## AGRADECIMIENTO

- Equipo técnico que nos apoyó a realizar los ensayos de laboratorio, para lograr tener los resultados del área de investigación.
  
- Ingeniero César Armando Urteaga Ortiz por brindarnos el conocimiento y guía para la realización de la tesis.
  
- Agradecer a Dios por darnos fuerzas e iluminar nuestro camino.

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis General .....	4
1.5.2. Hipótesis Específica.....	4
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>6</b>
2.1. Antecedentes de estudios .....	6
2.1.1. Investigaciones Internacionales .....	6
2.1.2. Investigaciones Nacional .....	8
2.1.3. Investigaciones Local:.....	10
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Capacidad de Carga Admisible.....	12
2.2.2. Teoría de Karl Terzaghi .....	12
2.2.3. Teoría de Meyerhof.....	21
2.2.4. Teoría de Skempton .....	24
2.2.5. Capacidad de carga según RNE E.050.....	26

2.2.6.	Factor de seguridad .....	28
2.2.7.	Cimentaciones Superficiales .....	29
2.2.8.	Ensayos de laboratorio .....	30
2.2.8.1.	Contenido de Humedad.....	30
2.2.8.2.	Análisis Granulométrico.....	31
2.2.8.3.	Límite de Atterberg.....	34
2.2.8.4.	Peso Específico.....	36
2.2.8.5.	Ensayo de Corte Directo.....	36
2.2.8.6.	Densidad Relativa .....	37
2.2.8.7.	Densidad mínima .....	38
2.2.8.8.	Densidad máxima.....	38
2.2.8.9.	Densidad relativa.....	39
2.2.8.10.	Pruebas de carga .....	40
2.3.	Definición de Términos .....	41
2.3.1.	Calicata.....	41
2.3.2.	Estudio de Mecánica de suelos.....	41
2.3.3.	Capacidad portante.....	41
2.3.4.	Angulo de fricción Interno .....	41
2.3.5.1.	Métodos para determinar el ángulo de fricción interno .....	42
2.3.5.	Zapatas.....	44
2.3.6.	Losa de cimentación .....	44
2.3.7.	Clasificación de suelos .....	45
2.3.8.	Capacidad de carga.....	45
2.3.9.	Deformación del suelo .....	45
2.3.10.	Granulometría.....	46
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		47
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	47
3.1.1.	Tipo de investigación .....	47
3.1.2.	Nivel de investigación .....	47
3.2.	Población y/o muestra de estudio.....	47
3.2.1.	Población.....	47
3.2.2.	Muestra.....	47
3.3.	Operacionalización de variables.....	49
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	49
3.4.1.	Técnicas .....	51
3.4.1.1.	Técnica de laboratorio .....	53

3.4.1.2. Técnica de gabinete .....	54
3.4.2. Instrumentos y equipos .....	54
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	55
3.5.1. Procesamiento y análisis de campo .....	55
3.5.2. Procesamiento y análisis de laboratorio .....	57
3.5.3. Procesamiento y análisis de gabinete .....	57
CAPITULO IV: RESULTADOS .....	58
4.1. Ensayos de laboratorio .....	58
4.1.1. Densidad In Situ .....	58
4.1.2. Contenido de humedad .....	59
4.1.3. Límite de Atterberg .....	60
4.1.4. Clasificación del suelo según el sistema de SUCS y AASHTO .....	61
4.1.5. Densidad Mínima .....	62
4.1.6. Densidad máxima .....	62
4.1.7. Densidad relativa .....	63
4.1.8. Método indirecto para determinar el ángulo de fricción .....	63
4.2. Capacidad de carga admisible .....	66
4.2.1. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-1 .....	66
4.2.2. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-3 .....	68
4.2.3. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-5 .....	70
4.2.4. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-A .....	72
4.2.5. Determinación de la capacidad admisible Calicata C-B .....	74
4.2.6. Determinación de la capacidad admisible Calicata C-D .....	76
4.2.7. Cuadro comparativo de resultados .....	78
CAPITULO V: DISCUSIÓN .....	80
CONCLUSIONES .....	89
RECOMENDACIONES .....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	91
ANEXOS .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de capacidad de carga en falla general. ....	18
Tabla 2 Factores de capacidad de carga terzagui en falla local. ....	20
Tabla 3 Factores de capacidad de carga. ....	24
Tabla 4 Clasificación del suelo por medio del ensayo de granulometría. ....	32
Tabla 5 Estado de empaquetamiento. ....	40
Tabla 6 Operacionalización de variables .....	49
Tabla 7 Número de puntos de exploración .....	51
Tabla 8 Normas de referencia para ensayos en laboratorio. ....	53
Tabla 9 Coordenadas UTM de calicatas exploradas para el proyecto.....	56
Tabla 10 Resultados de los ensayos de laboratorio de Densidad in situ. ....	58
Tabla 11 Ensayos de contenido de humedad. ....	59
Tabla 12 Ensayos de Límite de Atterberg .....	60
Tabla 13 Ensayos según el sistema SUCS y AASHTO .....	61
Tabla 14 Resultados de los ensayos de densidad mínima.....	62
Tabla 15 Resultados de los ensayos de densidad máxima.....	62
Tabla 16 Resultado de los ensayos de densidad relativa.....	63
Tabla 17 Resultados de ángulo de fricción .....	64
Tabla 18 Resumen de los ensayos de laboratorio .....	65
Tabla 19 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	67
Tabla 20 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	67
Tabla 21 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m de profundidad. ....	67
Tabla 22 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	68
Tabla 23 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	69
Tabla 24 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.....	69
Tabla 25 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	70
Tabla 26 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	71
Tabla 27 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.....	71
Tabla 28 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	72
Tabla 29 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	73
Tabla 30 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.....	73
Tabla 31 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	74
Tabla 32 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	75
Tabla 33 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.....	75
Tabla 34 Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.....	76
Tabla 35 Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.....	77

Tabla 36 Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.....77  
Tabla 37 Resumen de los resultados de capacidad de carga admisible .....79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. ....	1
Figura 2. Sector 12 Asociación San Antonio. ....	2
Figura 3. Sector 12 Asociación San Antonio. ....	2
Figura 4. Equivalencia del suelo sobre el nivel de desplante de un cimiento. ....	13
Figura 5. Mecanismo de falla de un cimiento continuo. ....	13
Figura 6. Falla del suelo por corte general. ....	15
Figura 7. Factores de capacidad de carga. ....	16
Figura 8. Falla del suelo por corte local. ....	19
Figura 9. Falla por punzonamiento. ....	21
Figura 10. Modo de falla según Meyerhof. ....	22
Figura 11. Influencia de la profundidad de desplante. ....	25
Figura 12. Factores de capacidad de carga $N_c$ según Skempton. ....	26
Figura 13. Tamaños de mallas. ....	32
Figura 14. Curva de distribución de tamaños de las partículas. ....	33
Figura 15. Cuchara de casa grande. ....	35
Figura 16. Ensayo de prueba de carga al suelo. ....	40
Figura 17. Ensayo triaxial. ....	43
Figura 18. Ensayo de corte directo. ....	44
Figura 19. Plano de ubicación de las calicatas. ....	48
Figura 20. Toma de muestras de las calicatas con GPS. ....	49
Figura 21. Reconocimiento del terreno. ....	50
Figura 22. Reconocimiento del terreno. ....	50
Figura 23. Identificación de las calicatas. ....	52
Figura 24. Corroborando la altura de la calicata C – 6 con wincha de 5m. ....	52
Figura 25. Ubicación de las calicatas con el plano. ....	55
Figura 26. Excavación de las calicatas con la retro excavadora. ....	56
Figura 27. Colocación de la muestra en el horno para realizarle el secado. ....	59
Figura 28. Ensayos de límites de Atterberg. ....	60
Figura 29. Ensayo de granulometría. ....	61
Figura 30. Resultados del ensayo de contenido de humedad. ....	80
Figura 31. Resultados de los ensayos de granulometría. ....	81
Figura 32. Resultado de los coeficientes. ....	81
Figura 33. Densidad del suelo húmedo y seco. ....	82
Figura 34. Densidad máxima. ....	83
Figura 35. Densidad mínima. ....	83

Figura 36. Densidad relativa. ....	84
Figura 37: Angulo de fricción de las calicatas. ....	84
Figura 38. Capacidad de carga. ....	85
Figura 39. Capacidad de carga. ....	86
Figura 40. Resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos. ...	87
Figura 41. Asentamiento elástico. ....	87
Figura 42. Asentamiento diferencial. ....	88
Figura 43. Distorsión angular. ....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia .....	93
Anexo 2 Resultados de los ensayos de laboratorio.....	94
Anexo 3 Panel Fotográfico.....	117

## RESUMEN

En la presente tesis "Determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales del sector 12 San Antonio, Distrito G. Albarracín, Provincia Tacna - 2020", se determinó las propiedades físicas y mecánicas del suelo, para hallar la capacidad de carga admisible y lograr proponer el diseño de cimentaciones superficiales para el sector 12 Asociación San Antonio, Distrito G. Albarracín, Provincia Tacna – 2020.

Se desarrolló un nivel de investigación aplicada, cuya investigación comprende una planificación, ejecución y un análisis de resultados, adjunto a ello el uso de técnicas de recopilación de datos aplicados a una metodología estadística.

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y cálculos realizados, determinó que el sector 12 San Antonio posee un suelo grava mal gradada (GP), no presenta nivel freático y tiene una capacidad portante de 3.16 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 1.00 metro, 4.23 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 1.50 metros y 5.29 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad promedio de 2.00 metros.

En conclusión, con los estudios y cálculos realizados se determinaron la capacidad de carga admisible del suelo, asentamientos según el método elástico y se propuso tipos de cimentaciones cuadradas, para cimentaciones superficiales y profundas.

**Palabras claves:** calicata, estudios de mecánica de suelos, capacidad portante, ángulo de fricción interno, zapata, losa de cimentación, clasificación de suelos, capacidad de carga, deformación del suelo, granulometría.

## ABSTRACT

In the present thesis "Determination of the admissible load capacity for the superficial foundations of sector 12 San Antonio, G. Albarracín District, Tacna Province - 2020 ", the physical and mechanical properties were determined to find the admissible load capacity from the ground and to be able to propose a suitable type of foundation for sector 12 San Antonio, G. Albarracín District, Tacna Province – 2020".

An evaluative research level was applied, whose research includes planning, performance and analysis of results, which includes the use of data collection techniques applied to a statistical methodology.

The results obtained in the laboratory tests and calculations carried out, it was determined that sector 12 San Antonio has a poorly graded gravel (GP) soil, does not present a water table, composed of gravel and difficult to excavate, has an average bearing capacity of 3.16 kg / cm<sup>2</sup> at a depth of 1.00 meter, 4.23 kg / cm<sup>2</sup> at a depth of 1.50 meters and 5.29 kg / cm<sup>2</sup> at a depth of 2.00 meters.

In conclusion, the studies and calculations carried out determined the admissible capacity of the soil, the settlements were determined according to the elastic method and types of square foundations were proposed for shallow and deep foundations.

Keywords: pit, soil mechanics studies, bearing capacity, internal friction angle, footing, foundation slab, soil classification, bearing capacity, soil deformation, granulometry.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada "Determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales del sector 12 San Antonio, Distrito G. Albarracín, Provincia Tacna - 2020", tiene la finalidad de calcular la capacidad de carga admisible, para ello se realizó los estudios de mecánica de suelos y se determinó sus propiedades físicas y mecánicas.

En el capítulo I se hace referencia a la descripción del problema, la formulación de la misma y también las hipótesis que mencionamos y demostramos en el Sector 12 de la Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

En el capítulo II se presenta el marco teórico, para ello es importante que previamente se haya realizado investigaciones de la zona en estudio tales como bases teóricas y definición de términos.

En el capítulo III se desarrolló la metodología de la investigación para la determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales, siendo la investigación de tipo aplicada, ya que se tuvo que acudir al terreno y realizar estudios in-situ.

El capítulo IV refiere a los resultados obtenidos en base a los ensayos de laboratorio realizados, también resultados de la capacidad portante y tipo de cimentación para dicho sector.

En el capítulo V se analizó y discutió los resultados y la interpretación de los mismos, así como su importancia para la zona de estudio.

Finalmente se menciona las conclusiones y recomendaciones referentes a las obras civiles y viviendas que puedan ser construidas en el sector 12 Asociación San Antonio– Distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

Uno de los principales problemas del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, es la falta de estudios de suelos en zonas ya pobladas, dichos estudios pueden contribuir con la realización de un diseño adecuado de cimentaciones para las viviendas familiares.

Actualmente, el distrito Coronel Gregorio Albarracín se ha convertido en una de las áreas urbanas más pobladas de la provincia de Tacna, principalmente debido a la migración desde áreas rurales y otras ciudades. Según fuentes el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa cuenta con una población de (110 417 mil) pobladores sin contar las pampas de Viñani que son (15 mil) pobladores, ello ha determinado severos problemas urbanos como: crecimiento urbano informal.

El uso de suelos para viviendas a través de invasiones, ha generado que gran cantidad de personas, se asienten sobre un suelo sin estudio previo que garantice la sostenibilidad estructural de las viviendas a edificar, debido al crecimiento poblacional de las familias que tienen que construir sus viviendas sin tomar en cuenta la capacidad portante del suelo.

Cabe resaltar que el sector 12 de la Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa carece de estudios de suelos, por tal motivo es necesario realizar un análisis de capacidad de carga admisible para proponer un adecuado diseño de cimentaciones superficiales.

#### Figura 1.

*Ubicación de la zona de estudio.*



*Nota:* El grafico representa la ubicación del área de estudio. Google Earth P.

**Figura 2.**

*Sector 12 Asociación San Antonio.*



*Nota:* El grafico representa la ubicación del área de estudio. Elaboración Propia.

**Figura 3.**

*Sector 12 Asociación San Antonio.*



*Nota:* El grafico representa la ubicación del área de estudio. Elaboración Propia.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es la capacidad de carga admisible del suelo para fines de cimentación superficial del sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuál es el método para determinar la capacidad de carga admisible para cimentaciones superficiales del sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020?

¿Cómo evaluar la composición del suelo en Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa?

¿Qué propiedades físicas y mecánicas se requieren para un adecuado diseño de cimentaciones superficiales en el Sector 12 – Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa?

## **1.3. Justificación e importancia**

El presente trabajo "Determinación de la capacidad de carga admisible para las cimentaciones superficiales del sector 12 San Antonio, Distrito G. Albarracín, Provincia Tacna - 2020", se justifica teóricamente porque se empleará estudios de capacidad de carga admisible y estudios de mecánica de suelos, todo ello para que se garantice una adecuada propuesta técnica para cimentaciones superficiales.

El trabajo de investigación intenta ayudar a futuras construcciones de viviendas en el sector 12 San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, proponiendo un diseño de cimentaciones superficiales estables para futuras construcciones.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la capacidad de carga admisible para cimentaciones superficiales del sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar los métodos más confiables para predecir la capacidad de carga admisible del Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.
- ✓ Evaluar la composición del suelo en el Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.
- ✓ Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, para proponer una adecuada cimentación superficial.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Realizando los trabajos tanto en gabinete como en campo, se tendrá la información que nos permita contar con las herramientas necesarias, para determinar la capacidad de carga admisible y elaborar un correcto diseño de cimentaciones superficiales en el sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020.

### **1.5.2. Hipótesis Específica**

- ✓ El método más confiable para determinar la capacidad de carga admisible en el sector 12 San Antonio - Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa es Terzaghi.
- ✓ La composición del suelo del sector 12 San Antonio - Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa es óptima para las cimentaciones superficiales.

- ✓ Las propiedades físicas y mecánicas del suelo del sector 12 San Antonio Del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, se evaluarán y se determinará si son óptimas para la construcción de cimentaciones superficiales.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de estudios

Se realizaron diferentes tipos de investigaciones como internacionales, nacionales y locales sobre estudios de suelos, tales como:

#### 2.1.1. Investigaciones Internacionales

- a) En la tesis de pre grado sustentada por Gabriela Alexander Moya Andino en el año 2015, titulado: "ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR EFECTOS DE CONSOLIDACIÓN DEL SUELO DE FUNDACIÓN, SEGÚN LA METODOLOGÍA PROPUESTA POR LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN." La Autora presentó la investigación del estudio analítico de un edificio de cinco pisos compuesto por hormigón armado, empleando herramientas computacionales especializadas para el análisis de la estructura y así como para el de la cimentación. Acorde a la metodología propuesta por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, se definieron cuatro perfiles de suelo en los que se realizaron el diseño de las cimentaciones ante las solicitaciones de éstos.

La precisión del modelo de cálculo así generado va a depender del ajuste entre el comportamiento del terreno real y el representado por el modelo mediante la utilización del coeficiente de coeficiente de balasto. Este coeficiente permite saber los asentamientos ante solicitaciones de una fundación deformable en un típico problema de interacción suelo estructura, los cuales deben estar dentro del rango de límites permisibles que detalla la norma. Como producto de la investigación obtenemos distintos tipos de cimentaciones acorde a los requerimientos de los suelos de fundación, con ello instauramos un prototipo de diseños característicos de cada suelo (Andino, 2015).

- b) La tesis de pre grado sustentada por Karem Heidy, De la Hoz Alvarez en el año 2007, titulado: "ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE EN SUELOS GRANULARES", El propósito de este trabajo es definir el método

más adecuado para obtener los parámetros geomecánicos de suelos de grano grueso utilizando muestras equivalentes con tamaños de partículas más pequeños. Los métodos analizados corresponden al de curvas paralela u homotéticas y el método de corte del sobre tamaño.

En esta tesis se determinaron ensayos de densidad máxima y mínima para gravas y arenas, por medio de los procedimientos basados en la normas ASTM. Según la realización de las calicatas y su evaluación en laboratorio, con la clasificación SUCS se definió que el material es grava bien graduada (GW) (Karem Heidy, 2007).

- c) En la tesis de pre grado sustentada por José Ignacio Riquelme Olivares en el año 2016, titulado: “ESTUDIO DE CORRELACIONES PARA DENSIDAD RELATIVA Y RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS GRANULARES GRUESOS”, El objetivo de la presente investigación tuvo como resultado el estudio la influencia de la densidad relativa en la resistencia al corte de materiales de grano grueso. El propósito de esta investigación es establecer primero, un método que pueda estimar la densidad relativa de los materiales de grano grueso acorde a los resultados de las pruebas rutinarias de laboratorio de densidad máxima y mínima. (Olivares, 2016).
- d) En la tesis de pre grado sustentada por José Estaire Gepp del año 2004, titulada: “COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES SOBRE SUELOS GRANULARES SOMETIDAS A SOLICITACIONES DINÁMICAS”, en la Universidad Politécnica de Madrid. Realizó la investigación con el objetivo de determinar el comportamiento geotécnico de los suelos granulares en estado seco sometidos a solicitaciones dinámicas y de las cimentaciones superficiales que se apoyan en dichos suelos.

Estudió tres aspectos: el primero, un segmento experimental basado en la ejecución de diferentes ensayos de laboratorio, así también de un modelo físico a escala reducida, realizados con un tipo de arena en estado seco y con densidades relativas diferentes, el segundo estudio permitió a través de un

análisis su validación y aplicación a casos reales y el último estudio se dio debido a las diferentes situaciones que se impusieron en los ensayos, se realizó la modelización de la respuesta de tensiones y deformaciones del material (Gepp, 2004).

### **2.1.2. Investigaciones Nacional**

- a) En la tesis de pre grado sustentada por Aura Beatriz, Jurado Guevara y Roberto Francisco, Pérez Araujo del año 2019, titulada: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EN LA COSTA VERDE”. La presente investigación se realizó con el fin de comparar parámetros de resistencia dados por ensayos tanto geofísicos como geotécnicos de manera cuantitativa, a su vez los ensayos geofísicos no son sustitutos de los ensayos geotécnicos, por el contrario son una herramienta complementaria o de verificación para ingenieros, geólogos y geofísicos, debido a que en ocasiones no se tienen las condiciones ideales como espacio, presupuesto, estructura del terreno, ruido ambiental, entre otros.

El propósito de la investigación fue obtener parámetros de resistencia mediante los ensayos geofísicos permitiendo así calcular la estabilidad de un determinado talud en la Costa Verde – Miraflores.

Según las muestras extraídas de las calicatas y su evaluación en laboratorio, con la clasificación SUCS se concluyó que el distrito de Miraflores está constituido por grava pobremente graduada (GP), Grava limosa (GM) y Grava pobremente graduada – grava limosa (GPGM). Siendo de mayor predominancia el de tipo GP (Guevara, 2019).

- b) En la tesis de pre grado sustentada por Ronald William Ortiz Quispe, del año 2007 titulado: “INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS, EN CIMENTACIONES

SUPERFICIALES, DISTRITO DE PILCOMAYO EN 2017”, la investigación está orientada a la demostración de la influencia de la variación del nivel freático en la capacidad portante de los suelos, ya sea para el caso de cimentaciones superficiales, a distintas profundidades de la cimentación, además de la variada geometría de la misma.

Teniendo en cuenta los factores de variación del nivel freático como la precipitación, el grado de infiltración y el tipo de suelo. Obteniéndose resultados como precipitación pluvial registrada en el ciclo de Diciembre (2016) a Febrero (2017), generando un ascenso del nivel freático de - 1.60 a -1.40 a razón de 0.0028 m/día  $\pm$  0.0002 m/día; además la velocidad de infiltración registrada fue de 0.38 cm/min  $\pm$  0.04 cm/min y la presencia de un suelo granular hace que sea mayor la infiltración en el suelo; el tipo de suelo hallado es grava bien gradada con arena (GW) de manera homogénea en todo el estrato (Quispe R. W., 2007)

- c) En la tesis de pre grado sustentada por Jimmy Rolly, Beltrán Cueva y Diego Armando, Díaz Vargas, en el año 2018 titulada: “ ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE LOS SUELOS DE CIMENTACIÓN DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHAN CHAN DEBIDO AL ASCENSO DEL NIVEL FREÁTICO” , se determinó el valor máximo de la capacidad de carga admisible de los suelos que se vean influenciados por la variación del nivel freático. A partir del análisis y estudios realizados se identificó, que el nivel freático alcanza 0.80 m de profundidad, con ello la capacidad de carga que brindan estos suelos es 1.20 kg/cm<sup>2</sup>; por otro lado, la estimación de equilibrio límite indica que si el nivel freático asciende a 0.40 m de profundidad, la capacidad de carga del suelo se reduce soportando 1.17 kg/cm<sup>2</sup>.

Los ensayos que se realizaron para identificar las características del suelo son: peso específico natural, gravedad específica de sólidos, contenido de humedad, límite plástico, límite líquido, ángulo de fricción y cohesión. De los cuales, el ángulo de fricción ( $\phi = 32.72^\circ$ ) y la cohesión ( $c = 0.03$  kg/cm<sup>2</sup>) son

los más relevantes porque estos determinan la capacidad de carga del suelo. Asimismo, en la excavación manual se visualizó que en su mayor parte los suelos están compuestos por arenas y finos (limos y arcillas); de manera complementaria, según la clasificación SUCS se identificó tres estratos de suelos: SM-SC para 0.00 m – 1.00 m; GM para 1.00 m – 2.00 m y SM 2.00 m – 3.00 m (Cueva, 2018).

- d) En la tesis de pre grado sustentada por Joel Edson, Olarte Romero y Waldir Alex, Ureta Poma, del año 2019 titulada: “RESPUESTA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES BAJO CONDICIONES DE SUELOS PARCIALMENTE SATURADO EN QUINTANILLA PAMPA, ASCENSIÓN - HUANCVELICA”. La presente investigación se realiza con la finalidad de definir la influencia de las condiciones de suelo parcialmente saturado en la respuesta de cimentaciones superficiales en Quintanilla Pampa, Ascensión – Huancavelica, para ello se tomó en cuenta cuatro casos en donde el nivel freático varía con respecto a la ubicación de la cimentación superficial.

Se realizaron tres calicatas en la zona de estudio, extrayendo dos muestras por calicatas de los dos últimos estratos, obteniendo así los parámetros geotécnicos y de esa manera hallando la capacidad portante para cada una de las calicatas, en donde los valores obtenidos se encuentran entre 0.8 kg/cm<sup>2</sup> y 3.00 kg/cm<sup>2</sup>. (Romero, 2019).

### **2.1.3. Investigaciones Local:**

- a) El Instituto de Defensa Civil (Indeci) en el año 2004 trabajó en la elaboración de un estudio de mapas de peligros de la ciudad de Tacna, considerando que se presenciaba un silencio sísmico en la ciudad, determinando la clasificación SUCS y las capacidades portantes mediante ensayos In situ de sondajes de penetración estándar (SPT) en los distintos distritos de la ciudad. Tras ello, se encontró que el distrito de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva cuentan con una capacidad portante menor a 1 kg/, el suelo del distrito de Pocollay tiene un SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos) de arenas limosas (SM) correspondiente a

cenizas volcánicas y una capacidad portante mayor a 3 kg/cm<sup>2</sup>, en el distrito de Cercado y Gregorio Albarracín Lanchipa tiene un SUCS de gravas bien graduadas (GW ) y pobremente graduadas respectivamente (GP) correspondiente a cenizas volcánicas y una capacidad portante mayor a 3 kg/cm<sup>2</sup>. (Indeci, 2004).

- b) En la presente tesis de pre grado sustentada por: Diana Lizeth, Huanacuni Quispe, del año 2014 titulada: “CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE LOS SUELOS EN LA CIUDAD DE TACNA”, se hizo un estudio acerca de las características dinámicas del suelo en la ciudad de Tacna, tomándose una muestra 1191.11 Km<sup>2</sup> de los distritos de Tacna, Alto de la Alianza (La Esperanza), Ciudad Nueva y Pocollay. Realizado a través de la metodología de MASW con 25 variantes de investigación. Una vez ejecutado, los resultados muestran la clasificación de perfiles a través de la velocidad de onda promedio de corte a 30 m (Vs30) y sus propiedades elásticas por la relación de velocidad de ondas Vp y Vs.

Se supó que las velocidades de ondas Vs30 se encuentran entre 41.67 y 841.35 m/s, el módulo de elasticidad varía entre 4.715 y 41.316 Tn/m<sup>2</sup>, el módulo de corte está en el rango de 1.886 a 15.891 kg/cm<sup>2</sup>, mostrandose los valores más pequeños en el parque de la Avenida N°1 en el distrito de Ciudad Nueva y los más grandes en el parque El Profe, calle San Pedro en el distrito de Tacna. (Quispe D. L., 2014).

- c) En la presente tesis de pre grado sustentada por: Miguel Calderón Flores, del año 2018 titulada: “OBRAS CIMENTADAS SOBRE RELLENOS NO CONTROLADOS EN EL DISTRITO DE CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA – 2018”, donde identifiqué 14 asociaciones de viviendas en un catastro actual de la zona (Asoc. Viv. San Borja, Asoc. Viv. Kabul Villa B, Asoc. Viv.

La Frontera Sur, Asoc. Viv. Héroes Alto Villani I, Asoc. Viv. Héroes Alto Villani II, Asoc. Viv. Promuvi la Unión II Etapa, Asoc. Viv. Los Libertadores, Asoc. Viv. Villa Canto Grande, Asoc. Viv. Luis Alberto Sánchez, Asoc. Viv. El Éxodo, Asoc. Viv. La cantera, Asoc. Viv. S/ N, Asoc. Viv. Rio Seco, Asoc. Viv. Villa las Rocas) y 08 asociaciones aledañas del mismo que no están identificadas, pero son usadas para diversos fines, ambas ocupan parte de la cantera

Arunta, las cuales abarcan 32.86 hectáreas; recomendando no edificar sobre este material al ser inestable y no respetar la normatividad vigente Norma E.050 Suelos del Reglamento Nacional de Edificaciones que especifica que no debería edificarse sobre este tipo de suelos inestables, ya que provocar asentamientos diferenciales a los elementos estructurales, causando el colapso o la afectación del uso de la edificación (Calderon, 2018).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Capacidad de Carga Admisible**

Es la presión que al ser aplicada al terreno de fundación no origina daño a la estructura. Dicha capacidad depende de las características geomecánicas del suelo, de la ubicación del nivel freático, el tipo de cimentación y factor de seguridad adoptado (ICG, 2018).

### **2.2.2. Teoría de Karl Terzaghi**

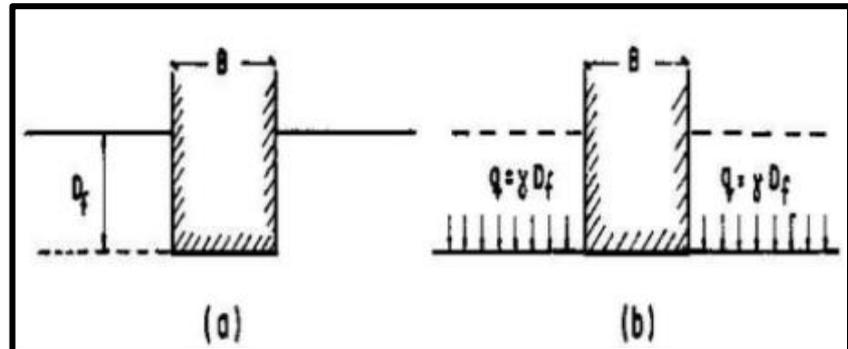
Terzaghi en 1983, presentó la teoría para analizar la capacidad carga de las cimentaciones superficiales, adaptando la Mecánica de suelos en los resultados de la Mecánica del Medio Continuo.

La teoría de Terzaghi desprecia la resistencia al esfuerzo cortante, por esta razón el mecanismo de falla del suelo está ubicado por encima de la profundidad de desplante del cimiento ( $D_f$ ). El mecanismo de falla del suelo solo influye con una sobrecarga actuante en dicho nivel de desplante.

La teoría de Terzaghi, define que una cimentación es superficial cuando la profundidad de desplante es menor o igual que el ancho de la misma, no obstante investigadores posteriores sugirieron que las cimentaciones con una profundidad de desplante ( $D_f$ ) regular a 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser denotadas como cimentaciones superficiales (Terzaghi K. , 1943).

**Figura 4.**

*Equivalencia del suelo sobre el nivel de desplante de un cimiento.*



*Nota:* Equivalencia del suelo sobre el nivel de desplante de un cimiento, con una sobrecarga debida a su peso. (Prandtl, 1983).

**a) Zonas del mecanismo de falla.**

- **Zona I**

Es la zona en forma de cuña que se mueve como un cuerpo rígido, con el cimiento vertical hacia abajo y sus límites forman un ángulo de  $45^\circ - \Phi/2$ .

- **Zona II**

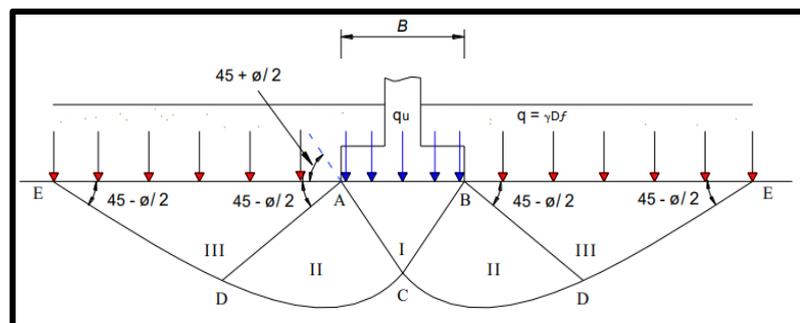
Zona de deformación tangencial radial, de grandes deformaciones que se presenta y provocan un levantamiento de la zona III.

- **Zona III**

Zona plástica que es empujada hacia arriba por el empuje pasivo provocado por la zona II.

**Figura 5.**

*Mecanismo de falla de un cimiento continuo.*



*Nota:* Zonas de mecanismo de falla según la teoría de Terzaghi. (Terzaghi K. , 1943).

La teoría de Terzaghi indica, que el efecto al ir perforando la cimentación en el suelo, se va generando ciertos movimientos laterales, de tal forma que los estados plásticos logran alcanzar los puntos más extremos E y E' (Figura 5), y al momento de generarse el colapso, la longitud de la superficie de falla trabaja al esfuerzo límite, pero este mecanismo generalmente no puede darse en todos los tipos de suelos, generalmente se desarrolla ese tipo de fallas en suelos arenosos y arcillosos (Terzaghi, 1943).

#### **b) Tipos de falla**

Los tipos de falla o hundimientos de una cimentación son muy importantes de determinar, para realizar el correcto cálculo del diseño de cimentación a utilizar en dicha estructura.

Según la estructura y el tipo de terreno, el hundimiento puede ser:

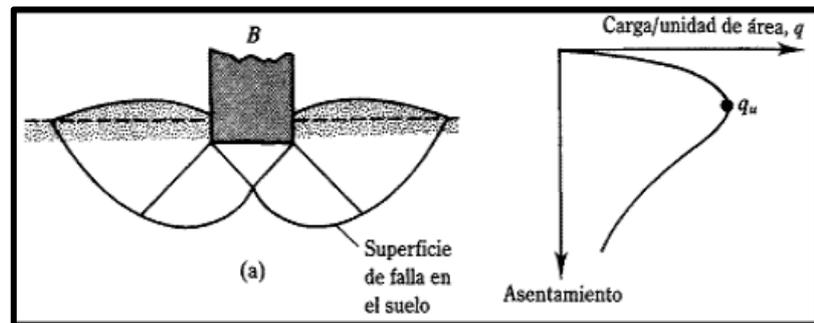
- **Fallo general por corte del suelo**

Se genera una superficie de rotura continua que inicia en la base de la zapata y aflora hacia un lado de la misma a una cierta distancia, esta forma de rotura suele presentarse en las arenas densas o suelos cohesivos como se señala en la figura 6. Ahora si se aplica una presión u/o carga gradualmente a la cimentación, el asentamiento aumentará la variación de la carga por área unitaria.

En cierto punto cuando la carga por área unitaria sea igual a la capacidad de carga última "qu", da lugar a una falla imprevista en el suelo, dicho suelo soporta a la cimentación y la superficie de falla se extenderá por toda la parte inferior de la cimentación hasta llegar a la superficie del terreno, a esta carga por área unitaria se le designa capacidad de carga última (Terzaghi, 1943).

**Figura 6.**

*Falla del suelo por corte general.*



*Nota:* Representación gráfica de falla por corte general y diagrama de deformación de carga última. (Braja M. Das, 2006).

Utilizando los estudios de equilibrio, Terzaghi formuló que la capacidad de carga última, para un cimiento corrido se exprese así:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \quad (1)$$

**Donde:**

$\gamma$ : Peso específico del suelo.

$D_f$ : Profundidad de desplante de la cimentación.

$q_u$ : Capacidad de carga última.

$C$ : Cohesión.

$B$ : Ancho del cimiento.

$N_c$ : Factor de capacidad de carga acorde a la cohesión.

$N_q$ : Factor de capacidad de carga acorde a la sobrecarga.

$N_\gamma$ : Factor de capacidad de carga acorde al peso del suelo.

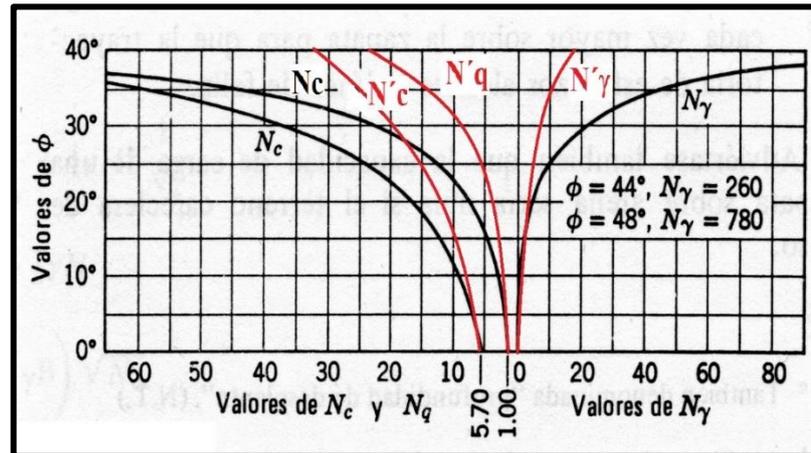
En la ecuación expresada anterior, la cohesión es representada por la simbología de (c), que puede ser atribuida al suelo en el cual la cimentación se apoya; ( $\gamma D_f$ ) es la sobrecarga, que depende de la profundidad de desplante (Rodríguez, 2005).

- **Factores de capacidad de carga  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$**

Los factores de capacidad de carga, se hallan en función del ángulo de fricción interna del suelo  $\phi$ .

**Figura 7.**

*Factores de capacidad de carga.*



*Nota:* Factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción. (Terzaghi K. , 1943).

En la Fig. 7 se observa tres curvas que son los valores de capacidad de carga ( $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ ) que están en función del ángulo de fricción y otras tres curvas discontinuas que generan valores modificados, para los factores de capacidad de carga ( $N_c'$ ,  $N_q'$  y  $N_\gamma'$ ).

Los factores modificados de capacidad de carga deberán aplicarse cuando se presente una cimentación con una falla local.

La ecuación fundamental de la teoría de Terzaghi que nos posibilita calcular la capacidad de carga última, para cimientos poco profundos de longitud infinita con cargas verticales (Terzaghi, 1943).

$$N_c = \cot\phi'(N_q - 1) \quad (2)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi'}{2}\right)\tan\phi'}}{2\cos^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)} \quad (3)$$

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

**Donde:**

$K_{py}$ = Coeficiente de empuje pasivo

$\phi$ : Angulo de fricción interno.

$N_c$ : Factor de capacidad de carga debido a la cohesión.

$N_q$ : Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga.

$N_{\gamma}$ : Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo.

La evaluación de la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas y circulares, son muy frecuentes en las prácticas, Terzaghi ha propuesto las fórmulas que se puede emplear para dichas cimentaciones:

- Cimentaciones cuadradas:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_{\gamma} \quad (5)$$

- Cimentación circular:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_{\gamma} \quad (6)$$

De las cimentaciones cuadradas (B) representa el ancho de la cimentación, en las cimentaciones circulares (B) representa el diámetro de la cimentación.

Los factores de capacidad de carga de la ecuación anterior se obtienen de la Fig. 7, ya sea para falla local o general. Debe de tenerse en cuenta que todas las fórmulas ya mencionadas son aptas para cimentaciones que están sujetas a una carga vertical y sin ninguna excentricidad.

**Tabla 1.***Factores de capacidad de carga en falla general.*

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
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				

*Nota:* Factores de capacidad de carga en función del ángulo de fricción. (Kumbhojkar, 1993)

- **Fallo local por corte del suelo**

Es una situación intermedia en la que el terreno se plastifica en los bordes de la zapata y bajo la misma, sin que lleguen a formarse superficies continuas de rotura hasta la superficie (Terzaghi, 1943).

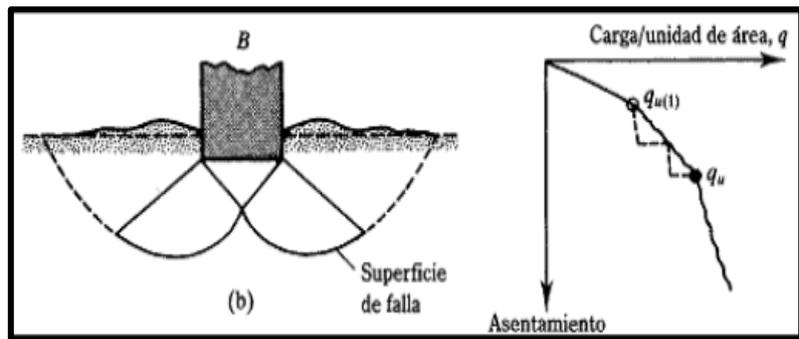
Este tipo de falla se genera en cimentaciones superficiales, cuando el terreno está apoyado en un suelo arenoso o sobre arcilla regularmente densa.

Se muestra en la figura 8, que mientras aumenta la carga “q” sobre la cimentación, se incrementará el asentamiento. Sin embargo, en la figura (b) la superficie de falla se extenderá gradualmente hacia los extremos de la

cimentación, como se muestra las líneas entre punteadas en la figura 8, cuando la carga por área unitaria sobre la cimentación es igual a " $q_u$ ", se denomina carga primera de falla, para que ocurra este tipo de fallas se necesita un movimiento enorme de la cimentación para que la zona afectada se propague por la superficie del suelo.

**Figura 8.**

*Falla del suelo por corte local.*



*Nota:* Falla por corte general en función a la capacidad de carga última. (Braja M. Das, 2006).

De las ecuaciones ya nombradas anteriormente son válidas para las fallas de tipo general, pero según la teoría de Terzaghi, modificó las siguientes ecuaciones, para las cimentaciones cuadradas, circulares y corridas que a continuación se están nombrando:

- Cimentación corrida:

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (7)$$

- Cimentación cuadrada:

$$q_u = 0.876cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (8)$$

- Cimentación circular:

$$q_u = 0.876cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad (9)$$

**Tabla 2**

*Factores de capacidad de carga terzagui en falla local.*

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.01	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.00	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	0.06	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.07	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	0.13	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	51.73	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	12.97	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				

*Nota:* Factores de carga en función al ángulo de fricción interno. (Kumbhojkar; 1993).

- **Falla del suelo por punzonamiento**

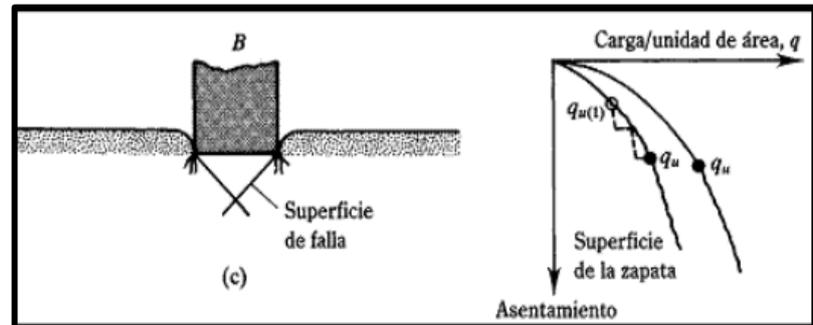
La falla por punzonamiento en la figura 9, muestra que a medida se incrementa la carga el suelo se comprime e inmediatamente debajo de la zapata ocurre un desplazamiento vertical. Este tipo de falla al incrementarse la carga sobre el cimiento ocurre una compresión del suelo, que puede generar una rotura vertical por corte a su alrededor.

Este equilibrio de la cimentación se logra mantener, tanto vertical como horizontal y el suelo fuera del área cubierta se altera muy poco. Para lograr mantener el movimiento o desplazamiento vertical de a zapata se requiere

un incremento continuo en la carga vertical (Rodríguez, 2005).

**Figura 9.**

*Falla por punzonamiento.*



*Nota:* Falla por punzonamiento, en función a una carga que se ejerce en el suelo. (Braja M. Das, 2006).

### 2.2.3. Teoría de Meyerhof

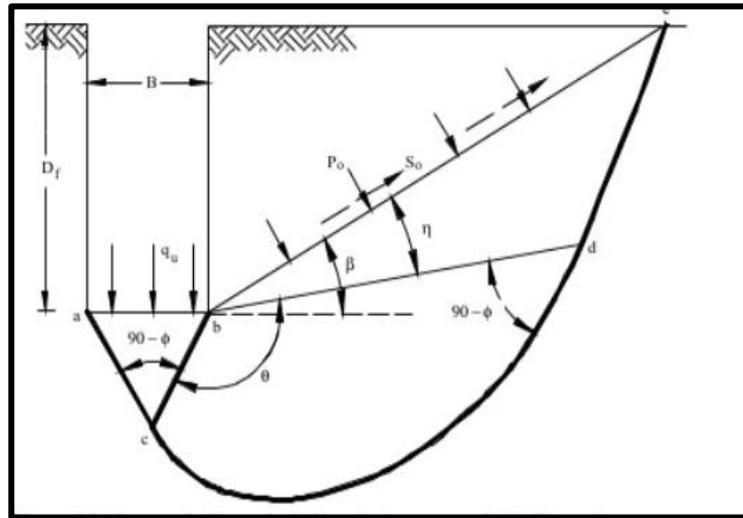
La teoría de Meyerhof añadió considerar los esfuerzos cortantes que puedan generarse en el terreno de cimentación por encima del nivel de desplante del cimiento, cuyo efecto fue dejado de lado por la teoría de Terzaghi, excepto como sobrecarga. En la teoría de Meyerhof, el suelo que encubre el cimiento por encima del nivel de desplante es un medio de propagación de superficie de deslizamiento (Rodríguez, 2005).

En el caso de cimientos largos la teoría de Meyerhof utiliza un mecanismo de falla propuesto en la Fig. 10. Los factores de capacidad de carga  $N$ , fueron obtenidos realizando ensayos en la zona (abc) Fig.10, donde la cuña elástica triangular (abc) es la zona de esfuerzos uniformes, (bcd) es la zona de corte radial con (cd) siendo un arco de log-espiral. Por otro lado, (bde) es una zona de corte mixta donde el corte varía entre los límites de corte radial y corte plano, dependiendo de la rugosidad y profundidad de la fundación.

El plano (be) es denominado superficie libre equivalente y es a lo largo de este dónde se producen tanto esfuerzos normales como esfuerzos a corte, se utiliza el método de superposición para estimar ( $q_u$ ).

**Figura 10.**

*Modo de falla según Meyerhof.*



*Nota:* Modo de falla elástica triangular. (Meyerhof, 1963).

La teoría de Terzaghi se aplica sólo al caso de cimentaciones cuadradas y circulares, por lo que no se puede emplear para cimentaciones rectangulares ( $0 < \frac{B}{L} > 0$ ).

Otro factor que se desestima es la resistencia al cortante a lo largo de la superficie de falla, para ello Meyerhof propone una nueva formulación, donde se toma en cuenta los factores de forma, factores de profundidad, factores de inclinación y factores de capacidad de carga, generando la siguiente ecuación (Meyerhof, 1963).

$$qu = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma i} \quad (10)$$

**Donde:**

$c$ : cohesión

$q$ : esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación

$\gamma$ : peso específico del suelo

$B$ : ancho de la cimentación

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ : factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ : factores de profundidad.

$F_{ci}, F_{qi}, F_{yi}$ : factores por inclinación de la carga.

$N_c, N_q, N_\gamma$ : factores de capacidad de carga.

➤ **Factores de forma, profundidad e inclinación:**

Las relaciones para los factores de profundidad, forma e inclinaciones elegidas para aplicarse en la ecuación que se visualizan son:

• **Ecuación de Factor de Forma:**

$$F_{cs} = 1 + \frac{B \cdot N_q}{L \cdot N_c} \quad (11)$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi \quad (12)$$

$$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad (13)$$

• **Ecuación de Profundidad ( $Df/B < 1$ ):**

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{Df}{B} \quad (14)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{Df}{B} \quad (15)$$

$$F_{yd} = 1 \quad (16)$$

• **Ecuación de Profundidad ( $Df/B > 1$ ):**

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \tan \phi^{-1} \left( \frac{Df}{B} \right) \quad (17)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan \phi^{-1} \left( \frac{Df}{B} \right) \quad (18)$$

$$F_{yd} = 1 \quad (19)$$

• **Ecuación de Inclinación:**

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2 \quad (20)$$

$$F_{yi} = \left( 1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2 \quad (21)$$

### Donde

- $\beta$  = ángulo de inclinación de la carga.
- $\phi$  = ángulo de fricción del suelo.
- Df = profundidad de cimentación.
- B = ancho de cimentación.

**Tabla 3**

*Factores de capacidad de carga.*

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
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	0.10	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	14.93	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				

*Nota:* Factores de carga en función del ángulo de fricción interno.  
(Meyerhof; 1963).

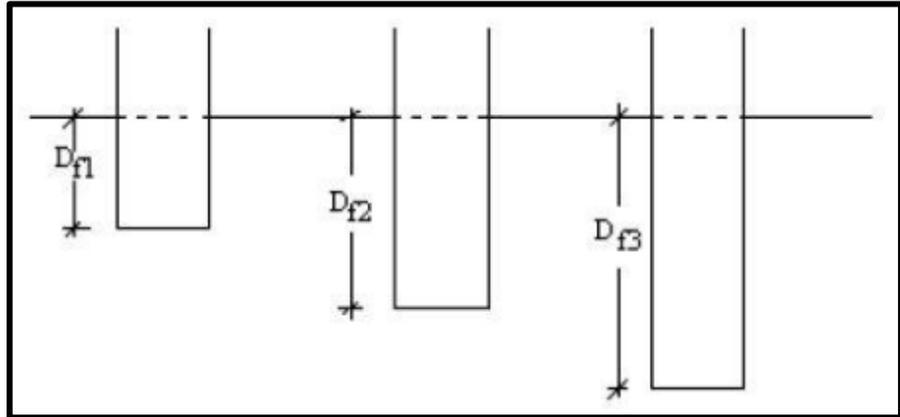
#### 2.2.4. Teoría de Skempton

La teoría de Skempton, en la Fig. 11, muestra a medida la profundidad de desplante (Df) está aumentando, el factor de capacidad de carga (Nc) aumenta su resistencia, esto quiere decir que la capacidad de carga no se encuentra independiente de la

profundidad de desplante, este crecimiento no es ilimitado de manera que  $(N_c)$  permanece constante a hasta cierta profundidad de desplante.

**Figura 11.**

*Influencia de la profundidad de desplante.*



*Nota:* Influencia de profundidad de desplante en función del  $N_c$  para suelos cohesivos. (Skempton, 1951).

Skempton en adelante propone adoptar la capacidad de carga para suelos puramente cohesivos una expresión totalmente análoga a la de Terzaghi, según la cual:

$$q_{ult} = q + c \cdot N_c \quad (22)$$

**Donde:**

- $q$ : Sobre carga por encima de la cota de fundición.
- $C$ : Cohesión.
- $N_c$ : Factor de capacidad de carga.
- El término de  $q$ , es igual  $\gamma \cdot D_f$ .
- $D_f$ : Profundidad del cimiento.

Skempton planteó la ecuación abreviada para  $N_c$ , para el caso de zapata de longitud finita:

$$N_c = 5.14 \left( 1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \right) \quad (23)$$

La ecuación mencionada es válida hasta  $D_f/B \leq 2.5$ . De aquí se puede concluir que, para una zapata continua, cuya profundidad de

desplante  $N_c$  varia de 0 a  $2.5B$ , o mayor, el valor de  $N_c$  varía de 5.14 a 7.74 (Rodríguez, 2005).

- Zapata rectangular:

$$N_{cr} = 5.14 \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) \quad (24)$$

- Para la sustitución de la ecuación de  $q_{ult}$ :

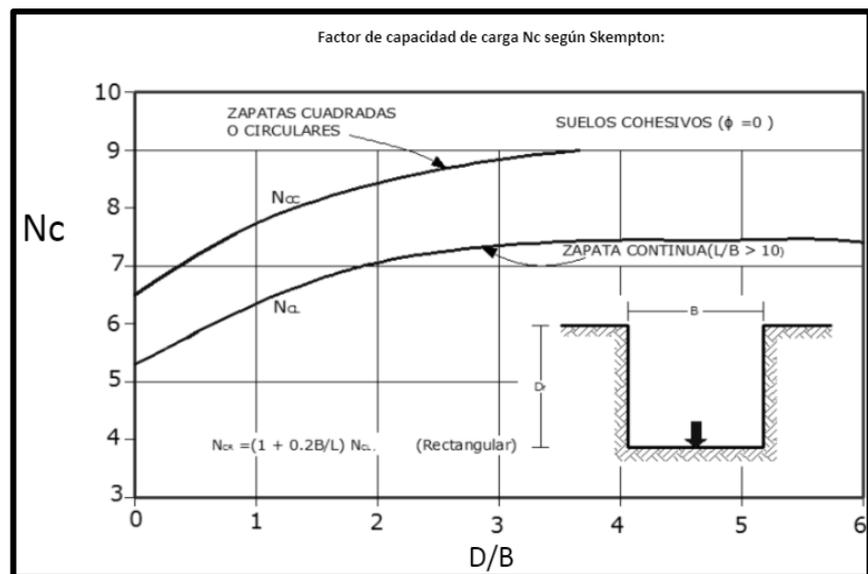
$$q_c = 5.14 C_u \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) + \gamma D_f \quad (25)$$

- Zapatas cuadradas o circulares ( $B=L$ ):

$$q_c = 6.17 \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right) \quad (26)$$

**Figura 12.**

*Factores de capacidad de carga  $N_c$  según Skempton.*



*Nota:* Factores de capacidad de carga en función a la profundidad de desplante  $D_f$ . (Skempton, 1951).

### 2.2.5. Capacidad de carga según RNE E.050

La capacidad de carga ( $q_d$ ) es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros determinados mediante ensayos in situ o los ensayos de laboratorio (NTP E.050, 2018).

En suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcilloso). Se emplea un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) igual a cero (NTP E.050, 2018).

$$q_d = S_c i_c c N_c \quad (27)$$

En suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas-arenosas). Se emplea una cohesión ( $c$ ) igual a cero (NTP E.050, 2018).

$$q_u = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 S_y i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma \quad (28)$$

Para las ecuaciones indicadas se tiene:

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (29)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') \quad (30)$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad (31)$$

$$S_y = 1 - 0.2 \frac{B}{L} \quad (32)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad (33)$$

$c$ : cohesión del suelo ubicado bajo la zapata.

$i_q$ : coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la sobre carga.

$i_\gamma$ : coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la fricción.

$S_y$ : coeficiente de corrección por la forma de la cimentación correspondiente a la fricción.

$\gamma_1$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

$\gamma_2$ : peso unitario volumétrico efectivo de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

$N_q$ : coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la sobre carga.

$N_\gamma$ : coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la fricción

$B'$ : ancho del “área efectiva”.

$\alpha^\circ$ : ángulo en grados que hace la carga con la vertical.

### 2.2.6. Factor de seguridad

El factor de seguridad a utilizar se deberá variar, según sea la importancia de la obra y el orden de las incertidumbres que se manejen. Sin embargo, en el caso de cimentaciones superficiales se han establecido valores típicos aceptados por la costumbre que ya se vienen empleando de hace mucho tiempo atrás, el análisis de las cargas actuantes toma en cuenta solo las permanentes.

Es recomendable utilizar un factor de seguridad ( $F_s$ ) mínimo de 3, siempre y cuando se tomen en cuenta las cargas permanentes y cargas vivas eventuales, el valor anterior puede reducirse a 2 o 2.5.

En caso de las cimentaciones profundas. Las incertidumbres que se manejan suelen ser mayores, por la contribución de la heterogeneidad del subsuelo y de los métodos constructivos. Es costumbre utilizar un  $F_s$  de 3, cuando la cimentación se calcula en un análisis de carga muerta y carga viva permanentemente que es un criterio de cálculo muy común en las estructuras que se encuentran empotradas al terreno.

#### **Se adopta el factor seguridad contra:**

- Variaciones naturales en la resistencia al corte.
- Incertidumbre en exactitud de los métodos teóricos o empíricos para la determinación de la capacidad de carga.
- Deterioros focales menores en la capacidad portante del suelo de soportes producidos por la construcción o por eventos posteriores.
- Asentamientos excesivos provocados por la influencia del suelo cuando la cimentación está próxima a sufrir una falla por corte.

La aplicación de la ecuación para el factor de seguridad es la siguiente:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_S} \quad (34)$$

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por unidad de área de la cimentación que es soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo que rodea en el nivel de cimentación (Braja M. Das, 2006).

$$q_{net(u)} = q_u - q; q_{neta(u)} = \text{capacidad de carga última neta} \quad (35)$$

**La carga admisible neta se define con la siguiente expresión:**

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS} \quad (36)$$

### 2.2.7. Cimentaciones Superficiales

Son aquellas en las cuales la relación Profundidad / ancho ( $D_f / B$ ) es menor o igual a cinco (5), siendo  $D_f$  la profundidad de la cimentación y  $B$  el ancho o diámetro de la misma pero también se recomienda considerar las cimentaciones superficiales como aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Estos tipos de cimentaciones incluyen cimentaciones aisladas, cimentaciones corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, que suelen ser de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, cuya estructura cumple la función de transmitir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para reducir la presión. Los cimientos o zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en el caso de éstos la longitud del cimiento es grande en comparación con el ancho. Soportan varias columnas o muros de mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, esto se debe a que el suelo tiene menor resistencia y por lo tanto requiere un área de distribución mayor o en caso deban transmitirse mayores cargas al suelo.

#### a) Zapatas aisladas

Una zapata aislada es una cimentación puntual que recibe un solo sistema de carga, como por ejemplo los pilares. Se emplea en terreno firme y competente, transfiriendo una tensión de media alta y provocando asentamientos leves o moderados. En una de las cimentaciones más económicas sobre roca o suelos con

tensiones admisibles habituales superiores a 15.30 ton/m, lo cual implica su uso en edificios de entre 5 a 15 pisos. Son cuadradas, aunque se usan rectangulares cuando existen luces diferentes en dos sentidos perpendiculares, los momentos flectores se dan en una sola dirección, los pilares son de sección rectangular, se levantan dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación o en casos especiales de geometría difícil. En otros casos pueden ser de formas circulares o poligonales (Piquera, 2020).

#### **b) Cimentaciones corridas**

Se caracterizan por su gran longitud con respecto a las secciones transversales. Son menos sensibles que las zapatas aisladas a asientos diferentes u oquedades. Su cálculo se realiza como viga flotante, de sección rectangular o T invertida. Para el cálculo de las tensiones bajo la viga hay que atender a las características del terreno (Piquera, 2020).

#### **c) Losas de cimentación**

La losa de cimentación es una placa de hormigón afirmada sobre el terreno. Dicha losa de cimentación se utiliza cuando la superficie de la zapata supera el 50% de la superficie de la planta, se opta por realizar losas de cimentación en sótanos, estanques cuya cota inferior se colocará por debajo del nivel freático, así como para reducir los asientos diferenciales.

También son útiles cuando la capacidad portante del terreno es escasa y en construcciones donde la superficie es pequeña en relación al volumen, tales como rascacielos, depósitos o silos. Así, es frecuente su uso en edificios de más de 8 plantas como una capacidad portante media-baja, estando comprendida la tensión admisible entre 8.16 y 15.30 ton/m (Piquera, 2020).

### **2.2.8. Ensayos de laboratorio**

#### **2.2.8.1. Contenido de Humedad**

El presente ensayo de contenido de humedad, es gobernado por la norma NTP 339.127, mediante el cual se

determinó la humedad natural en porcentaje del suelo, consiguiendo primero una muestra característica de 500 gr, de cada calicata realizada, mediante bolsas o sacos se lleva al laboratorio dichas muestras para adquirir su peso en estado seco, utilizando el horno donde se deja la muestra durante 24 horas, luego se extrae del horno y se establece el nuevo peso de la muestra, dicha diferencia de pesos que se obtiene es el cometido de humedad.

**Equipos y Materiales empleados:**

- Balanza
- Tara
- Horno para secado de muestras.
- Bandeja
- Cuchillo
- Guantes

$$W = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo al horno}} * 100 \quad (37)$$

**2.2.8.2. Análisis Granulométrico**

Para realizar el ensayo de análisis granulométrico se rige bajo la norma NTP 339.128, la elaboración del ensayo se necesita una muestra de 500 gr. del suelo en estado seco, luego se efectúa el lavado de la muestra utilizando la malla N°200 hasta obtener el agua pasante de un color más templado, inmediatamente se procede al secado de la muestra para luego ser zarandeado por un conjunto de mallas en orden descendente (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200), de tal forma que se logra obtener una cantidad retenida en cada malla, se calcula el porcentaje acumulado para representarlo en una hoja semi logarítmica y se determina el sistema unificado de clasificación de suelos.

**Figura 13.***Tamaños de mallas.*

Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	76.2	No. 10	2
2 1/2"	63.5	No. 16	1.19
2"	50.6	No. 20	0.84
1"	25.4	No. 30	0.59
3/4"	19.05	No. 40	0.42
1/2"	12.7	No. 50	0.3
3/8"	9.525	No. 60	0.25
1/4"	6.35	No. 80	0.177
No. 4	4.76	No. 100	0.149
No. 8	2.38	No. 200	0.074

*Nota: Diámetro de abertura de las mallas para el ensayo de granulometría. (NTP 339.128; 1999)*

**Materiales empleados:**

- Tamices de malla cuadrada.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo.
- Horno de secado.
- Bandeja, cepillo y brochas.
- Muestra representativa del suelo.

**Tabla 4***Clasificación del suelo por medio del ensayo de granulometría.*

<b>El material se considera grueso si retiene más del 50% en el tamiz N° 200</b>		<b>El material se considera fino si pasa más del 50% tamiz N° 200</b>
<b>Grava</b>	<b>Arena</b>	<b>Pasante</b>
Más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz N° 04.	Más del 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 04.	Limo o Arcilla. El suelo es limo, arcilla o material orgánico.

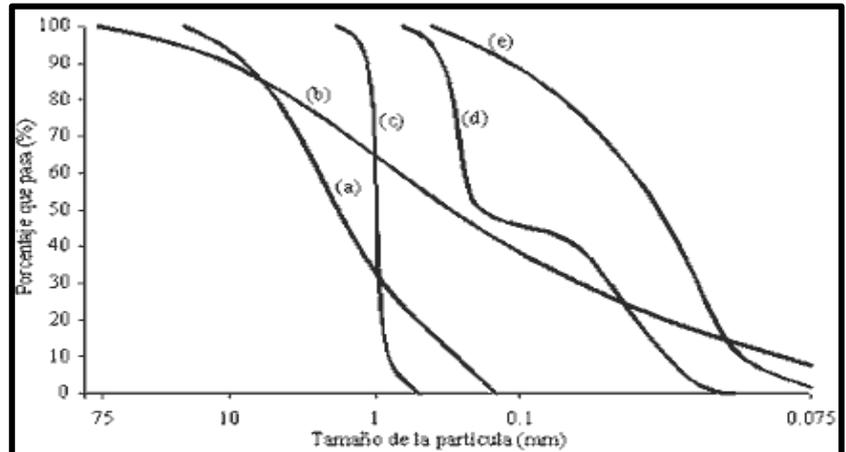
*Nota: Tabla de clasificación para tipo de suelo. (NTP 050, 2018).*

La interpretación de la curva granulométrica se muestra en escala semi-logarítmica, considerando los porcentajes que pasan en las rectas de los tamices y el

tamaño de cada partícula que se sitúa en cada tamiz, dando la forma de una curva granulométrica representada por la distribución de partículas del suelo.

**Figura 14.**

*Curva de distribución de tamaños de las partículas.*



*Nota:* Curva granulométrica en función de las partículas pasantes. (NTP 339.128, 2018).

- Grano grueso (a)
- Curva granulométrica bien gradado con una amplia variedad de tamaños de partícula (b).
- Grano grueso con una baja variedad de tamaños de partícula (c).
- Gradación hueca (d)
- Partículas finas (limo y arcilla) (e).

#### **a) Coeficiente de uniformidad**

El coeficiente de uniformidad interpreta la progresiva de la variación en tamaño de las partículas del suelo:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (38)$$

De la fórmula ya mencionada la letra "D", es el tamaño del diámetro de las partículas del suelo.

### b) Coeficiente de gradación

Este parámetro evalúa la progresión de la variación en tamaño de las partículas del suelo:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (39)$$

El coeficiente de gradación para suelos bien gradados el valor de  $C_c$ , estará en promedio de 1 a 3 y en suelos mal gradados no lo estarán porque el tamaño de las partículas pasantes será nulo en dicho tamiz, a su vez que su curva de distribución será sinuosa o uniforme.

#### 2.2.8.3. Límite de Atterberg

Para realizar el ensayo de límite líquido y límite plástico se tomó en cuenta la norma NTP 339.129.

- a) Límite líquido (LL):** Para la realización del ensayo se obtiene una muestra de 150 gr. a 200gr, muestra que fue pasada por el tamiz N°40 y se mezcló totalmente con 20ml de agua destilada, luego con una espátula se amasa la muestra de una forma alterna y repetida dentro de la vasija de porcelana, hasta lograr el humedecer la muestra totalmente. Luego se colocó la muestra húmeda en una taza de bronce y se esparció de tal forma que se extienda en toda la base para luego efectuar la ranuración limpia con menor número de pasadas posibles con el acanalador, una vez concluida la ranuración se procedió a girar la manija de la cuchara de Casa grande mediante la cual se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

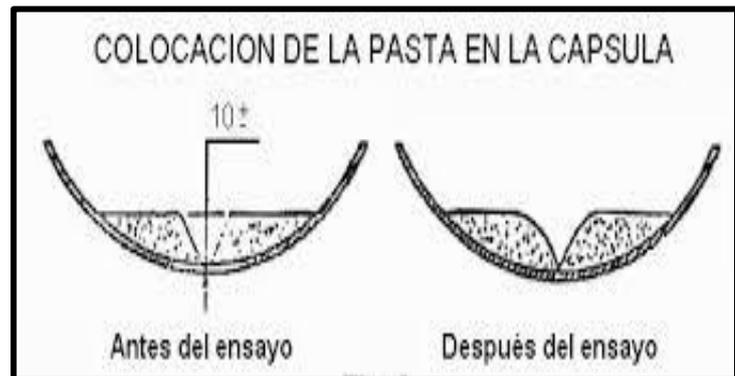
#### **Materiales y equipos**

- Cuchara de Casagrande.
- Agua destilada
- Acanalador.

- Taras.
- Tamiz N° 40
- Balanza.
- Espátula.

**Figura 15.**

*Cuchara de casa grande.*



*Nota:* Abertura de la cuchara de casa grande. (MTC, 2016).

- b) límite plástico (LP):** El presente ensayo se ejecuta poseyendo una muestra de 20 gr, pasada del tamiz N°40, inmediatamente se mezcla con agua destilada, de tal forma que esté totalmente humedecida para así poder crear una esfera, con 20 gr. Para luego realizar el enrollado de la muestra con un hilo de diámetro uniforme de 1/8 plg. En todo lo largo para luego ubicar la porción del hilo deshecho en un contenedor con tapa, hasta que el contenedor tenga por lo menos 6.0 gr de suelo.

**Materiales y equipos**

- Plancha de vidrio.
- Agua destilada.
- Recipiente.
- Tamiz N° 40
- Balanza eléctrica.
- Espátula.
- Deposito.

#### **2.2.8.4. Peso Específico**

El presente ensayo de peso específico se logró determinar teniendo en cuenta la norma NTP 339.131.

Para la realización del ensayo de peso específico, se vierte la muestra y agua destilada adentro de la fiola, la cantidad de agua a verter dentro de la viola es aproximadamente hasta la mitad, una vez ya ejecutado este procedimiento se procedió a remover el aire atrapado con un baño de maría durante 10 minutos, girando la fiola por momentos para así eliminar el aire atrapado en la muestra, una vez culminado el baño de maría se deja reposar para que la muestra este a temperatura ambiente.

#### **Materiales y equipos**

- Balanza.
- Recipientes
- Franelas
- Fiola
- Olla
- Tamiz N°4.
- Agua destilada

#### **2.2.8.5. Ensayo de Corte Directo**

El propósito del ensayo busca identificar la relación que se establece entre el esfuerzo y la deformación considerando una carga lateral aplicada de tal forma que genere un esfuerzo cortante, se presenta un plano de falla horizontal paralelo a la carga aplicada. Podemos optar por dos sistemas para la ejecución de este ensayo, a saber, el de esfuerzo controlado y el de deformación controlada. En el primero se aumenta gradualmente la carga que induce el esfuerzo hasta que se produzca la falla. Este sistema se usa de preferencia para ensayos de carga muy baja, debido a que con la misma carga puede mantenerse fácilmente constante durante cualquier período de tiempo; además, pueden quitarse más fácil y rápido las cargas. El

inconveniente que se presenta, es que al imponerse un excesivo desplazamiento después de haber pasado la resistencia máxima, no se obtiene la resistencia al esfuerzo cortante final verdadera (ASTM D3080, 2020).

#### 2.2.8.6. Densidad Relativa

Para determinar la densidad relativa se necesitó los resultados de densidad mínima, densidad máxima y densidad de campo, la densidad relativa se realizó con la ayuda de la normativa NTP 339.138.

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad (40)$$

**Donde:**

- $D_r$  = Densidad Relativa
- $e$  = Relación de vación natural o in situ del suelo.
- $e_{max}$  = Relación de vacios maximo del suelo.
- $e_{min}$  = Relación de vacios minimo del suelo.

Los principales porcentajes determinados por la densidad relativa, se logran los siguientes resultados:

- 0 a 20% suelo muy suelto.
- 10 a 40% suelo suelto.
- 40 a 60% suelo medio.
- 60 a 80% suelo denso.
- 80% a 100% suelo muy denso.

$$D_R = \frac{\left(\frac{1}{\rho_{min}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_d}\right)}{\left(\frac{1}{\rho_{min}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_{max}}\right)} = \left(\frac{\rho_d - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}}\right) \left(\frac{\rho_{max}}{\rho_d}\right) \quad (41)$$

**Donde:**

- $\rho_d$  = Densidad seca natural o in situ del suelo.
- $\rho_{máx}$  = Densidad seca máxima del suelo
- $\rho_{mín}$  = Densidad seca mínima del suelo.

#### **2.2.8.7. Densidad mínima**

El ensayo de densidad mínima nos permite determinar la mínima densidad de suelos, para realizar el ensayo se requiere de un molde circular del cual se toman las medidas para poder determinar el volumen, se toma su peso del molde utilizando una balanza programable. Luego de haber realizado los pasos anteriores ya mencionados, se procede a llenar el molde con la muestra hasta llenar el molde en su totalidad, una vez ya llenado el molde se procede a hacer el enrasado con una regla metálica, finalmente se pesa el molde con la muestra y se procede a hacer el restado de el molde para determinar el peso de la muestra, dicho peso es la densidad mínima de la muestra. Se repite treces veces por cada calicata.

##### **Materiales y equipos:**

- Molde circular.
- Muestra del suelo.
- Regla metálica.
- Balanza.

#### **2.2.8.8. Densidad máxima**

Para realizar el ensayo de densidad máximas se necesita de un molde, donde se coloca la muestra en 5 capas y en cada una de las capas se realiza 25 golpes con un martillo de goma con la finalidad de compactar la muestra y no haya vacíos, dicho procedimiento se realiza en las 5 capas, una vez culminado el procedimiento se realiza el pesado del molde con la muestra para así poder determinar la densidad máxima, dicho procedimiento se realiza 3 veces por calicata.

##### **Materiales y equipos:**

- Balanza con registro mayor a 5 kg.

- Molde.
- Brocha.
- Regla de metálica.
- Martillo de goma.
- Muestra.

#### 2.2.8.9. Densidad relativa

Para el análisis y determinación del ángulo de fricción se cuenta con una variedad de metodologías tanto en laboratorio como en campo, tales como el ensayo de corte directo, triaxial CD, SPT y el método de la densidad relativa (densidad mínima, máxima y natural).

Este último es la metodología más utilizada que se pone en práctica, al ser un método simple para la obtención de la densidad de compactación de un suelo arenoso (Salcedo, 2018).

El método consiste en determinar las densidades mínimas, máximas y densidad in-situ, para poder determinar la densidad relativa.

Según la teoría de Meyerhof se puede obtener el ángulo de fricción con las siguientes ecuaciones:

Para suelos granulares con más de 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 25 + 0.15D_R \quad (42)$$

Para suelos granulares con menos finos de 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 25 + 0.15D_R \quad (43)$$

**Tabla 5***Estado de empaquetamiento.*

Estado de empaquetamiento	Densidad relativa (%)	Angulo de fricción, $\phi$ (grados)
Muy suelto	< 20	< 30
Suelto	20-40	30-35
Compacto	40-60	35-40
Denso	60-80	40-45
Muy denso	> 80	> 45

*Nota:* Relación entre la densidad relativa y el ángulo de fricción de suelos fricciantes. (Braja M. Das, 2006).

#### 2.2.8.10. Pruebas de carga

Las pruebas de carga generalmente se consideran uno de los mejores métodos para estimar la capacidad de carga de un elemento de cimentación, consiste en realizar una prueba de carga directamente sobre el lugar de la cimentación. El modelo es usualmente una placa de dimensiones reducidas para el caso de pruebas relativas a cimentaciones superficiales (Rodríguez, 2005).

Este ensayo proporciona información del suelo hasta una profundidad igual a dos veces el diámetro de la placa, se recomienda utilizar el ensayo en cimentaciones superficiales, porque las pruebas de placa pueden usarse para deducir problemas relativos de una capacidad de carga o asentamiento.

#### Figura 16.

*Ensayo de prueba de carga al suelo.*



*Nota:* Ensayo de carga con una prensa hidráulica.

## **2.3. Definición de Términos**

### **2.3.1. Calicata**

Las calicatas, son excavaciones que son utilizadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Estas son excavaciones de profundidad pequeña a media, con un máximo de entre 3 y 4m metros de profundidad, que se realizan según la norma técnica (NTP 339.162, 2001).

### **2.3.2. Estudio de Mecánica de suelos**

Son aquellos que cumplen con la presente Norma (NTP E.050, 2018), que está estipulado en el metrado de cargas estimado para la estructura y que cumpla los requisitos para el Programa de Investigación.

### **2.3.3. Capacidad portante**

Se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente hablando, la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno, por lo que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por lo tanto, la capacidad de carga permitida debe basarse en uno de los siguientes estándares funcionales:

- Si la función del terreno de cimentación es soportar una cierta tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.
- Si se desea lograr un equilibrio entre la tensión aplicada al suelo y la deformación sufrida por este, la capacidad portante deberá calcularse a partir de criterios de asiento admisible.

### **2.3.4. Angulo de fricción Interno**

El ángulo de fricción interno es sumamente importante en la mecánica de suelos para determinar la capacidad portante, como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso. Existen numerosos procedimientos para la determinación del ángulo de fricción interna,

cada uno de los procedentitos produce resultados ligeramente diferentes y los resultados son altamente dependientes de la metodología a utilizar, además la capacidad portante de un terreno depende exponencialmente de la tangente de dicho ángulo.

### **2.3.5.1. Métodos para determinar el ángulo de fricción interno**

#### **a) Método de ensayo triaxial**

El equipo de ensayo Triaxial permite realizar ensayos en una variedad de procedimientos para determinar la resistencia al cortante, la rigidez y características de deformación de las muestras.

Adicionalmente, el ensayo puede realizarse para medir características de consolidación y permeabilidad. Se ensayan muestras cilíndricas dentro de una membrana delgada de caucho, colocándolas dentro de una celda triaxial con dos tapas rígidas y pistones arriba y debajo de la muestra.

La celda se llena de un fluido especial, se aplica una presión determinada sobre el fluido ( $\sigma_3$ ), la cual se transmite por éste a la muestra. Los esfuerzos de cortante se aplican mediante fuerzas de compresión verticales accionadas por los pistones.

Generalmente existen tres formas de determinar el ensayo triaxial:

- **Ensayo de consolidación drenada**

El ensayo se realiza lentamente para permitir el drenaje del agua dentro de la muestra e impedir que se puedan generar presiones de poros.

- **Ensayo de consolidado no drenado, con medición de presión de poros.**

Los ensayos no drenados deben realizarse a una rata que no exceda una deformación unitaria del 2% por hora, con el objeto de lograr una ecualización

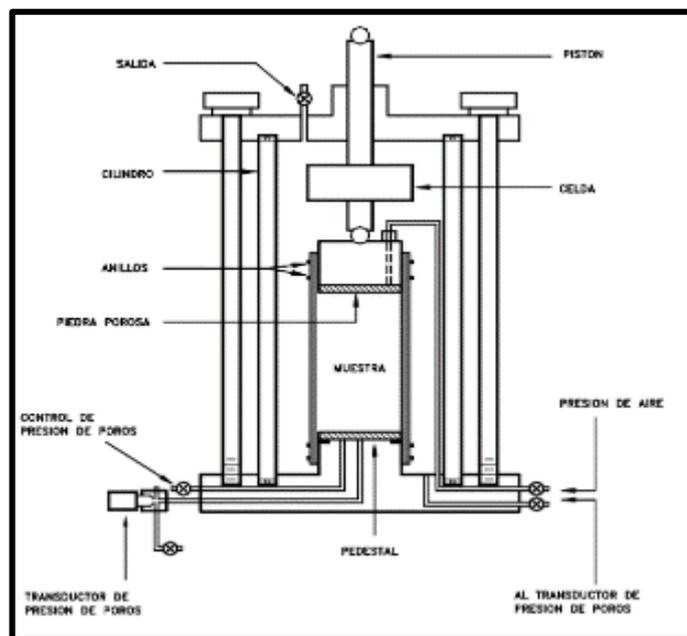
completa de la presión de poros a través de la muestra.

- **Ensayo no consolida**

Este ensayo se le utiliza para modelar, el caso de un terraplén o una carga colocada muy rápidamente sobre un manto de arcilla saturada, de muy baja permeabilidad.

**Figura 17.**

*Ensayo triaxial.*



*Nota:* Prensa para realizar el ensayo triaxial. (Rodríguez, 2005).

**b) Método de corte directo**

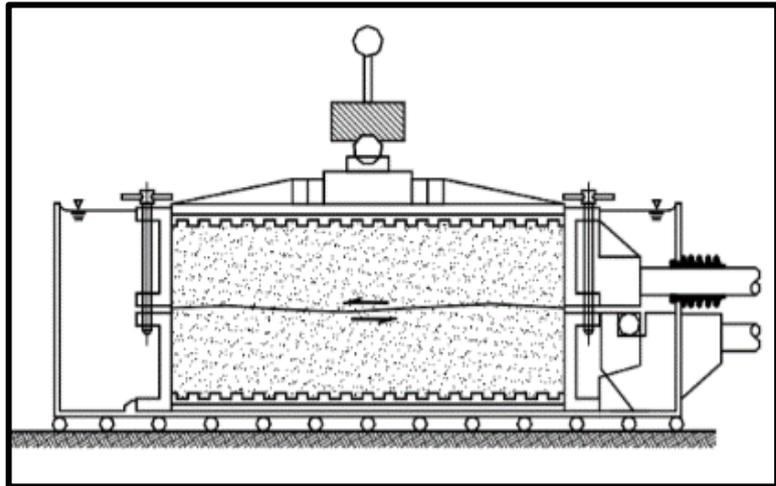
El ensayo de corte directo, busca identificar la relación que se establece entre el esfuerzo y la deformación considerando una carga lateral aplicada de tal forma que se genera un esfuerzo cortante, se presenta un plano de falla horizontal paralelo a la carga aplicada que existen dos sistemas para la ejecución de este ensayo, el de esfuerzo controlado y el de deformación controlada.

En el primero se aumenta gradualmente la carga que induce el esfuerzo hasta que se produzca la falla, este sistema se usa de preferencia para ensayos de una tasa de carga muy baja debido a que con el mismo puede

mantenerse más fácilmente una carga constante durante cualquier período de tiempo; además, pueden quitarse más fácil y rápido las cargas.

### Figura 18.

*Ensayo de corte directo.*



*Nota:* Ensayo de corte directo a gran escala. (Burgos, 2015)

### 2.3.5. Zapatas

La zapata es una cimentación que se encuentra en el terreno, generalmente se encuentra enterrada y trasmite al terreno su propio peso y las cargas recibidas, de modo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menor a la admisible ya que los asientos se encuentran limitados.

La cimentación consta de dos partes, el elemento estructural encargado de transmitir las cargas al terreno, cimiento y la zona del terreno afectada por dichas cargas.

De acuerdo a la sección o canto de la zapata, este elemento constructivo responde de distinta manera a las cargas que inciden sobre él. Por lo cual requiere de determinadas dimensiones y la necesidad a veces de ir armado según la normativa (NTP E.050, 2018).

### 2.3.6. Losa de cimentación

La losa de cimentación es una placa de hormigón apoyada

sobre el terreno la cual reparte el peso y las cargas del edificio sobre toda la superficie de apoyo. Las losas son un tipo de cimentación superficial que tiene muy buen comportamiento en terrenos poco homogéneos que con otra característica de cimentación podrían sufrir asentamientos diferenciales. También en terrenos con muy poca capacidad portante.

Las losas más sencillas son las de espesor constante, aunque también existen las nervadas que son más gruesas según la dirección de muros o filas de pilares.

### **2.3.7. Clasificación de suelos**

La clasificación de suelos, fue presentado por Arthur Casagrande, usada para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar el suelo con tamaños menores de tres pulgadas; se representa mediante un símbolo con dos letras (Braja M. Das, 2006).

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200. Los suelos gravosos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es gravoso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N°. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

### **2.3.8. Capacidad de carga**

La capacidad de carga es el esfuerzo que logra soportar el suelo cuando se le aplica una carga y es transmitida por la cimentación. Para afirmar que este módulo de falla no se presente, se trabaja con el factor de seguridad, donde ( $q_u$ ) es la capacidad de carga última suelo cimentación y ( $q_a$ ) es el esfuerzo de contacto promedio suelo cimentación.

### **2.3.9. Deformación del suelo**

Se produce por un cambio de volumen paulatino a medida que pasa el tiempo, según se vayan disipando las presiones transmitidas

al agua intersticial mediante un drenaje, se puede apreciar en un suelo cohesivo saturado.

#### **2.3.10. Granulometría**

La granulometría se define como la distribución de los distintos tamaños de las partículas de un suelo, expresado con porcentajes en las relaciones, con el peso total de la muestra seca.

Empleando una serie de tamices con sus respectivos diámetros normalizados, apilados y numerados en orden de apertura decreciente conseguimos determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo y que tipo de suelo se encuentra en la zona de estudio.

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación aplicada, debido a que se necesita realizar la extracción de muestras del terreno a una cierta profundidad para su estudio de mecánica de suelos correspondiente, y así analizar los datos recolectados de los ensayos en base a lo que nos dice el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 (Norma de suelos y cimentaciones).

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

Se desarrolló un nivel de investigación evaluativa, cuya investigación comprende de una planificación, realización y un análisis de resultados, lo que incluye el uso de técnicas de recopilación de datos aplicados a una metodología estadística. Por parte de la investigación se realizaron recolección de datos obtenidos en los ensayos de suelos y se recopilaron datos para una aplicación en el cálculo de hallar la capacidad de carga admisible del suelo para el correcto diseño de cimentaciones superficiales.

### **3.2. Población y/o muestra de estudio**

#### **3.2.1. Población**

Para realizar el presente trabajo de investigación, nos dirigimos al sector 12 San Antonio en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, una zona de estudio que cuenta con un área demográfica de 175.6 Km<sup>2</sup>, la cual está en constante crecimiento poblacional alcanzando un promedio de 122,247 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2017.

#### **3.2.2. Muestra**

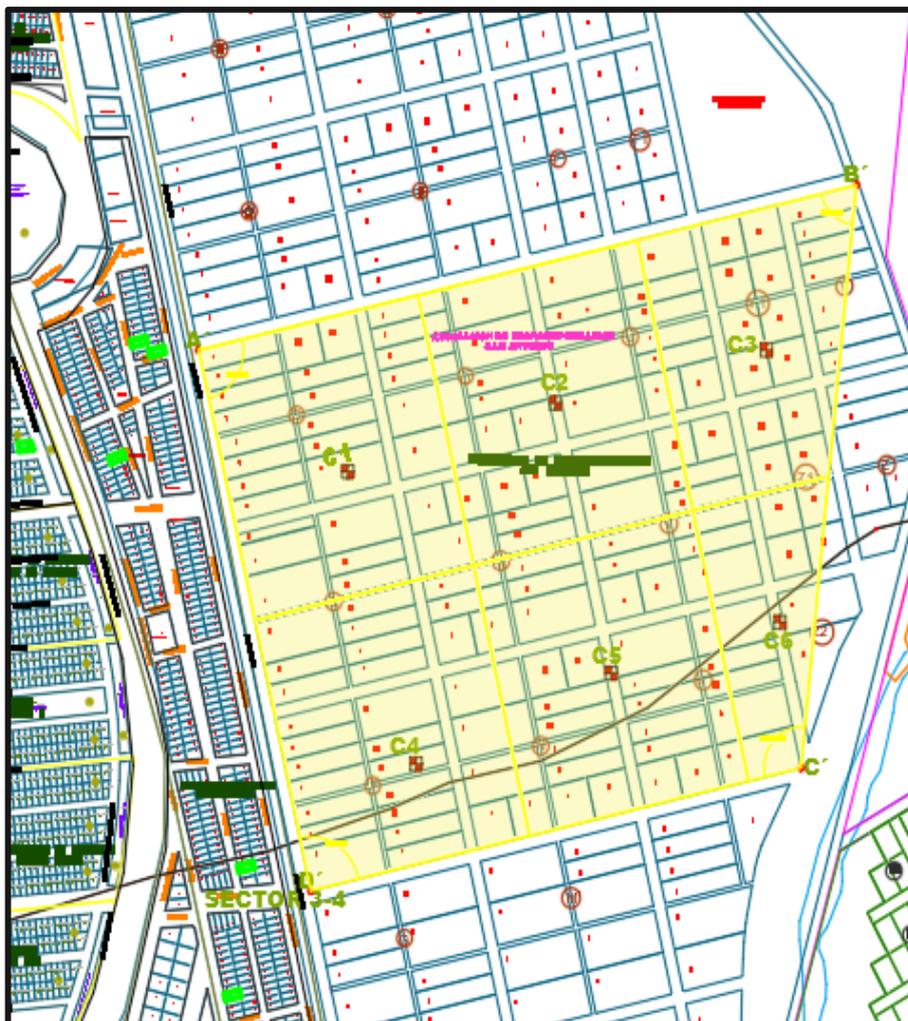
La zona de estudio se encuentra ubicada en el sector 12 San Antonio en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, cabe señalar que el sector fue delimitado acorde a los planos de ubicación y zonificación.

Para la obtención de las muestras se realizaron 10 excavaciones con una profundidad promedio de 2 metros, se recogieron muestras de cada calicata para llevarlas laboratorio de suelos y realizar los ensayos de laboratorio.

Se ubicó los puntos de investigación con la ayuda del GPS y se tomó como referencia la Norma E.050, en donde hace mención la cantidad de puntos a investigar en función al tipo de edificación y el área de la superficie a ocupar.

### Figura 19.

*Plano de ubicación de las calicatas.*



*Nota:* Plano de ubicación del área de estudio. (Municipalidad Distrital de G. Albarracín, 2015).

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 6**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Variable independiente</b>			
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	Se enfoca en las propiedades del suelo con respecto a su resistencia	Conocimiento teórico de capacidad de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de seguridad</li> <li>• Normas para ensayos</li> <li>• Tipos de falla</li> <li>• Modelo mecánico de Khristianovich</li> </ul>
<b>Variable dependiente</b>			
CIMENTACIONES SUPERFICIALES	En la que el plano de contacto entre la estructura y el terreno están por debajo del terreno natural	Conocimiento acerca del diseño de cimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad de desplante</li> <li>• Tipos de cimentación</li> <li>• Tipos de suelo</li> </ul>

*Nota:* Cuadro de variables. Elaboración propia.

### 3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Antes de la realización de calicatas, tomas de muestra y procedimiento de ensayos se tomó muy en cuenta la Norma E.050 de suelos y cimentaciones, y para el procesamiento de datos acudimos a la herramienta excel mediante una hoja de cálculo para la presentación de resultados y gráficos detalladamente.

#### **Figura20.**

*Toma de muestras de las calicatas con GPS.*



*Nota:* Identificación del área de estudio. Elaboración propia.

**Figura 21.**

*Reconocimiento del terreno.*



*Nota:* Identificación del área de estudio. Elaboración propia.

**Figura 22.**

*Reconocimiento del terreno.*



*Nota:* Identificación del área de estudio. Elaboración propia.

### 3.4.1. Técnicas

Para determinar la cantidad de calicatas a realizar, se tomó en cuenta las indicaciones de la norma E.050, donde se hace referencia que para las construcciones urbanas de viviendas unifamiliares se realizará 3 calicatas por cada hectárea, para ello se realizó la identificación de calicatas con la ayuda de un GPS, tomando coordenadas determinamos un área de 463216.72 m<sup>2</sup> en el sector 12 Asociación San Antonio.

**Tabla 7**

*Número de puntos de exploración*

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

*Nota:* Tabla de tipo de edificación u obra. (NTP E 0.50, 2018)

Para la investigación de la tesis se realizaron 10 excavaciones (calicata), con nomenclatura de C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-A, C-B, C-C, C-D, donde cada calicata presenta los ensayos de densidad in-situ, granulometría, límite líquido, límite plástico, densidad relativa y en 6 calicatas se desarrollaron ensayos especiales, para la determinación de capacidad de carga admisible del suelo en sector 12 Asociación San Antonio Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

**Figura 23.**

*Identificación de las calicatas.*



*Nota:* Identificación de las calicatas realizadas en campo. Elaboración propia.

**Figura 24.**

*Corroborando la altura de la calicata C – 6 con wincha de 5m.*



*Nota:* Realizando la comprobación de profundidad de excavación de la calicata. Elaboración Propia.

### 3.4.1.1. Técnica de laboratorio

Se han realizado ensayos físicos y mecánicos del suelo en un laboratorio, bajo la supervisión de técnicos especializados, utilizando la normativa american society for testing materials (ASTM) y la Norma técnica peruana (NTP).

**Tabla 8**

*Normas de referencia para ensayos en laboratorio.*

Ensayo	Uso	Norma de referencia				Propósito del ensayo
		MTC	AASHTO	ASTM	NTP	
Contenido de humedad	Clasificación	E-108	T 265	D-2216	339.127	Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados.
Análisis granulométrico por tamizado	Clasificación	E-107	T 88	D-422	339.128	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite líquido	Clasificación	E-110	T 89	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Límite plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Índice plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Método de clasificación de suelos	Clasificación	-	-	D-2487	339.134	Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería.
Densidad in situ	Clasificación	E-117	T 191	D-1556	339.143	Determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

*Nota:* Normas de ensayos de laboratorio. (NTP E.050, 2018)

#### 3.4.1.2. Técnica de gabinete

Para el informe de tesis descrito, el trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de la data obtenida en campo, de los ensayos in situ y ensayos de laboratorio.

Se realizaron formatos de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y en campo. Los trabajos también incluyeron la elaboración de planos de ubicación de las calicatas.

#### 3.4.2. Instrumentos y equipos

Los instrumentos y equipos que se utilizaron para el estudio del tipo de suelo del Sector 12 San Antonio son:

##### **Instrumentos y equipos utilizados en campo:**

- GPS: Equipo empleado para ubicar coordenadas.
- Cámara fotográfica para el panel fotográfico.
- Equipos para realización de ensayo in situ.
- Cono de densidad
- Retro Excavadora: Maquinaria utilizada para la excavación de las calicatas, dicha excavación duro 4 horas.
- Plano con coordenadas de las ubicaciones de las calicatas.
- Libreta de campo.
- Wincha para medir la profundidad de la calicata.
- Lampa.
- Sacos.
- Pizarra.

##### **En laboratorio:**

Los materiales y equipos utilizados en el laboratorio de mecánica de suelos son: Set de tamices, materiales de vidrio, Copa de Casagrande, horno, balanza y accesorios.

##### **En gabinete:**

Material de escritorio, impresora, laptop y los siguientes softwares fueron utilizados en dicho estudio:

- AutoCAD 2019: herramienta de dibujo digital.
- Excel 2019: hoja de cálculo.
- Word 2019: Hoja de escritura.
- Google Earth: Mapa de ubicación de calicatas.

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Procesamiento y análisis de campo

La fase de campo se inició con el reconocimiento del terreno y la posterior ubicación de las calicatas donde se realizarían las excavaciones. Se han realizado 10 calicatas, las cuales fueron distribuidas en áreas tributarias ubicadas en el Sector 12 Asociación San Antonio Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

#### Figura 25.

*Ubicación de las calicatas con el plano.*



*Nota:* Identificación de las calicatas a realizar en el área de estudio.  
Elaboración Propia.

Una vez ya ubicado las calicatas, se realizó el procedimiento de excavación con la maquinaria (retro excavadora), en total se realizaron 10 calicatas distribuidas en la zona de estudio.

Finalizando la excavación con la maquinaria, se realizó la recolección de la muestra, para poder llevarlo al laboratorio y realizar los estudios de mecánica suelos y poder determinar la capacidad de carga ultima en el sector 12 San Antonio.

**Figura 26.**

*Excavación de las calicatas con la retro excavadora.*



*Nota:* Retroexcavadora realizando la excavación de las calicatas.  
Elaboración Propia.

A continuación, se detalla las calicatas con sus coordenadas y profundidad respectiva.

**Tabla 9**

*Coordenadas UTM de calicatas exploradas para el proyecto*

CALICATA	COORDENADAS		PROFUNDIDAD DE CALICATA (METROS)
	UTM WGS - 84		
	ESTE	NORTE	
C-A	8002581.1666	369011.2831	3.00
C-B	8002773.1394	369855.0301	3.00
C-C	8002095.4290	369784.0728	3.00
C-D	8001952.5000	369155.1157	3.00
C-1	8002439.9360	369202.4024	3.00
C-2	8002519.8620	369468.9095	3.00
C-3	8002581.4345	369739.7735	3.00
C-4	8002099.9600	369290.0984	3.00
C-5	8002205.5000	369540.3558	3.00
C-6	800226.7992	369757.1912	3.00

*Nota:* Datos generales de las calicatas realizadas. Elaboración Propia

### 3.5.2. Procesamiento y análisis de laboratorio

Posteriormente se realizaron los ensayos para cada una de las muestras extraídas, las cuales fueron:

- (10) Contenido de Humedad.
- (10) Densidad in-situ.
- (10) Límites de Atterberg.
- (10) Análisis granulométrico por tamizado.
- (06) Densidad mínima.
- (06) Densidad máxima.

### 3.5.3. Procesamiento y análisis de gabinete

En la investigación se realizaron 10 excavaciones (calicatas), para la realización de los ensayos de límite líquido, límite plástico, densidad in-situ, densidad mínima, densidad máxima y se determinó la clasificación de SUCS (ASTM D – 2487) y AASHTO, los resultados obtenidos se encuentran en la tabla N° 18.

Unidad Experimental: Suelo del Sector 12 Asociación San Antonio  
- Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

Tratamientos : Ensayos de laboratorio.

Factores fijos : Normas técnicas correspondientes (RNE)

Variable de Respuesta: Determinación de la capacidad de carga admisible.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo fueron determinadas por los siguientes ensayos de laboratorio.

### 4.1. Ensayos de laboratorio

Se realizó el estudio de 10 calicatas, con una profundidad promedio de 3.00 m. En cada calicata se verifico el contenido de humedad, Densidad In situ, Limite líquido, limite plástico, análisis granulométrico y se realizaron ensayos de densidades mínimas y máximas para 6 calicatas debido a que suelo del Sector 12 San Antonio, es un suelo de material granular.

#### 4.1.1. Densidad In Situ

Se realizó el ensayo de densidad in situ en las 10 calicatas propuestas, en la zona del sector 12 San Antonio.

Resultados del ensayo de densidad in situ (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Resultados de los ensayos de laboratorio de Densidad in situ.*

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Densidad del suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad del suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	E-01	3.00	1.95	1.94
C-2	E-02	3.00	1.91	1.88
C-3	E-03	3.00	1.96	1.94
C-4	E-04	3.00	1.96	1.93
C-5	E-05	3.00	1.92	1.89
C-6	E-06	3.00	1.90	1.88
C-A	E-07	3.00	1.94	1.92
C-B	E-08	3.00	1.94	1.91
C-C	E-09	3.00	1.91	1.89
C-D	E-10	3.00	1.92	1.90

*Nota:* Ensayo de laboratorio de densidad in situ. Elaboración propia.

#### 4.1.2. Contenido de humedad

Se realizó el ensayo de contenido de humedad y se obtuvieron los siguientes resultados que pueden apreciar en la (tabla 11).

##### Figura 27.

Colocación de la muestra en el horno para realizarle el secado.



*Nota:* Colocación de la muestra en el horno. Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Ensayos de contenido de humedad.*

Calicata	Contenido de humedad natural (%)
C-1	1.11
C-2	1.38
C-3	1.02
C-4	0.80
C-5	1.19
C-6	0.79
C-A	1.42
C-B	1.25
C-C	0.95
C-D	0.92

*Nota:* Contenido de humedad. Elaboración propia

### 4.1.3. Límite de Atterberg

En dicho ensayo se muestran los resultados obtenidos de límite líquido (LL), Límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP).

**Figura 28.**

*Ensayos de límites de Atterberg.*



*Nota:* Realizando el ensayo de casa grande. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente (tabla 12):

**Tabla 12**

*Ensayos de Límite de Atterberg*

<b>Calicata</b>	<b>LP</b>	<b>LL</b>	<b>IP</b>
C-1	N.P.	N.P.	N.P.
C-2	N.P.	N.P.	N.P.
C-3	N.P.	N.P.	N.P.
C-4	N.P.	N.P.	N.P.
C-5	N.P.	N.P.	N.P.
C-6	N.P.	N.P.	N.P.
C-A	N.P.	N.P.	N.P.
C-B	N.P.	N.P.	N.P.
C-C	N.P.	N.P.	N.P.
C-D	N.P.	N.P.	N.P.

*Nota:* Resultados de los ensayos de Limite de atterberg.

Elaboración propia

#### 4.1.4. Clasificación del suelo según el sistema de SUCS y AASHTO

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico para 10 calicatas, se determinó la clasificación SUCS y la clasificación AASHTO.

**Figura 29.**

*Ensayo de granulometría.*



*Nota:* Realizando ensayo de granulometría. Elaboración propia.

**Tabla 13**

*Ensayos según el sistema SUCS y AASHTO*

Calicata	CLASIFICACION	
	SUCS	AASHTO
C-1	GP	A-1 a(0)
C-2	GP	A-1 a(0)
C-3	GP	A-1 a(0)
C-4	GP	A-1 a(0)
C-5	GP	A-1 a(0)
C-6	GP	A-1 a(0)
C-A	GP	A-1 a(0)
C-B	GP	A-1 a(0)
C-C	GP	A-1 a(0)
C-D	GP	A-1 a(0)

*Nota:* Resultado de los ensayos del sistema SUCS y AASHTO.

Elaboración propia

#### 4.1.5. Densidad Mínima

El ensayo de densidad mínima se realizó en 6 calicatas, se llevó a cabo con el material extraído de la zona de estudio y se trabajó con un recipiente para medir la densidad mínima, dichas respuestas se encuentran en la (tabla 14).

**Tabla 14**

*Resultados de los ensayos de densidad mínima.*

Calicata	Profundidad (m)	Densidad mínima (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	2.00	1.760
C-3	2.00	1.810
C-5	2.00	1.730
C-A	2.00	1.778
C-B	2.00	1.769
C-D	2.00	1.755

*Nota:* Resultados de ensayo de densidad mínima. Elaboración propia.

#### 4.1.6. Densidad máxima

El ensayo de densidad máxima se realizó en 6 calicatas, se llevó a cabo con el material extraído de la zona de estudio y se trabajó con un recipiente para determinar la densidad máxima, dichas respuestas se encuentran en la (tabla 15).

**Tabla 15**

*Resultados de los ensayos de densidad máxima.*

Calicata	Profundidad (m)	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	3.00	2.077
C-3	3.00	2.081
C-5	3.00	2.075
C-A	3.00	2.078
C-B	3.00	2.075
C-D	3.00	2.078

*Nota:* Resultados de los ensayos de densidad máxima. Elaboración propia.

#### 4.1.7. Densidad relativa

El ensayo de densidad relativa se tomó en consideración densidades mínimas, densidades máximas y la densidad in-situ, dichas respuestas se encuentran en la (tabla 16).

$$Dr = \left( \frac{\rho_d - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \right) \left( \frac{\rho_{max}}{\rho_d} \right) \quad (44)$$

**En donde:**

- Dr = Densidad Relativa.
- $\rho_d$  = Densidad seca natural o in situ del suelo.
- $\rho_{máx}$  = Densidad seca máxima del suelo
- $\rho_{mín}$  = Densidad seca mínima del suelo.

**Tabla 16**

*Resultado de los ensayos de densidad relativa.*

Calicata	Profundidad (m)	Densidad Relativa (%)
C-1	3.00	51.50
C-3	3.00	51.70
C-5	3.00	50.90
C-A	3.00	51.20
C-B	3.00	50.10
C-D	3.00	49.10

*Nota:* Resultados de los ensayos de densidad relativa. Elaboración propia.

La densidad relativa es la determinación de grado de compacidad de un suelo y se puede emplear para determinar el ángulo de fricción interno.

#### 4.1.8. Método indirecto para determinar el ángulo de fricción

Para la obtención del Angulo de fricción interna, se utilizó el método indirecto de densidad relativa y la teoría de Meyerhof, la cual explica que los suelos granulares con menos y más de 5 % de finos pasante la malla N° 200 el ángulo de fricción se determina mediante:

- Angulo de Fricción =  $30 + 0.15 \cdot Dr$  (suelos con menos de 5 % de finos).

**Donde:**

Dr: Densidad relativa

- **Tabla de resultados del ángulo de fricción:**

**Tabla 17**

*Resultados de ángulo de fricción*

<b>Calicata</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Angulo de fricción (°)</b>
C-1	3.00	37.73°
C-3	3.00	37.76°
C-5	3.00	37.64°
C-A	3.00	37.68°
C-B	3.00	37.52°
C-D	3.00	37.37°

*Nota:* Elaboración propia.

**Tabla 18***Resumen de los ensayos de laboratorio*

CALICATA	COORDENADAS		PLASTICIDAD			DENSIDAD DE CAMPO (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad mínima (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad R. (%)	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION	
	ESTE	NORTE	LL	LP	IP						SUCS	AASHTO
C - A	8002581.1666	369011.2831	N.P.	N.P.	N.P.	1.92	1.778	2.078	51.20	1.42	GP	A-1 a(0)
C - B	8002773.1394	369855.0301	N.P.	N.P.	N.P.	1.91	1.769	2.075	50.10	1.25	GP	A-1 a(0)
C - C	8002095.4290	369784.0728	N.P.	N.P.	N.P.	1.89	-	-	-	0.95	GP	A-1 a(0)
C - D	8001952.5000	369155.1157	N.P.	N.P.	N.P.	1.90	1.755	2.078	49.10	0.92	GP	A-1 a(0)
C - 1	8002439.9360	369202.4024	N.P.	N.P.	N.P.	1.94	1.76	2.077	51.50	1.11	GP	A-1 a(0)
C - 2	8002519.8620	369468.9095	N.P.	N.P.	N.P.	1.88	-	-	-	1.38	GP	A-1 a(0)
C - 3	8002581.4345	369739.7735	N.P.	N.P.	N.P.	1.94	1.81	2.081	51.70	1.02	GP	A-1 a(0)
C - 4	8002099.9600	369290.0984	N.P.	N.P.	N.P.	1.93	-	-	-	0.80	GP	A-1 a(0)
C - 5	8002205.5000	369540.3558	N.P.	N.P.	N.P.	1.89	1.73	2.075	50.90	1.19	GP	A-1 a(0)
C - 6	800226.7992	369757.1912	N.P.	N.P.	N.P.	1.88	-	-	-	0.79	GP	A-1 a(0)

*Nota:* Resultados de los ensayos que se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos. Elaboración propia.

## 4.2. Capacidad de carga admisible

Para realizar el cálculo de la capacidad de carga admisible, se utilizó los valores determinados mediante los ensayos de laboratorio que se muestran en la tabla N 18.

### 4.2.1. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-1.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . N_c + S_q . q . N_q + 0.4 S_g . B . P_e . N_g$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA 01
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.910
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.76
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	51.50
Angulo de friccion ( $\phi$ )	G°	37.73
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.95
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coefficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	Lb/pulg2	10000

**Tabla 19**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<b>Asentamiento metodo elastico</b>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C - 1</b>	1.00	1.00	1.00	169.33	5.76	0.461	0.630	0.315	0.534
<b>C - 1</b>	1.00	1.50	1.50	201.54	6.85	0.824	1.125	0.562	0.954
<b>C - 1</b>	1.00	2.00	2.00	233.75	7.95	1.274	1.740	0.870	1.476
<b>C - 1</b>	1.00	2.50	2.50	265.95	9.04	1.811	2.474	1.237	2.099
<b>C - 1</b>	1.00	3.00	3.00	298.16	10.13	2.437	3.329	1.664	2.823

*Nota: Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.*

**Tabla 20**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<b>Asentamiento metodo elastico</b>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-1</b>	1.50	1.00	1.00	221.78	7.54	0.604	0.825	0.413	0.700
<b>C-1</b>	1.50	1.50	1.50	253.99	8.63	1.038	1.418	0.709	1.203
<b>C-1</b>	1.50	2.00	2.00	286.20	9.73	1.559	2.130	1.065	1.807
<b>C-1</b>	1.50	2.50	2.50	318.41	10.82	2.169	2.962	1.481	2.513
<b>C-1</b>	1.50	3.00	3.00	350.62	11.92	2.866	3.914	1.957	3.320

*Nota: Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.*

**Tabla 21**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<b>Asentamiento metodo elastico</b>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-1</b>	2.00	1.00	1.00	274.23	9.32	0.747	1.020	0.510	0.866
<b>C-1</b>	2.00	1.50	1.50	306.44	10.42	1.252	1.711	0.855	1.451
<b>C-1</b>	2.00	2.00	2.00	338.65	11.51	1.845	2.520	1.260	2.138
<b>C-1</b>	2.00	2.50	2.50	370.86	12.61	2.526	3.450	1.725	2.926
<b>C-1</b>	2.00	3.00	3.00	403.07	13.70	3.294	4.500	2.250	3.817

*Nota: Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.*

#### 4.2.2. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-3.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA 03
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.940
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.81
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	51.70
Angulo de friccion ( $\phi$ )	G°	37.76
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.96
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	Lb/pulg2	10000

**Tabla 22**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad*

Calicata	Df (m)	L(m) Largo	B (m) Ancho	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-3	1.00	1.00	1.00	156.62	3.19	0.256	0.350	0.175	0.297
C-3	1.00	1.50	1.50	182.21	3.72	0.447	0.610	0.305	0.518
C-3	1.00	2.00	2.00	207.79	4.24	0.679	0.928	0.464	0.787
C-3	1.00	2.50	2.50	233.38	4.76	0.954	1.303	0.651	1.105
C-3	1.00	3.00	3.00	258.96	5.28	1.270	1.735	0.867	1.471

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 23**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-3</b>	1.50	1.00	1.00	209.34	4.27	0.342	0.467	0.234	0.396
<b>C-3</b>	1.50	1.50	1.50	234.93	4.79	0.576	0.787	0.393	0.667
<b>C-3</b>	1.50	2.00	2.00	260.52	5.31	0.852	1.163	0.582	0.987
<b>C-3</b>	1.50	2.50	2.50	286.10	5.83	1.169	1.597	0.798	1.355
<b>C-3</b>	1.50	3.00	3.00	311.69	6.36	1.529	2.088	1.044	1.771

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 24**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-3</b>	2.00	1.00	1.00	262.07	5.34	0.428	0.585	0.293	0.496
<b>C-3</b>	2.00	1.50	1.50	287.65	5.87	0.705	0.963	0.482	0.817
<b>C-3</b>	2.00	2.00	2.00	313.24	6.39	1.024	1.399	0.699	1.186
<b>C-3</b>	2.00	2.50	2.50	338.83	6.91	1.385	1.891	0.946	1.604
<b>C-3</b>	2.00	3.00	3.00	364.41	7.43	1.787	2.441	1.220	2.070

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

#### 4.2.3. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-5.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA 05
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.890
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.73
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	50.90
Angulo de fricción ( $\phi$ )	G°	37.64
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.92
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coefficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	Lb/pulg2	10000

**Tabla 25**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad*

Calicata	Df (m)	L(m) Largo	B (m) Ancho	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento método elástico			
						S(cm) Rígida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-5	1.00	1.00	1.00	153.42	3.13	0.251	0.343	0.171	0.291
C-5	1.00	1.50	1.50	178.49	3.64	0.438	0.598	0.299	0.507
C-5	1.00	2.00	2.00	203.55	4.15	0.665	0.909	0.454	0.771
C-5	1.00	2.50	2.50	228.61	4.66	0.934	1.276	0.638	1.082
C-5	1.00	3.00	3.00	253.68	5.17	1.244	1.699	0.850	1.441

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 26**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-5</b>	1.50	1.00	1.00	205.07	4.18	0.335	0.458	0.229	0.388
<b>C-5</b>	1.50	1.50	1.50	230.14	4.69	0.564	0.771	0.385	0.654
<b>C-5</b>	1.50	2.00	2.00	255.20	5.20	0.834	1.140	0.570	0.967
<b>C-5</b>	1.50	2.50	2.50	280.26	5.72	1.145	1.564	0.782	1.327
<b>C-5</b>	1.50	3.00	3.00	305.33	6.23	1.497	2.045	1.023	1.735

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 27**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-5</b>	2.00	1.00	1.00	256.72	5.24	0.420	0.573	0.287	0.486
<b>C-5</b>	2.00	1.50	1.50	281.78	5.75	0.691	0.944	0.472	0.800
<b>C-5</b>	2.00	2.00	2.00	306.85	6.26	1.003	1.370	0.685	1.162
<b>C-5</b>	2.00	2.50	2.50	331.91	6.77	1.356	1.853	0.926	1.571
<b>C-5</b>	2.00	3.00	3.00	356.97	7.28	1.751	2.391	1.196	2.028

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

#### 4.2.4. Determinación de la capacidad de carga admisible Calicata C-A.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA A
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.920
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.78
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	51.20
Angulo de fricción ( $\phi$ )	G°	37.68
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.94
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coeficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	Lb/pulg2	10000

**Tabla 28**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.*

Calicata	Df (m)	L(m) Largo	B (m) Ancho	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rígida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-A	1.00	1.00	1.00	155.02	3.16	0.253	0.346	0.173	0.294
C-A	1.00	1.50	1.50	180.35	3.68	0.442	0.604	0.302	0.512
C-A	1.00	2.00	2.00	205.67	4.19	0.672	0.918	0.459	0.779
C-A	1.00	2.50	2.50	231.00	4.71	0.944	1.289	0.645	1.094
C-A	1.00	3.00	3.00	256.32	5.23	1.257	1.717	0.858	1.456

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 29**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m) Largo</i>	<i>B (m) Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm) Rigida</i>	<i>S(cm) Centro</i>	<i>S(cm) Esquina</i>	<i>S(cm) Medio</i>
C-A	1.50	1.00	1.00	207.21	4.23	0.339	0.463	0.231	0.392
C-A	1.50	1.50	1.50	232.53	4.74	0.570	0.779	0.389	0.661
C-A	1.50	2.00	2.00	257.86	5.26	0.843	1.151	0.576	0.977
C-A	1.50	2.50	2.50	283.18	5.78	1.157	1.581	0.790	1.341
C-A	1.50	3.00	3.00	308.51	6.29	1.513	2.066	1.033	1.753

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 30**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m) Largo</i>	<i>B (m) Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm) Rigida</i>	<i>S(cm) Centro</i>	<i>S(cm) Esquina</i>	<i>S(cm) Medio</i>
C-A	2.00	1.00	1.00	259.39	5.29	0.424	0.579	0.290	0.491
C-A	2.00	1.50	1.50	284.72	5.81	0.698	0.954	0.477	0.809
C-A	2.00	2.00	2.00	310.04	6.32	1.014	1.384	0.692	1.174
C-A	2.00	2.50	2.50	335.37	6.84	1.371	1.872	0.936	1.588
C-A	2.00	3.00	3.00	360.69	7.36	1.769	2.416	1.208	2.049

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

#### 4.2.5. Determinación de la capacidad admisible Calicata C-B.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA B
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.910
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.77
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	50.10
Angulo de fricción (ø)	G°	37.52
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.94
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coefficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	Lb/pulg2	10000

**Tabla 31**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.*

Calicata	Df (m)	L(m) Largo	B (m) Ancho	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-B	1.00	1.00	1.00	155.02	3.16	0.253	0.346	0.173	0.294
C-B	1.00	1.50	1.50	180.35	3.68	0.442	0.604	0.302	0.512
C-B	1.00	2.00	2.00	205.67	4.19	0.672	0.918	0.459	0.779
C-B	1.00	2.50	2.50	231.00	4.71	0.944	1.289	0.645	1.094
C-B	1.00	3.00	3.00	256.32	5.23	1.257	1.717	0.858	1.456

*Nota: Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.*

**Tabla 32**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-B</b>	1.50	1.00	1.00	207.21	4.23	0.339	0.463	0.231	0.392
<b>C-B</b>	1.50	1.50	1.50	232.53	4.74	0.570	0.779	0.389	0.661
<b>C-B</b>	1.50	2.00	2.00	257.86	5.26	0.843	1.151	0.576	0.977
<b>C-B</b>	1.50	2.50	2.50	283.18	5.78	1.157	1.581	0.790	1.341
<b>C-B</b>	1.50	3.00	3.00	308.51	6.29	1.513	2.066	1.033	1.753

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 33**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.*

<i>Calicata</i>	<i>Df (m)</i>	<i>L(m)</i> <i>Largo</i>	<i>B (m)</i> <i>Ancho</i>	<i>Qult.(Tn/m2)</i>	<i>Qadm.(Kg/cm2)</i>	<i>Asentamiento metodo elastico</i>			
						<i>S(cm)</i> <i>Rigida</i>	<i>S(cm)</i> <i>Centro</i>	<i>S(cm)</i> <i>Esquina</i>	<i>S(cm)</i> <i>Medio</i>
<b>C-B</b>	2.00	1.00	1.00	259.39	5.29	0.424	0.579	0.290	0.491
<b>C-B</b>	2.00	1.50	1.50	284.72	5.81	0.698	0.954	0.477	0.809
<b>C-B</b>	2.00	2.00	2.00	310.04	6.32	1.014	1.384	0.692	1.174
<b>C-B</b>	2.00	2.50	2.50	335.37	6.84	1.371	1.872	0.936	1.588
<b>C-B</b>	2.00	3.00	3.00	360.69	7.36	1.769	2.416	1.208	2.049

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

#### 4.2.6. Determinación de la capacidad admisible Calicata C-D.

Para determinar la capacidad de carga admisible se consideraron los siguientes datos.

$$q_u = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$$

DATOS	UNIDAD	CALICATA D
Profundidad	MT	0.00 A 2.00 M.
Clasificación SUCS		GP
Clasificación AASHTO		A-1-a (0)
Densidad seca in-situ (Dd)	GR/CC	1.910
Densidad minima (Dmin)	GR/CC	1.76
Densidad maxima (Dmax)	GR/CC	2.08
Densidad relativa (Dr)	GR/CC	49.10
Angulo de friccion ( $\phi$ )	G°	37.37
Cohesion (C)	KG/C2	0.00
Densidad humeda (Dm)	GR/CC	1.92
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	70.01
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	53.80
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	65.27
Coeficiente de Poisson		0.15
Módulo de elasticidad	lb/pulg2	10000

**Tabla 34**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.00m. de profundidad.*

Calicata	Df (m)	L (largo) (m)	B (ancho) (m)	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-D	1.00	1.00	1.00	153.42	3.13	0.251	0.343	0.171	0.291
C-D	1.00	1.50	1.50	178.49	3.64	0.438	0.598	0.299	0.507
C-D	1.00	2.00	2.00	203.55	4.15	0.665	0.909	0.454	0.771
C-D	1.00	2.50	2.50	228.61	4.66	0.934	1.276	0.638	1.082
C-D	1.00	3.00	3.00	253.68	5.17	1.244	1.699	0.850	1.441

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 35**

*Resultados de la capacidad admisible a 1.50m. de profundidad.*

Calicata	Df (m)	L (largo) (m)	B (ancho) (m)	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-D	1.50	1.00	1.00	205.07	4.18	0.335	0.458	0.229	0.388
C-D	1.50	1.50	1.50	230.14	4.69	0.564	0.771	0.385	0.654
C-D	1.50	2.00	2.00	255.20	5.20	0.834	1.140	0.570	0.967
C-D	1.50	2.50	2.50	280.26	5.72	1.145	1.564	0.782	1.327
C-D	1.50	3.00	3.00	305.33	6.23	1.497	2.045	1.023	1.735

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

**Tabla 36**

*Resultados de la capacidad admisible a 2.00m. de profundidad.*

Calicata	Df (m)	L (largo) (m)	B (ancho) (m)	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
						S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
C-D	2.00	1.00	1.00	256.72	5.24	0.420	0.573	0.287	0.486
C-D	2.00	1.50	1.50	281.78	5.75	0.691	0.944	0.472	0.800
C-D	2.00	2.00	2.00	306.85	6.26	1.003	1.370	0.685	1.162
C-D	2.00	2.50	2.50	331.91	6.77	1.356	1.853	0.926	1.571
C-D	2.00	3.00	3.00	356.97	7.28	1.751	2.391	1.196	2.028

*Nota:* Cuadro de resultados de capacidad admisible. Elaboración propia.

#### 4.2.7. Cuadro comparativo de resultados

De acuerdo a los resultados de mecánica de suelos, se realizó el cuadro comparativo de las dos teorías (Terzaghi y Meyerhof, NTP 050) utilizado para el cálculo de la capacidad de carga admisible, asumiendo un tipo de cimentación cuadrada.

##### a) Norma Técnica Peruana (ntp 050):

$$q_u = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 S_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

c: 0

Df: 1.00 m, 1.50 m, 2.00 m.

B': 1.00 m, 1.50 m, 2.00 m.

##### b) Teoría de Terzaghi:

$$q_u = 1.3 S_c \cdot c \cdot N_c + S_q \cdot q \cdot N_q + 0.4 S_g \cdot B \cdot P_e \cdot N_g$$

c: 0

Df: 1.00 m, 1.50 m, 2.00 m.

$\gamma$ : Densidad natural se indica en la tabla 10.

$\phi$ : Angulo de fricción se indica en la tabla 17.

Se está utilizando un factor de seguridad 5, para el respectivo cálculo de capacidad carga admisible.

##### c) Teoría de Meyerhof

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{ys} F_{yi}$$

c: 0

Df: 1.00 m, 1.50 m, 2.00 m.

$\gamma$ : Densidad natural se indica en la tabla 10.

$\phi$ : Angulo de fricción se indica en la tabla 17.

Se está utilizando un factor de seguridad 5, para el respectivo cálculo de capacidad carga admisible.

Los resultados de presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 37***Resumen de los resultados de capacidad de carga admisible*

CALICATA	Df (m)	L (largo) (m)	B (ancho) (m)	Tipo de suelo	Angulo de friccion	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (kg/cm <sup>2</sup> )		
						Método MEYERHOF	Método TERZAGUI	Método E050
Profundidad de 1.00 m.								
C-01	1.00	1.00	1.00	GP	37.73°	3.97	3.17	3.84
C-03	1.00	1.00	1.00	GP	37.76°	4.03	3.19	3.94
C-05	1.00	1.00	1.00	GP	37.64°	3.87	3.13	3.57
C-A	1.00	1.00	1.00	GP	37.68°	3.93	3.16	3.62
C-B	1.00	1.00	1.00	GP	37.52°	3.83	3.16	3.60
C-D	1.00	1.00	1.00	GP	37.37°	3.70	3.13	3.52
Profundidad de 1.50 m.								
C-01	1.50	1.00	1.00	GP	37.73°	5.61	4.24	4.76
C-03	1.50	1.00	1.00	GP	37.76°	5.70	4.27	4.83
C-05	1.50	1.00	1.00	GP	37.64°	5.47	4.18	4.78
C-A	1.50	1.00	1.00	GP	37.68°	5.56	4.23	4.40
C-B	1.50	1.00	1.00	GP	37.52°	5.42	4.23	4.40
C-D	1.50	1.00	1.00	GP	37.37°	5.23	4.18	4.32
Profundidad de 2.00 m.								
C-01	2.00	1.00	1.00	GP	37.73°	7.46	5.30	5.50
C-03	2.00	1.00	1.00	GP	37.76°	7.57	5.34	5.68
C-05	2.00	1.00	1.00	GP	37.64°	7.27	5.24	5.72
C-A	2.00	1.00	1.00	GP	37.68°	7.40	5.29	5.51
C-B	2.00	1.00	1.00	GP	37.52°	7.21	5.29	5.51
C-D	2.00	1.00	1.00	GP	37.37°	6.96	5.24	5.41

*Nota:* Cuadro de resultados comparativos de capacidad admisible. Elaboración propia.

## CAPITULO V: DISCUSIÓN

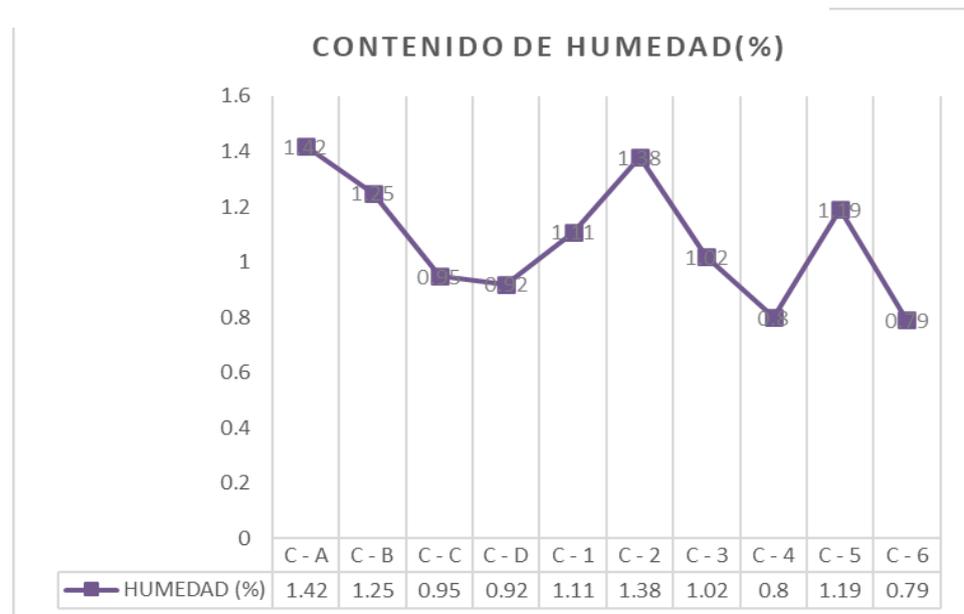
### Trabajos de laboratorio:

En el laboratorio se realizaron ensayos de mecánica de suelos como contenido de humedad, granulometría, límite de atterberg, densidad mínima, densidad máxima y densidad in-situ.

Los resultados de los ensayos de contenido de humedad varían entre 0.79 a 1.42 % de contenido de agua, lo que es considerado como un suelo bajo en porcentaje de humedad, típico de suelos granulares ya que estos no tienen la capacidad de retener gran cantidad de agua.

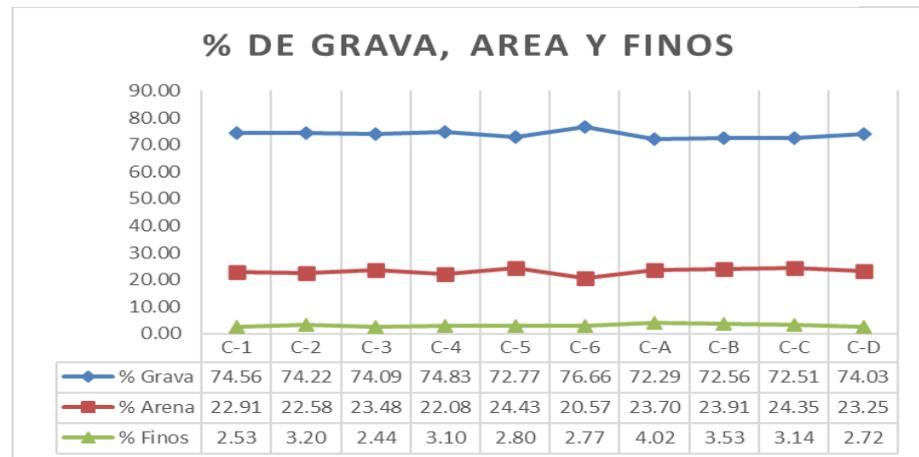
**Figura 30.**

*Resultados del ensayo de contenido de humedad.*



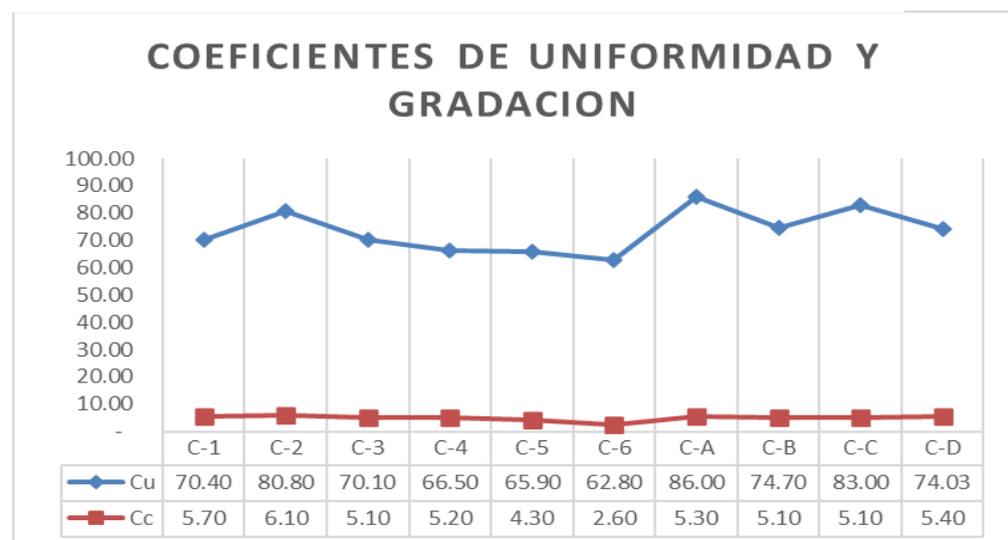
*Nota:* Diagrama de resultados de contenido de humedad, dando como resultado una que la calicata C-A tiene un contenido de humedad de 1.42%. Elaboración propia.

Se realizaron 10 ensayos de análisis de granulometría con fines de determinar el tipo de suelo, se obtuvieron los porcentajes de grava, arena, finos, coeficiente de uniformidad y coeficiente de gradación.

**Figura 31.***Resultados de los ensayos de granulometría.*

*Nota:* Diagrama de resultados de porcentaje de grava, arena y finos.  
Elaboración propia.

De la recopilación de resultados de los ensayos de suelos granulares se observa claramente en la gráfica 32, que el porcentaje mayor retenido es la grava, que encuentra en un promedio de 75.85% de todo el material utilizado para realizar el ensayo de granulometría.

**Figura 32.***Resultado de los coeficientes.*

*Nota:* Diagrama de coeficiente de uniformidad y gradación. Elaboración propia.

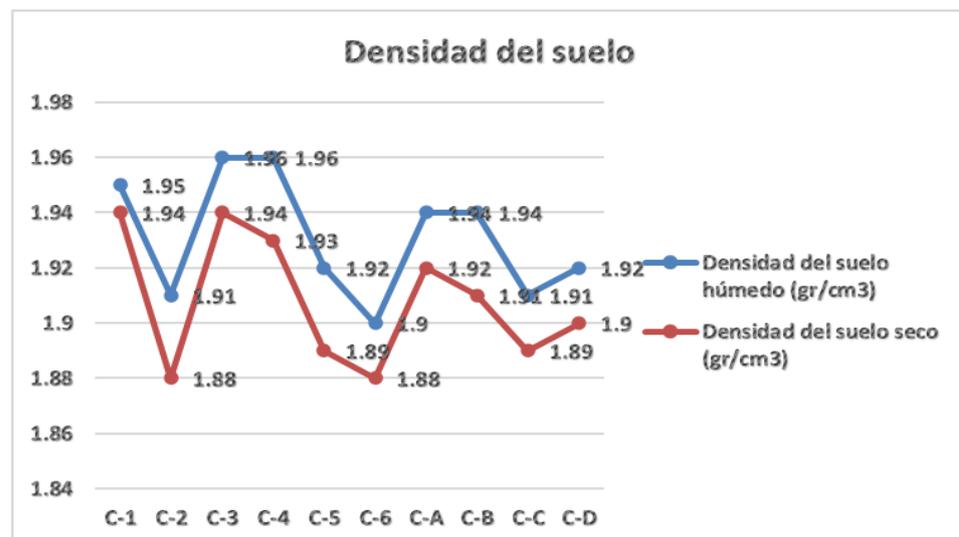
Los coeficientes de uniformidad se obtuvieron mediante la división de D60 sobre D10 y el coeficiente de gradación se obtuvo mediante la división de D60, D30, D10, obteniendo un coeficiente de uniformidad mayor a 4 y un coeficiente de gradación mayor de 3, dándonos como resultado un tipo de suelo mal gradado.

En suelo del sector 12 San Antonio, no presente limite líquido ni limite plástico, cuyos resultados se observan en la tabla 18, debido a que el suelo es un material gravoso.

Densidad in-situ se determinó en campo mediante el cono de arena cuyos resultados se encuentran en promedio de 1.91 gr/cm<sup>3</sup> y la densidad húmeda se determinó en el laboratorio dando como resultado promedio un peso de 1.93 gr/cm<sup>3</sup>.

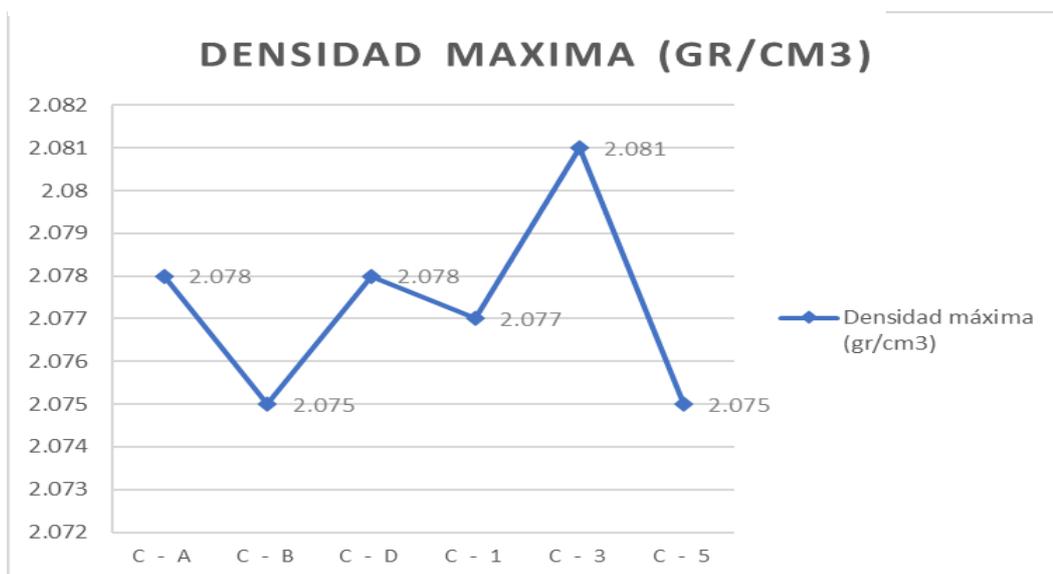
**Figura 33.**

*Densidad del suelo húmedo y seco.*

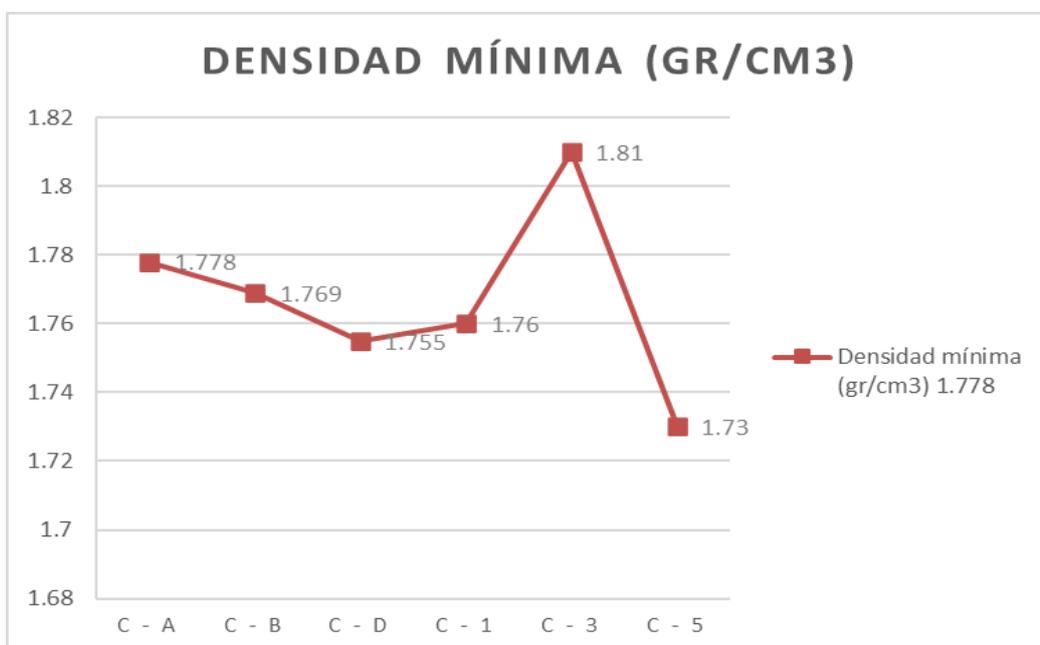


*Nota:* Diagrama de densidades del suelo, dando como resultado que la densidad del suelo húmedo es más pesada que la densidad del suelo seco. Elaboración propia.

Los resultados de los ensayos de densidad mínima y densidad máxima se encuentran en un promedio de 1.77 gr/cm<sup>3</sup> de densidad mínima y 2.08 de densidad máxima, cuyos resultados se observan en la gráfica N° 34 y 35.

**Figura 34.***Densidad máxima.*

*Nota:* Diagrama de resultados de densidad máxima, donde la densidad máxima se encuentra en la calicata C-5. Elaboración propia.

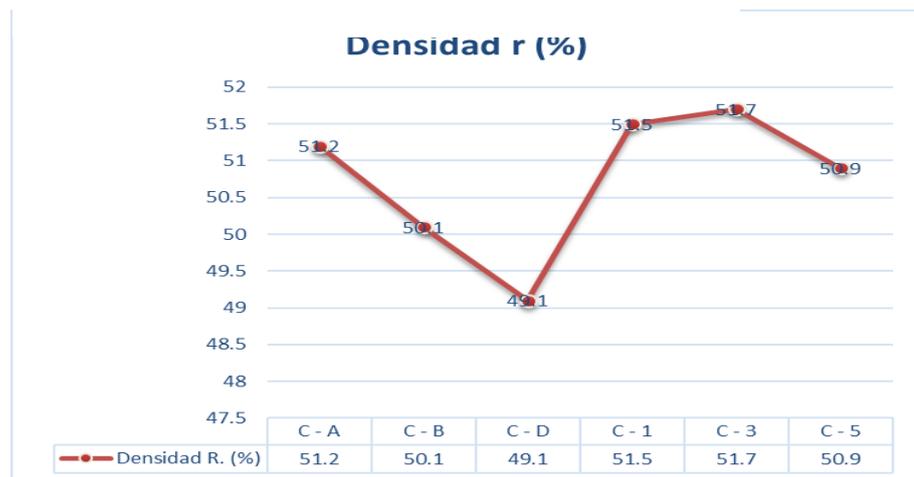
**Figura 35.***Densidad mínima.*

*Nota:* Diagrama de resultados de densidad mínima, donde la densidad mínima más elevada se encuentra en la calicata C-3. Elaboración propia.

Los resultados de la densidad relativa se obtuvieron mediante la ecuación de densidades mínimas y máximas, cuyos resultados se encuentran en un promedio de 50.75 %, dándonos como resultado un estado de empaquetamiento compacto.

**Figura 36.**

*Densidad relativa.*

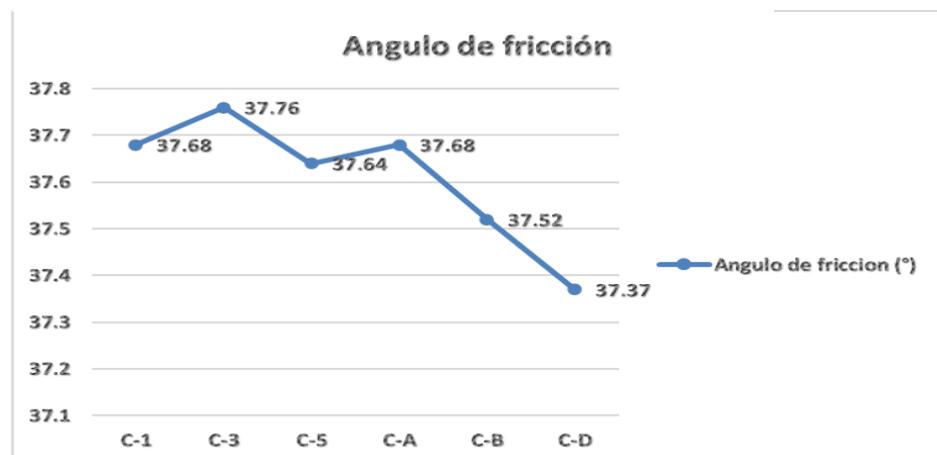


*Nota:* Diagrama de resultados de densidad relativa. Elaboración propia.

Respecto al cálculo del ángulo de fricción interna, debido a la composición del suelo, no se logró realizar los ensayos de corte directo, triaxial, DPL, SPT, de tal manera se aplicó la teoría de Meyerhof, que es aplicable para suelos granulares dando como resultado el ángulo de fricción interno que encuentra entre 37.52° y 37.76°.

**Figura 37:**

*Angulo de fricción de las calicatas.*



*Nota:* Diagrama de resultados del ángulo de fricción. Elaboración propia.

Las propiedades físicas son grava mal gradada con un porcentaje de grava de 76.66 %, no plástico, con un contenido de humedad menor a 5%.

Las propiedades mecánicas del suelo san Antonio, contiene un ángulo de fricción promedio de 37.62°, cohesión nula, módulo de elasticidad de 10000 lb/pugl2.

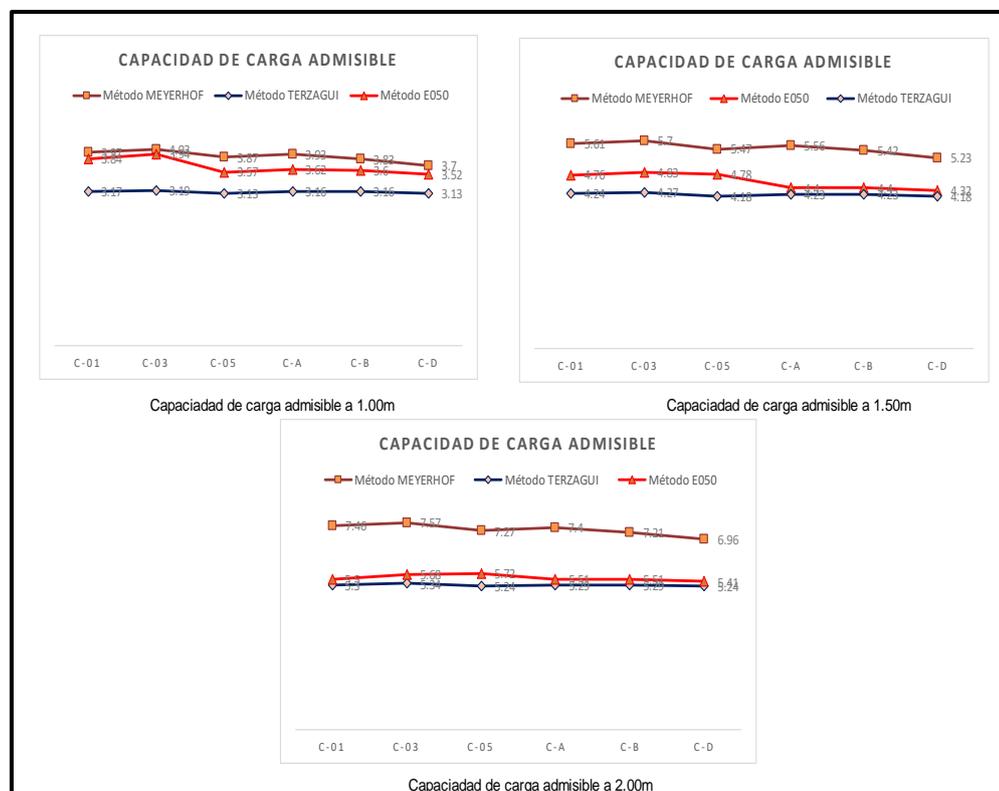
**Análisis de capacidad de carga**

Se obtuvo la capacidad portante del sector 12 – Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, en base a la teoría de Terzaghi, Meyerhof y NTP E050, dichos resultados varían en función de la profundidad de desplante (Df), ángulo de fricción y el área de la cimentación.

Los resultados obtenidos por la teoría de Meyerhof, Terzaghi Y NTP E050, hay una diferencia en función a la profundidad y debido que la teoría de Meyerhof utiliza factores de forma, factores de inclinación y factores profundidad, dichos factores hacen que la capacidad de carga sea más elevada que las otras teorías realizadas y tenga una variación de 0.2 kg/cm3 a una profundidad de 1.00m, 1.10 kg/cm2 a una profundidad de 1.50 m y de 1.50 kg/cm2 a una profundidad de 2.00m.

**Figura 38.**

*Capacidad de carga.*



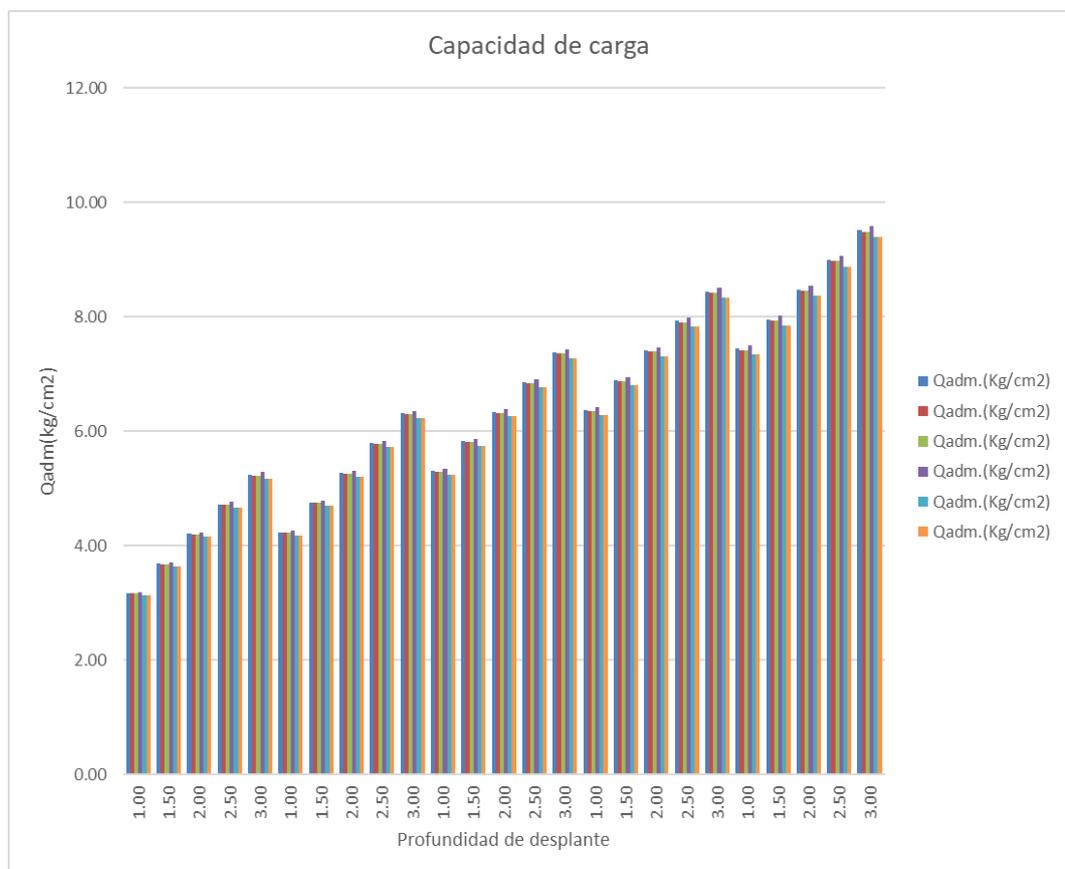
*Nota:* Resultados de la capacidad de carga admisible. Elaboración propia.

El método más confiable es la teoría de Terzaghi es más conservadora porque está en función al ángulo de fricción, densidad húmeda del suelo y los factores de carga ( $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_y$ ).

Los resultados obtenidos por la teoría de Therzaghi se aprecian en la gráfica N° 39, que, a mayor profundidad de desplante, ángulo de fricción y área de cimentación, la capacidad de carga admisible será más elevada.

**Figura 39.**

*Capacidad de carga.*



*Nota:* Diagrama de barras de los resultados de la capacidad de carga a diferentes profundidades de desplante. Elaboración propia.

### **Análisis de asentamiento Elástico**

Se determinó el asentamiento por el método elástico, porque nuestro parámetro de factor de seguridad es de 5, dando como resultado un suelo en estado elástico y no plástico.

Para poder determinar el asentamiento elástico se necesita el Módulo de elasticidad, dicho resultado se obtuvo de los estudios realizados en distintas

investigaciones, dando como resultado un módulo de elasticidad de 70 mega pascales, realizando la conversión de unidades nos da un resultado de 10000 lb/pulg<sup>2</sup> que es para tipo de suelos de rocas duras (Boussinesq, 1842).

**Figura 40.**

*Resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos.*

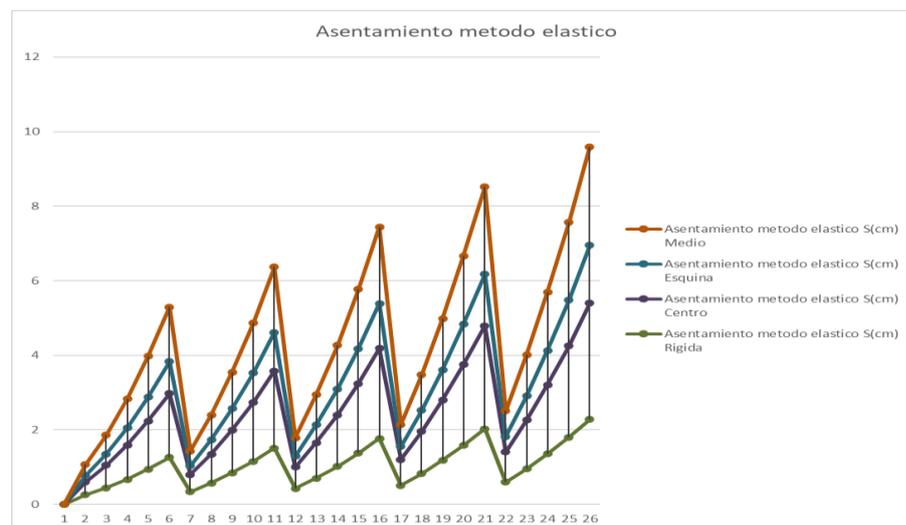
Tipo de suelo	N <sub>SPT</sub>	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	E (MN/m <sup>2</sup> )
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

*Nota:* Cuadro de tipos de suelos para determinar la elasticidad del suelo. (Boussinesq, 1842).

Se obtuvo los resultados de los asentamientos por el método elástico, donde verifico el asentamiento en el medio, esquina, centro y rígido, los cuales están en función del módulo de elasticidad que es 10000 lb/pulg<sup>2</sup> para suelos granulares, relación de poisson que es 0.15, ancho de la cimentación y la carga puntual, dando como resultado un incremento del asentamiento por motivos que incrementa la carga, donde se genera mayor asentamiento es la cimentación media y donde se genera menor asentamiento elástico es la cimentación rígida.

**Figura 41.**

*Asentamiento elástico.*



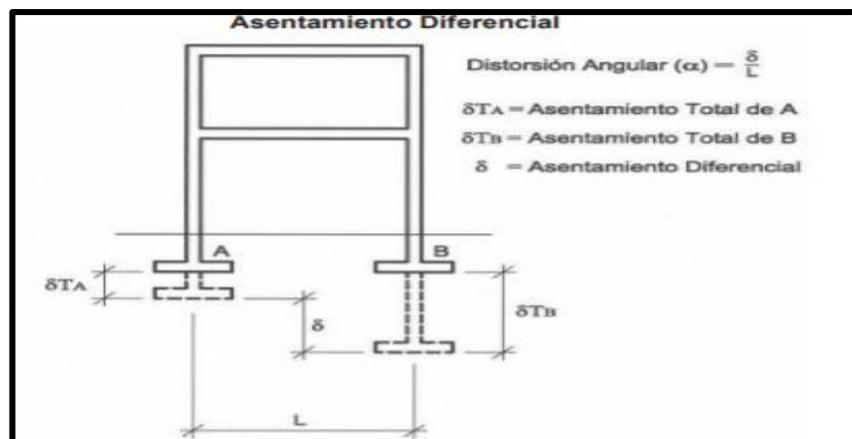
*Nota:* Diagrama de asentamiento elástico. Elaboración propia.

### Asentamientos tolerables según la normativa técnica peruana

Los asentamientos determinados en la presente tesis de investigación se encuentran en la tabla de resultados de capacidad de carga admisible, dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros aceptables por la normativa técnica peruana, para determinar la distorsión angular se tomó los datos del asentamiento de las cimentaciones céntricas y cimentaciones esquinadas porque conllevan a valores mayores y menores

**Figura 42.**

*Asentamiento diferencial.*



*Nota:* Diagrama de asentamiento diferencial. (NTP E.050, 2018).

Se asumió una longitud promedio de separación de zapata entre zapata de 5m de longitud, dando como resultado una distorsión angular menor a las distorsiones establecidas por la normativa técnica peruana dichos parámetros se encuentran en la Figura (42).

**Figura 43.**

*Distorsión angular.*

<b>TABLA N° 3.2.0</b>	
<b>DISTORSION ANGULAR = <math>\alpha</math></b>	
$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCION
1/150	Limite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales
1/250	Limite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede se visible
1/300	Limite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Limite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Limite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígido de concreto cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

*Nota:* Cuadro de resultados de distorsión angular (NTP E.050, 2018)

## CONCLUSIONES

1. Se determinó la capacidad de carga admisible del sector 12 – Asociación San Antonio del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, dichos resultados dependen de la profundidad de desplante (Df), factores de capacidad de carga, ángulo de fricción, cohesión, área de la cimentación y densidad natural, dando como resultado a una capacidad de carga admisible promedio de 3.16 kg/cm<sup>2</sup> para una profundidad Df: 1.00 m, 4.23 kg/cm<sup>2</sup> para profundidad de Df: 1.50m y 5.29 kg/cm<sup>2</sup> para una profundidad de Df: 2.00m.
2. El método más confiable teoría de Terzaghi, utilizando zapatas cuadradas de dimensiones menores o iguales a 2.00 m con una profundidad de desplante que varía entre 1.00m, 1.50m y 2.00m, dando como resultado una capacidad de carga admisible se encuentra en un promedio de 4.25 kg/cm<sup>2</sup> para una profundidad de 1.50 m.
3. Se realizaron los ensayos de laboratorio y se determinó las características del tipo de suelo del Sector 12 – Asociación San Antonio, del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa es: grava mal gradada (GP) según la clasificación de suelos SUCS, con un contenido de humedad promedio de 1.083%, cohesión nula, densidad relativa de 50.75% y una densidad in-situ promedio de 1.90 gr/cm<sup>3</sup>.
4. Las propiedades físicas suelo del Sector 12 – Asociación San Antonio, del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, son brava mal gradada, porcentaje de bolonería de 76.66 %, no plástico, con un contenido de humedad menor a 5%, densidad in-situ promedio de 1.90 gr/cm<sup>3</sup> y las propiedades mecánicas, contiene un ángulo de fricción promedio de 37.62° utilizando la teoría de Meyerhof por medio de densidad relativa, cohesión nula, módulo de elasticidad de 10000 lb/pulg<sup>2</sup>, dichas propiedades físicas y mecánicas son óptimas para cimentaciones superficiales.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en el Sector 12 – Asociación San Antonio del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, se realicen la construcción de viviendas con cimentaciones superficiales ya que los estudios realizados conllevan a un tipo de suelo granular, cuya deformabilidad es baja y tiene una resistencia adecuada para construcción de viviendas multifamiliares.
2. Se recomienda a la Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa, considerar los estudios de mecánica de suelos y cálculos de capacidad carga admisible, realizados en el Sector 12 – Asociación San Antonio, con la finalidad de tomar una mejor decisión en la elección de las cimentaciones superficiales y/o cimentaciones profundas dando como resultado un adecuado diseño de cimentaciones para las viviendas multifamiliares.
3. Se recomienda a las futuras investigaciones realizar el estudio de prueba de carga, debido a que la presente tesis obtuvo el ángulo de fricción interna por medio de la teoría de Meyerhof, afectando la capacidad la carga admisible del sector 12 Asociación San Antonio del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, dicha investigación reafirmaría los resultados obtenidos en la presente tesis.
4. Se recomienda a las futuras investigaciones realizar los ensayos químicos para determinar el (ph) del suelo, contenido de cloruro y contenido de sulfatos, para determinar si el suelo del sector 12 - Asociación San Antonio Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, contiene sales que pueden llegar a dañar las cimentaciones de las viviendas multifamiliares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A0519. (s.f.). Ensayo de suelos y materiales. (artículo)
- Aguilar, c. (2019). Propuesta de cimentación para la construcción de edificaciones en suelos sobre rellenos no controlados en la zona sur este de la ciudad de puno. puno.
- Andino, g. a. (2015). Estudio y analisis del comportamiento estructural de cimentacion del suelo de fundacion, segun la metodologia propuesta por la norma ecuatoriana de la construccion. ambato.
- Astm d3080. (2020). Metodo de ensayo para determinar el corte directo. (artículo)
- Astm d854 aashto t100. (2020). Determinar el peso especifico del particulas. (artículo)
- Braja m. das. (2006). Fundamentos de ingenieria geotecnica. (artículo)
- Calderon, m. (2018). Obras cimentadas sobre rellenos no controlados en el distrito de coronel gregorio albarracín lanchipa, tacna – 2018. tacna.
- Condori, b. (2007). estudio de los suelos con fines de cimentación en la ciudad de huancayo. huancayo.
- Cubas, c. (2007). Estudio comparativo de cimentaciones superficiales y profundas en la ciudad de chiclayo. chiclayo.
- Cueva, j. r. (2018). Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del complejo arqueológico chan chan debido al ascenso del nivel freático. Perú.
- E.050. (2018). Norma tecnica e.050 suelos y cimentaciones. Perú.
- Gepp, j. e. (2004). Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares sometidas a sollicitaciones dinámicas. España.
- Gonzales, I. q. (2017). Determinación de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales sobre bases estratificadas en suelos friccionales. santa clara.
- Guevara, a. b. (2019). Análisis comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para estabilización de un talud en la costa verde. Perú.
- Huanca, s. (2015). Evaluacion de la capacidad predictiva de los metodos de estimacion del comportamiento mecanico de los suelos lacustres de la bahia de puno, para cimentaciones superficiales. puno.
- Huisa, c. (2017). Estudio geotécnico en el análisis del peligro sísmico de la zona norte de la ciudad de tacna. tacna.
- Icg. (2018). Instituto de contrucción y gerencia. (artículo).
- Indeci. (2004). Mapas de peligros de la ciudad de tacna . tacna.
- Jose luis, condori cerezo y edgar rufo gonzales perca. (2018). Caracterizacion del tipo de suelo y problemas especiales de cimentacion de edificaciones de la asociacion delta-pampa colorada distrito gregorio albarracín lanchipa. tacna.

- Karem heidy, d. I. (2007). Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares. Chile.
- Lopez, a. (2011). Análisis y diseño de una cimentación superficial de una estructura. Mexico.
- Martinez, p. (2010). Importancia del estudio del suelo para determinar fundaciones en obras civiles. España.
- Meyerhof. (1963). Capacidad de carga. (artículo)
- NTP 339.162. (2001). Guía estándar para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción. Perú.
- Olivares, j. i. (2016). Estudio de correlaciones para densidad relativa y resistencia al corte de suelos granulares gruesos. Mexico.
- Palacios, o. (2011). Proceso constructivo de una cimentación mixta para un contenedor cilíndrico vertical con capacidad de 10,000 barriles de agua. Veracruzana.
- piquera, v. y. (2020). Procedimiento de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. España.
- Quispe, d. I. (2014). Caracterización dinámica de los suelos en la ciudad de Tacna. Tacna.
- Quispe, r. w. (2007). Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante de suelos, en cimentaciones superficiales, distrito de Pilcomayo en 2017. Perú.
- Rodriguez, a. r. (2005). La ingeniería de los suelos en las vías terrestres. Mexico.
- Romero, j. e. (2019). Respuesta de cimentaciones superficiales bajo condiciones de suelos parcialmente saturado en Quintanilla Pampa, Ascensión - Huancavelica. Huancavelica.
- Salcedo, j. I. (2018). Influencia de las características físicas en la determinación del ángulo de fricción y coeficiente de permeabilidad para arenas mal graduadas en estado saturado. Juliaca.
- Seminario, m. a. (2002). Análisis comparativo de las teorías de capacidad portante por corte de cimentaciones superficiales. Lima.
- Terzaghi. (1943). Factores de capacidad de carga. (artículo)

## ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

<b>Planteamiento del problema</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Método</b>	<b>Estadística</b>
Problema General:	<b>Hipótesis General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Variable Independiente</b>			<b>Toma de muestras</b>
¿Cuál es la capacidad de carga admisible del suelo para fines de cimentación superficial del sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020?	Con los trabajos de campo y gabinete, se tendrá la información que nos permita contar con las herramientas necesarias, para determinar la capacidad de carga admisible y elaborar un correcto diseño de cimentaciones superficiales en el sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2020.	Determinar la capacidad de carga admisible para cimentaciones superficiales del sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna-2020.	✓ Capacidad de Carga Admisible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factor Seguridad</li> <li>Normas para ensayos</li> <li>Tipos de Falla</li> <li>Modelo mecánico de Khristianovich</li> </ul>	Estudio Aplicativo	Ensayos de Laboratorio
Problemas Específicos	<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable Dependiente</b>		<b>Nivel de Investigación</b>	<b>Programas a Utilizar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el método para determina la capacidad de carga admisible del sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín, Provincia Tacna-2020?</li> <li>¿Cómo evaluar la composición del suelo en Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa?</li> <li>¿Qué propiedades físicas y mecánicas se requieren para un adecuado diseño de cimentaciones superficiales en el Sector 12 - Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El método más confiable para determinar la capacidad de carga admisible en el sector 12 San Antonio – Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa es Therzaghi.</li> <li>La composición del suelo del sector 12 - San Antonio distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, son óptimas para las cimentaciones superficiales.</li> <li>Las propiedades físicas y mecánicas del suelo del sector 12 - San Antonio Del Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, se evaluarán y se determinara si son óptimas para la construcción de cimentaciones superficiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los métodos más confiables para predecir la capacidad de carga admisible del Sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.</li> <li>Evaluar la composición del suelo en el Sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.</li> <li>Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el Sector 12 Asociación San Antonio, Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, para proponer una adecuada cimentación superficial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cimentaciones superficiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profundidad de Desplante</li> <li>Tipos de cimentación</li> <li>Tipos de suelo</li> </ul>	Investigación Evaluativa	Hoja de cálculo para presentar los resultados gráficos y valorizados

## Anexo 2 Resultados de los ensayos de laboratorio

	<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b>	
	<b>NORMA M.T.C. E - 117</b>	
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. A - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002581.1666      N-369011.2831	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
<b>CALICATA</b>	<b>UNID.</b>	<b>A</b>
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	14.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7905.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3287.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4618.00
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1544.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3074.00
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2173.97
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4456.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4306.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	412.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3894.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	171.67
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2002.31
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.94
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.22
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.92

Ilustración 1. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. A.

CALICATA	UNID.	B
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	14.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7924.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3295.50
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4628.50
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1529.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3099.50
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2192.01
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4468.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4318.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	358.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3960.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	149.17
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2042.84
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.94
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.31
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.91

Ilustración 2. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. B.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. C - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002095.429      N-369784.0728	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	C
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	14.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7968.10
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3345.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4623.10
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1509.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3114.10
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2202.33
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4450.50
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4300.50
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	462.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3838.50
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	192.50
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2009.83
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.91
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.31
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.89

Ilustración 3. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. C.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. D - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8001952.5      N-369155.1157	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	D
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	13.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	8012.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3389.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4623.00
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1488.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3135.00
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2217.11
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4486.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4336.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	387.20
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3948.80
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	161.33
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2055.78
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.92
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.20
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.90

Ilustración 4. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. D.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 1 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002439.936      N-369202.4024	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	C - 1
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	15.0
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7980
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3320
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4660
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1562
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3098
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.414
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2191
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4483
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4333
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	302
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	4031
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	118
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2073
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.945
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.65
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.91

Ilustración 5. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 1.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 2 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002519.862      N-369468.9095	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
<b>CALICATA</b>	<b>UNID.</b>	<b>02</b>
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	16.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7977.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3359.50
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4617.50
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1459.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3158.50
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2233.73
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4491.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4341.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	401.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3940.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	167.08
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2066.65
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.91
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.35
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.88

Ilustración 6. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 2.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 3 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002581.4345      N-369739.7735	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	C - 3
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	15.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7882.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3351.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4531.00
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1480.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3051.00
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2157.71
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4472.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4322.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	455.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3867.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	189.58
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	1968.13
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.96
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.10
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.94

Ilustración 7. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 3.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 4 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002099.96      N-369290.0984	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
<b>CALICATA</b>	<b>UNID.</b>	<b>C - 4</b>
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	15.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7855.50
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3336.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4519.50
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1456.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3063.50
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2166.55
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4459.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4309.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	388.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3921.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	161.67
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2004.88
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.96
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.21
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.93

Ilustración 8. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 4.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> NORMA M.T.C. E - 117		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 5 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-8002205.5      N-369540.3558	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	C - 5
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	15.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	7989.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3358.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4631.00
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1499.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3132.00
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2214.99
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4499.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4349.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	485.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3864.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	202.08
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2012.91
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.92
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.45
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.89

Ilustración 9. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 5.

		
<b>ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO</b> <b>NORMA M.T.C. E - 117</b>		
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA	
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA No. 6 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.	
<b>COORDENADAS:</b>	E-800226.7992      N-369757.1912	
<b>FECHA:</b>	ENERO DEL 2021	
CALICATA	UNID.	C - 6
UBICACIÓN		CENTRO
LADO DE LA PISTA CONTROLADA		
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA	cm.	13.00
<b>VOLUMEN DEL HOYO :</b>		
PESO DE LA ARENA + FRASCO	gr.	8010.00
PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	gr.	3369.00
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	gr.	4641.00
PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	gr.	1505.00
PESO DE LA ARENA EN EL HOYO	gr.	3136.00
DENSIDAD DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
VOLUMEN DEL HOYO	cm <sup>3</sup>	2217.82
<b>DENSIDAD HUMEDA :</b>		
PESO MUESTRA DEL HOYO + RECIP.	gr.	4457.00
PESO DEL RECIPIENTE	gr.	150.00
PESO MUESTRA EXTRAIDA DEL HOYO	gr.	4307.00
PESO DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	gr.	409.00
PESO DEL MATERIAL MENOR DE 3/4"	gr.	3898.00
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL MAYOR DE 3/4"	gr/cc	2.40
VOLUMEN DE LA PIEDRA MAYOR DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	170.42
VOL. DEL MATERIAL MENOR. DE 3/4"	cm <sup>3</sup>	2047.41
DENSIDAD HUMEDA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.90
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>		
PORCENT. DE HUMED. DE MUESTRA	%	1.25
DENSIDAD SECA IN SITU	gr/cm <sup>3</sup>	1.88

Ilustración 10. Ensayo de densidad In-Situ de la calicata No. 6.



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. A - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002581.1666 N-369011.2831

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1124.29	8.93	8.93	<b>91.07</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60 24.08 CU 86.0</b> <b>D30 5.95 CC 5.3</b> <b>D10 0.28</b> % DE GRAVA 72.29 % DE ARENA 23.70 % DE FINOS 4.02 Clasificación S.U.C.S. GP Clasificación AASHTO A-1-a (0) Peso de la Muestra: 12596.00 gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	683.20	5.42	14.35	<b>85.65</b>		
2"	50.600	664.95	5.28	19.63	<b>80.37</b>		
1 1/2"	38.100	1014.84	8.06	27.69	<b>72.31</b>		
1"	25.400	1316.64	10.45	38.14	<b>61.86</b>		
3/4"	19.050	1129.26	8.97	47.10	<b>52.90</b>		
1/2"	12.700	1031.43	8.19	55.29	<b>44.71</b>		
3/8"	9.525	983.34	7.81	63.10	<b>36.90</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1157.45	9.19	72.29	<b>27.71</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	505.76	4.02	76.30	<b>23.70</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	449.38	3.57	79.87	<b>20.13</b>		
No30	0.590	374.76	2.98	82.85	<b>17.15</b>		
No40	0.420	500.79	3.98	86.82	<b>13.18</b>		
No 50	0.300	346.57	2.75	89.57	<b>10.43</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	477.57	3.79	93.36	<b>6.64</b>		
No200	0.074	329.99	2.62	95.98	<b>4.02</b>		
<b>BASE</b>		<b>505.76</b>	<b>4.02</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>12596.00</b>	<b>100.00</b>				
<b>% PERDIDA</b>							

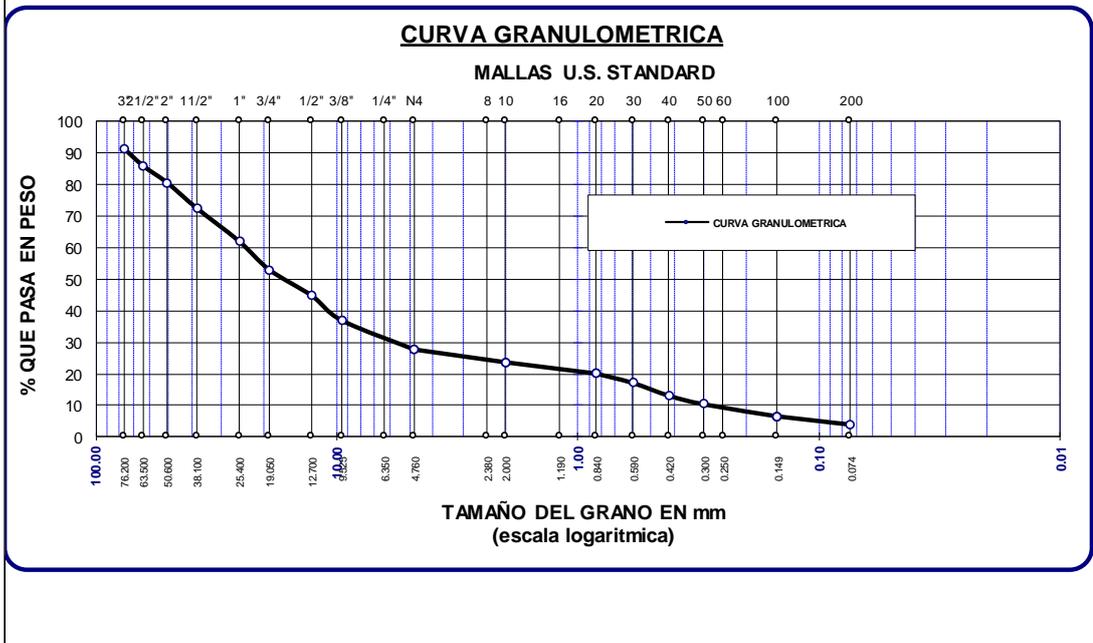


Ilustración 11. Granulométrica de la calicata No. A.



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. B - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002773.1394 N-369855.0301

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1062.15	9.32	9.32	<b>90.68</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60 23.21 CU 74.7</b> <b>D30 6.08 CC 5.1</b> <b>D10 0.31</b> <b>% DE GRAVA 72.56</b> <b>% DE ARENA 23.91</b> <b>% DE FINOS 3.53</b> <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 11394.85 gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	591.89	5.19	14.52	<b>85.48</b>		
2"	50.600	564.32	4.95	19.47	<b>80.53</b>		
1 1/2"	38.100	930.80	8.17	27.64	<b>72.36</b>		
1"	25.400	1201.61	10.55	38.18	<b>61.82</b>		
3/4"	19.050	1018.37	8.94	47.12	<b>52.88</b>		
1/2"	12.700	942.15	8.27	55.39	<b>44.61</b>		
3/8"	9.525	904.85	7.94	63.33	<b>36.67</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1052.42	9.24	72.56	<b>27.44</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	431.35	3.79	76.35	<b>23.65</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	387.56	3.40	79.75	<b>20.25</b>		
No30	0.590	374.59	3.29	83.04	<b>16.96</b>		
No40	0.420	483.24	4.24	87.28	<b>12.72</b>		
No 50	0.300	369.73	3.24	90.52	<b>9.48</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	420.00	3.69	94.21	<b>5.79</b>		
No200	0.074	257.83	2.26	96.47	<b>3.53</b>		
<b>BASE</b>		402.00	3.53	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		11394.85	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							

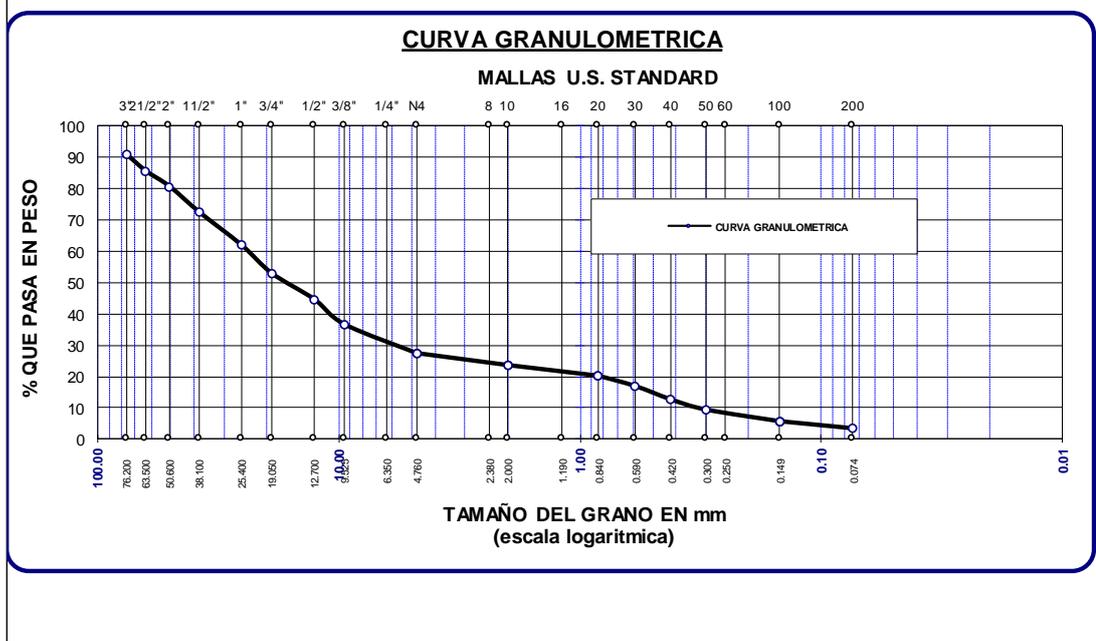


Ilustración 12. Granulométrica de la calicata No. B.



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. C - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002095.429 N-369784.0728

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1149.01	9.23	9.23	90.77		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  D60 24.74 CU 83.0 D30 6.14 CC 5.1 D10 0.30 % DE GRAVA 72.51 % DE ARENA 24.35 % DE FINOS 3.14 Clasificación S.U.C.S. GP Clasificación AASHTO A-1-a (0) Peso de la Muestra: 12454.16 gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	751.28	6.03	15.26	84.74		
2"	50.600	720.34	5.78	21.04	78.96		
1 1/2"	38.100	997.28	8.01	29.05	70.95		
1"	25.400	1244.76	9.99	39.04	60.96		
3/4"	19.050	1137.23	9.13	48.18	51.82		
1/2"	12.700	1034.11	8.30	56.48	43.52		
3/8"	9.525	920.68	7.39	63.87	36.13		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1075.36	8.63	72.51	27.49		
No8	2.380						
No10	2.000	528.84	4.25	76.75	23.25		
No16	1.190						
No20	0.840	440.45	3.54	80.29	19.71		
No30	0.590	444.87	3.57	83.86	16.14		
No40	0.420	381.53	3.06	86.92	13.08		
No 50	0.300	377.11	3.03	89.95	10.05		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	464.02	3.73	93.68	6.32		
No200	0.074	396.26	3.18	96.86	3.14		
<b>BASE</b>		391.00	3.14	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		12454.16	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							

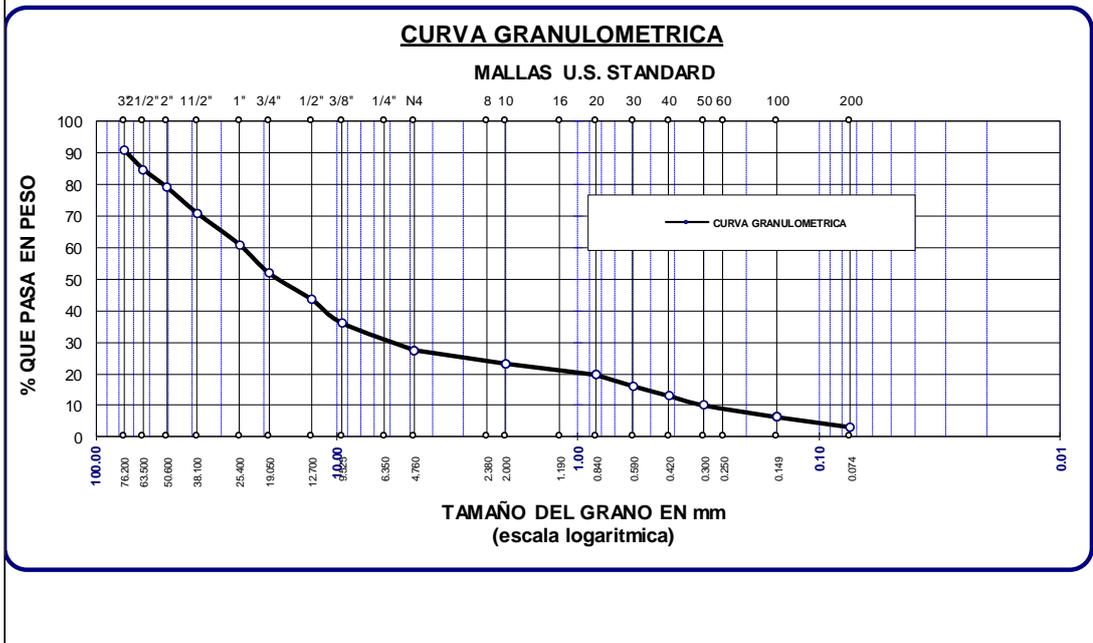


Ilustración 13. Granulométrica de la calicata No. C.



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. D - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8001952.5                      N-369155.1157

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1120.16	9.25	9.25	<b>90.75</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60      24.91    CU    71.7</b> <b>D30      6.86    CC    5.4</b> <b>D10      0.35</b> <b>% DE GRAVA                    74.03</b> <b>% DE ARENA                    23.25</b> <b>% DE FINOS                    2.72</b> <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 12104.00                    gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	678.40	5.60	14.86	<b>85.14</b>		
2"	50.600	661.02	5.46	20.32	<b>79.68</b>		
1 1/2"	38.100	1003.46	8.29	28.61	<b>71.39</b>		
1"	25.400	1291.38	10.67	39.28	<b>60.72</b>		
3/4"	19.050	1129.53	9.33	48.61	<b>51.39</b>		
1/2"	12.700	1020.49	8.43	57.04	<b>42.96</b>		
3/8"	9.525	950.64	7.85	64.90	<b>35.10</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1105.68	9.13	74.03	<b>25.97</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	492.36	4.07	78.10	<b>21.90</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	424.21	3.50	81.60	<b>18.40</b>		
No30	0.590	342.44	2.83	84.43	<b>15.57</b>		
No40	0.420	478.73	3.96	88.39	<b>11.61</b>		
No 50	0.300	321.99	2.66	91.05	<b>8.95</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	371.40	3.07	94.12	<b>5.88</b>		
No200	0.074	383.32	3.17	97.28	<b>2.72</b>		
<b>BASE</b>		<b>328.81</b>	<b>2.72</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>12104.00</b>	<b>100.00</b>				
<b>% PERDIDA</b>							

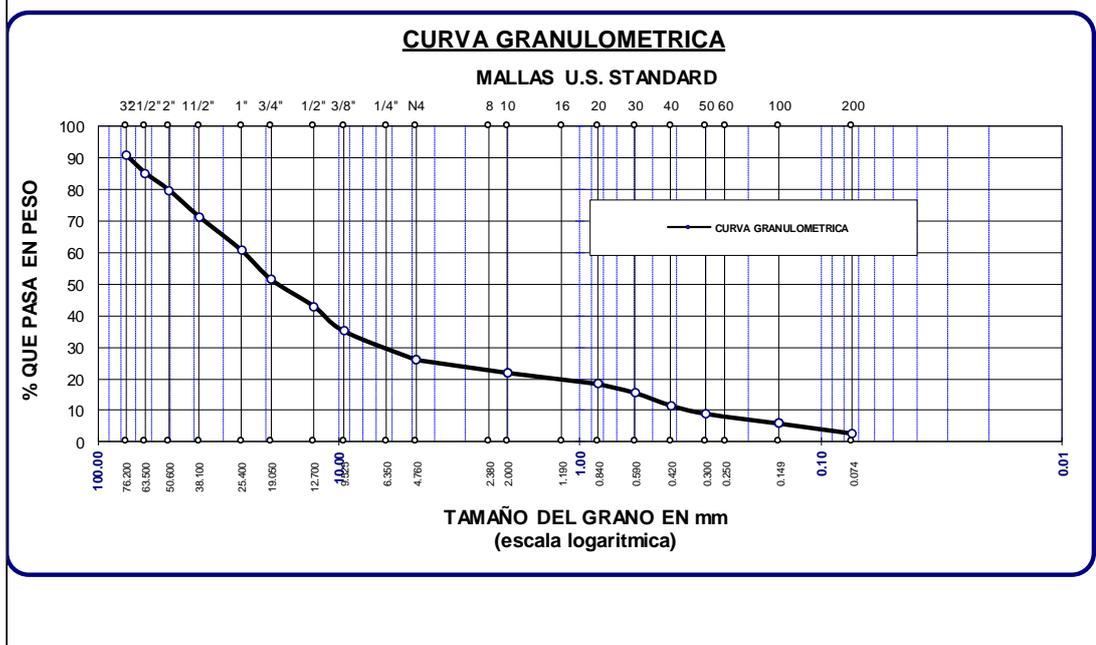


Ilustración 14. Granulométrica de la calicata No. D.



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 1 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002439.936 N-369202.4024

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	633.00	9.14	9.14	<b>90.86</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = 27.00 % LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60 68.03 CU 190.9</b> <b>D30 7.60 CC 2.4</b> <b>D10 0.36</b> <b>% PAS MALLA 4 25.44</b> <b>% PAS MALLA 200 2.53</b> <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 6923.00 gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	380.00	5.49	14.63	<b>85.37</b>		
2"	50.600	379.00	5.47	20.11	<b>79.89</b>		
1 1/2"	38.100	569.00	8.22	28.33	<b>71.67</b>		
1"	25.400	751.00	10.85	39.17	<b>60.83</b>		
3/4"	19.050	648.00	9.36	48.53	<b>51.47</b>		
1/2"	12.700	588.00	8.49	57.03	<b>42.97</b>		
3/8"	9.525	559.00	8.07	65.10	<b>34.90</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	655.00	9.46	74.56	<b>25.44</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	277.00	4.00	78.56	<b>21.44</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	218.00	3.15	81.71	<b>18.29</b>		
No30	0.590	208.00	3.00	84.72	<b>15.28</b>		
No40	0.420	266.00	3.84	88.56	<b>11.44</b>		
No 50	0.300	178.00	2.57	91.13	<b>8.87</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	256.00	3.70	94.83	<b>5.17</b>		
No200	0.074	183.00	2.64	97.47	<b>2.53</b>		
<b>BASE</b>		175.00	2.53	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		6923.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							

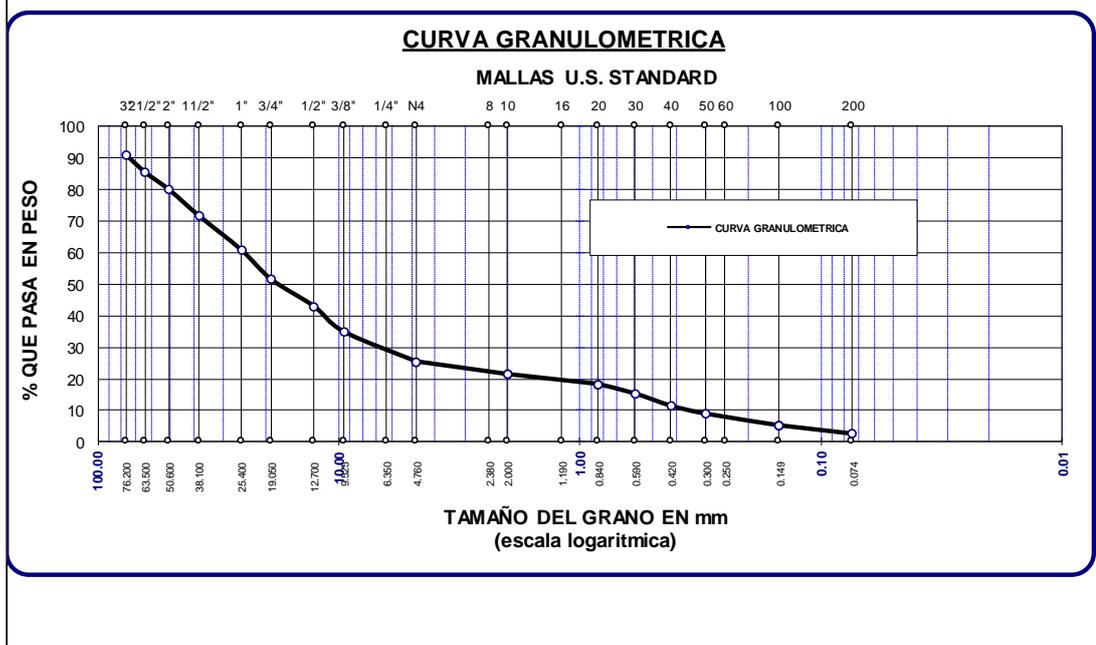


Ilustración 15. Granulométrica de la calicata No. 1.



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 2 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002519.862                      N-369468.9095

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1008.62	8.40	8.40	<b>91.60</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60      25.05    CU    80.8</b> <b>D30      6.91    CC    6.1</b> <b>D10      0.31</b> <b>% DE GRAVA                    74.22</b> <b>% DE ARENA                    22.58</b> <b>% DE FINOS                    3.20</b> <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 12003.90                    gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	700.98	5.84	14.24	<b>85.76</b>		
2"	50.600	724.12	6.03	20.27	<b>79.73</b>		
1 1/2"	38.100	1011.02	8.42	28.70	<b>71.30</b>		
1"	25.400	1296.56	10.80	39.50	<b>60.50</b>		
3/4"	19.050	1103.92	9.20	48.69	<b>51.31</b>		
1/2"	12.700	1008.28	8.40	57.09	<b>42.91</b>		
3/8"	9.525	932.36	7.77	64.86	<b>35.14</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1123.45	9.36	74.22	<b>25.78</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	495.14	4.12	78.34	<b>21.66</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	374.66	3.12	81.47	<b>18.53</b>		
No30	0.590	322.21	2.68	84.15	<b>15.85</b>		
No40	0.420	440.81	3.67	87.82	<b>12.18</b>		
No 50	0.300	285.71	2.38	90.20	<b>9.80</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	373.63	3.11	93.32	<b>6.68</b>		
No200	0.074	418.53	3.49	96.80	<b>3.20</b>		
	<b>BASE</b>	383.91	3.20	100.00	<b>0.00</b>		
	<b>TOTAL</b>	12003.90	100.00				
	<b>% PERDIDA</b>						

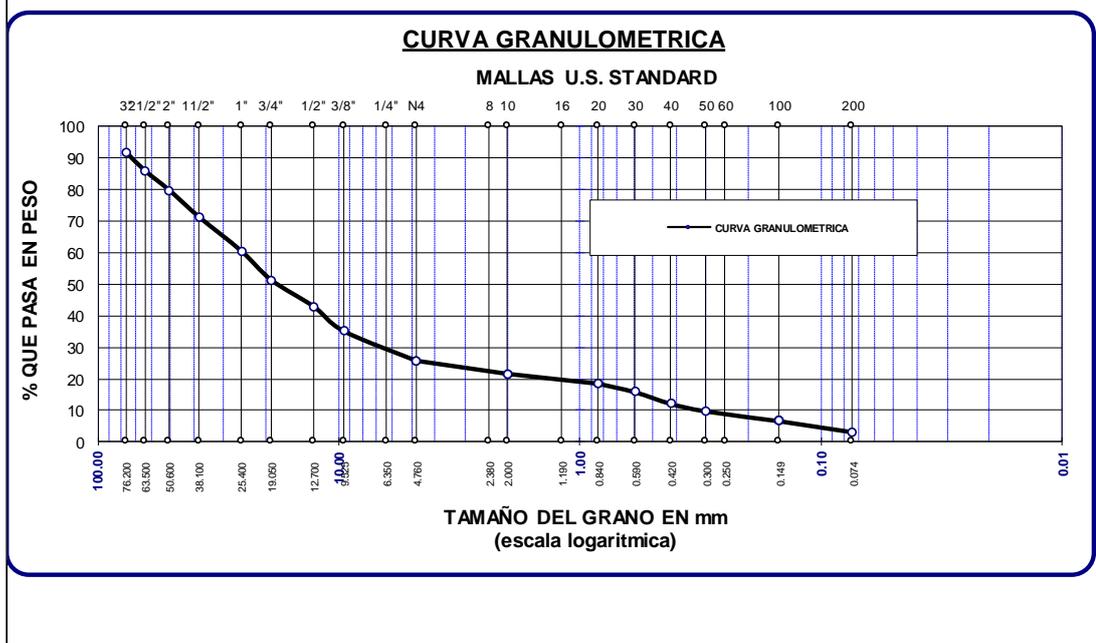


Ilustración 16. Granulométrica de la calicata No. 2.



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 3 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002581.4345 N-369739.7735

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1255.00	10.00	10.00	90.00		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. Límites de Consistencia : LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  D60 25.59 CU 70.8 D30 6.86 CC 5.1 D10 0.36 % DE GRAVA 74.09 % DE ARENA 23.48 % DE FINOS 2.44 Clasificación S.U.C.S. GP Clasificación AASHTO A-1-a (0) Peso de la Muestra: 12555.00 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	799.33	6.37	16.36	83.64		
2"	50.600	701.29	5.59	21.95	78.05		
1 1/2"	38.100	1012.38	8.06	30.01	69.99		
1"	25.400	1272.95	10.14	40.15	59.85		
3/4"	19.050	1045.11	8.32	48.48	51.52		
1/2"	12.700	1070.21	8.52	57.00	43.00		
3/8"	9.525	978.81	7.80	64.80	35.20		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1166.59	9.29	74.09	25.91		
No8	2.380						
No10	2.000	498.21	3.97	78.06	21.94		
No16	1.190						
No20	0.840	442.04	3.52	81.58	18.42		
No30	0.590	425.92	3.39	84.97	15.03		
No40	0.420	478.60	3.81	88.78	11.22		
No 50	0.300	312.42	2.49	91.27	8.73		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	442.04	3.52	94.79	5.21		
No200	0.074	348.15	2.77	97.56	2.44		
BASE		305.94	2.44	100.00	0.00		
TOTAL		12555.00	100.00				
% PERDIDA							

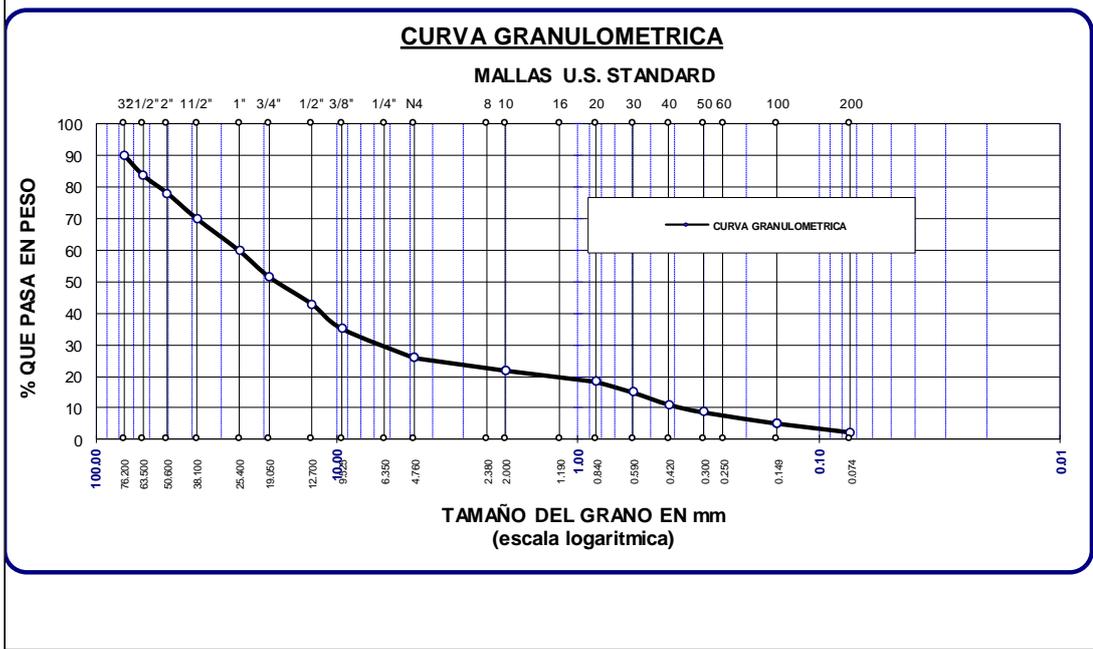


Ilustración 17. Granulométrica de la calicata No. 3.



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 4 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002099.96 N-369290.0984

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1202.12	9.93	9.93	<b>90.07</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = 27.60 % LP = N.P. IP = N.P.  D60 <b>26.17</b> CU <b>66.5</b> D30 <b>7.34</b> CC <b>5.2</b> D10 <b>0.39</b> % DE GRAVA <b>74.83</b> % DE ARENA <b>22.08</b> % DE FINOS <b>3.10</b> Clasificación S.U.C.S. GP Clasificación AASHTO A-1-a (0) Peso de la Muestra: 12103.00 <b>gr.</b> OBSERVACIONES: La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	719.91	5.95	15.88	<b>84.12</b>		
2"	50.600	701.34	5.79	21.68	<b>78.32</b>		
1 1/2"	38.100	1001.91	8.28	29.95	<b>70.05</b>		
1"	25.400	1294.81	10.70	40.65	<b>59.35</b>		
3/4"	19.050	1105.00	9.13	49.78	<b>50.22</b>		
1/2"	12.700	1021.33	8.44	58.22	<b>41.78</b>		
3/8"	9.525	930.69	7.69	65.91	<b>34.09</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1079.10	8.92	74.83	<b>25.17</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	473.35	3.91	78.74	<b>21.26</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	454.27	3.75	82.49	<b>17.51</b>		
No30	0.590	354.42	2.93	85.42	<b>14.58</b>		
No40	0.420	491.92	4.06	89.48	<b>10.52</b>		
No 50	0.300	282.85	2.34	91.82	<b>8.18</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	344.19	2.84	94.66	<b>5.34</b>		
No200	0.074	270.92	2.24	96.90	<b>3.10</b>		
	<b>BASE</b>	374.86	3.10	100.00	<b>0.00</b>		
	<b>TOTAL</b>	12103.00	100.00				
	<b>% PERDIDA</b>						

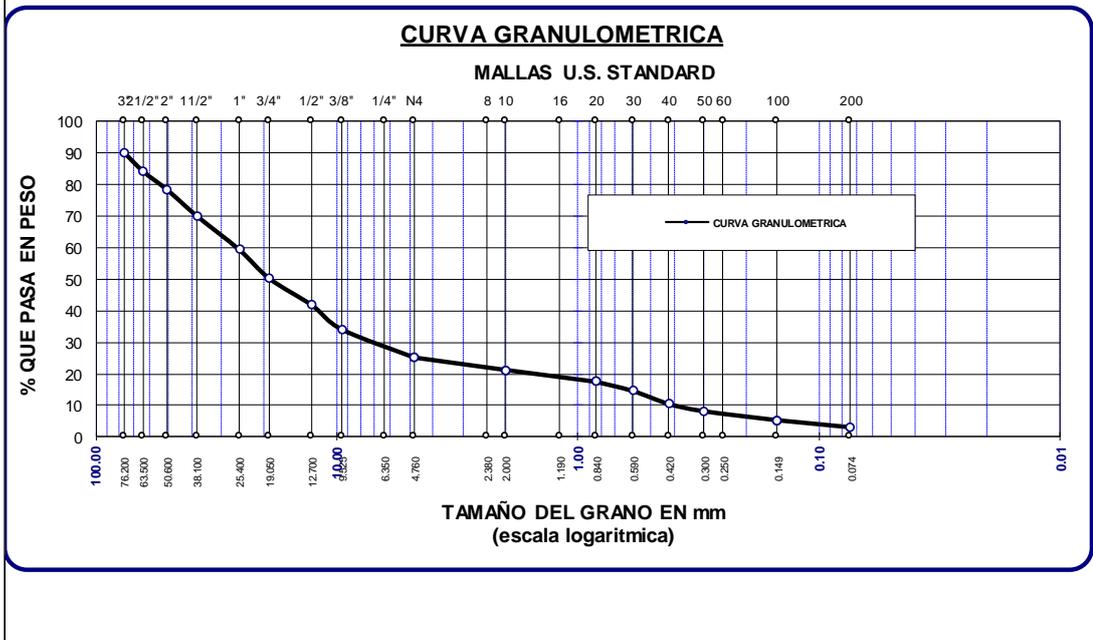


Ilustración 18. Granulométrica de la calicata No. 4.



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 5 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-8002205.5 N-369540.3558

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1084.64	8.63	8.63	91.37		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60</b> 24.28    CU    65.9 <b>D30</b> 6.20    CC    4.3 <b>D10</b> 0.37 % DE GRAVA            72.77 % DE ARENA            24.43 % DE FINOS            2.80 <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 12567.30            gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	617.33	4.91	13.54	86.46		
2"	50.600	704.21	5.60	19.15	80.85		
1 1/2"	38.100	1073.54	8.54	27.69	72.31		
1"	25.400	1343.36	10.69	38.38	61.62		
3/4"	19.050	1158.70	9.22	47.60	52.40		
1/2"	12.700	1041.01	8.28	55.88	44.12		
3/8"	9.525	972.12	7.74	63.62	36.38		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1150.28	9.15	72.77	27.23		
No8	2.380						
No10	2.000	509.02	4.05	76.82	23.18		
No16	1.190						
No20	0.840	393.25	3.13	79.95	20.05		
No30	0.590	554.76	4.41	84.36	15.64		
No40	0.420	553.04	4.40	88.76	11.24		
No 50	0.300	361.48	2.88	91.64	8.36		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	401.09	3.19	94.83	5.17		
No200	0.074	297.18	2.36	97.20	2.80		
<b>BASE</b>		352.30	2.80	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		12567.30	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							

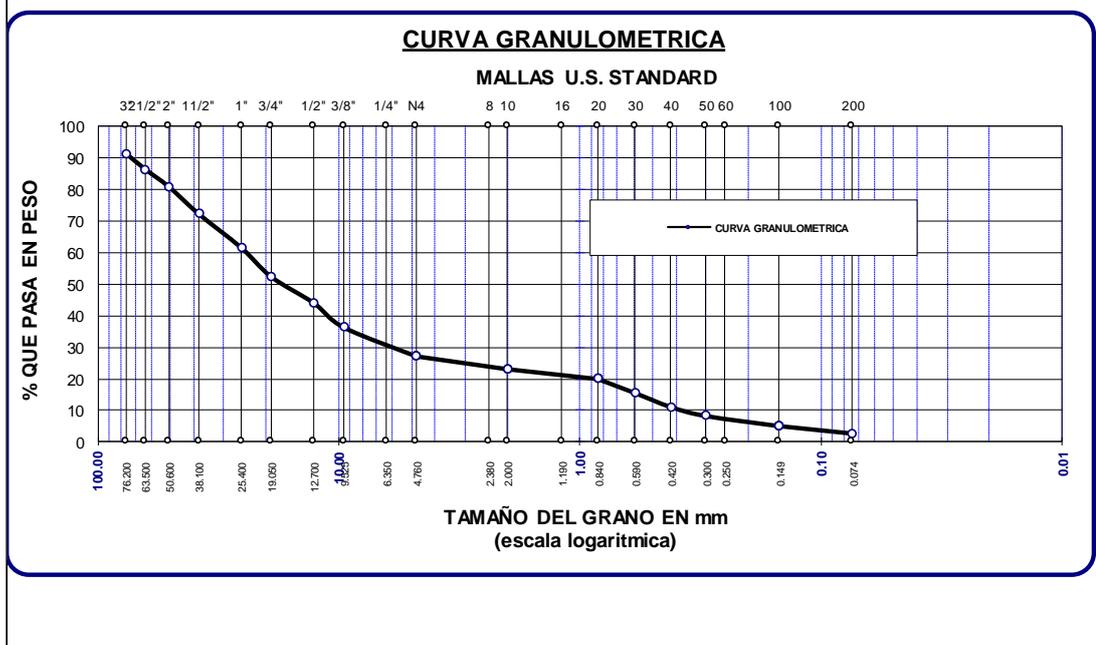


Ilustración 19. Granulométrica de la calicata No. 5.



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO:** ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:  
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**UBICACIÓN:** SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA

**MUESTRA:** CALICATA No. 6 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.

**COORDENADAS:** E-800226.7992                      N-369757.1912

**FECHA:** ENERO DEL 2,021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	1234.41	9.52	9.52	<b>90.48</b>		<b>MUESTRA 01 C-15</b> ESTRATO DE 0.30 A 1.50 M. <b>Límites de Consistencia :</b> LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.  <b>D60      25.31    CU    62.8</b> <b>D30      7.94    CC    6.2</b> <b>D10      0.40</b> <b>% DE GRAVA                      76.66</b> <b>% DE ARENA                      20.57</b> <b>% DE FINOS                      2.77</b> <b>Clasificación S.U.C.S.</b> GP <b>Clasificación AASHTO</b> A-1-a (0) <b>Peso de la Muestra:</b> 12966.30                      gr. <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de Gravas mal graduadas
2 1/2"	63.500	671.54	5.18	14.70	<b>85.30</b>		
2"	50.600	673.71	5.20	19.90	<b>80.10</b>		
1 1/2"	38.100	1091.41	8.42	28.31	<b>71.69</b>		
1"	25.400	1496.94	11.54	39.86	<b>60.14</b>		
3/4"	19.050	1256.79	9.69	49.55	<b>50.45</b>		
1/2"	12.700	1158.56	8.94	58.49	<b>41.51</b>		
3/8"	9.525	1060.55	8.18	66.66	<b>33.34</b>		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1296.56	10.00	76.66	<b>23.34</b>		
No8	2.380						
No10	2.000	452.04	3.49	80.15	<b>19.85</b>		
No16	1.190						
No20	0.840	387.71	2.99	83.14	<b>16.86</b>		
No30	0.590	253.40	1.95	85.09	<b>14.91</b>		
No40	0.420	587.21	4.53	89.62	<b>10.38</b>		
No 50	0.300	338.16	2.61	92.23	<b>7.77</b>		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	412.70	3.18	95.41	<b>4.59</b>		
No200	0.074	235.80	1.82	97.23	<b>2.77</b>		
	<b>BASE</b>	358.80	2.77	100.00	<b>0.00</b>		
	<b>TOTAL</b>	12966.30	100.00				
	<b>% PERDIDA</b>						

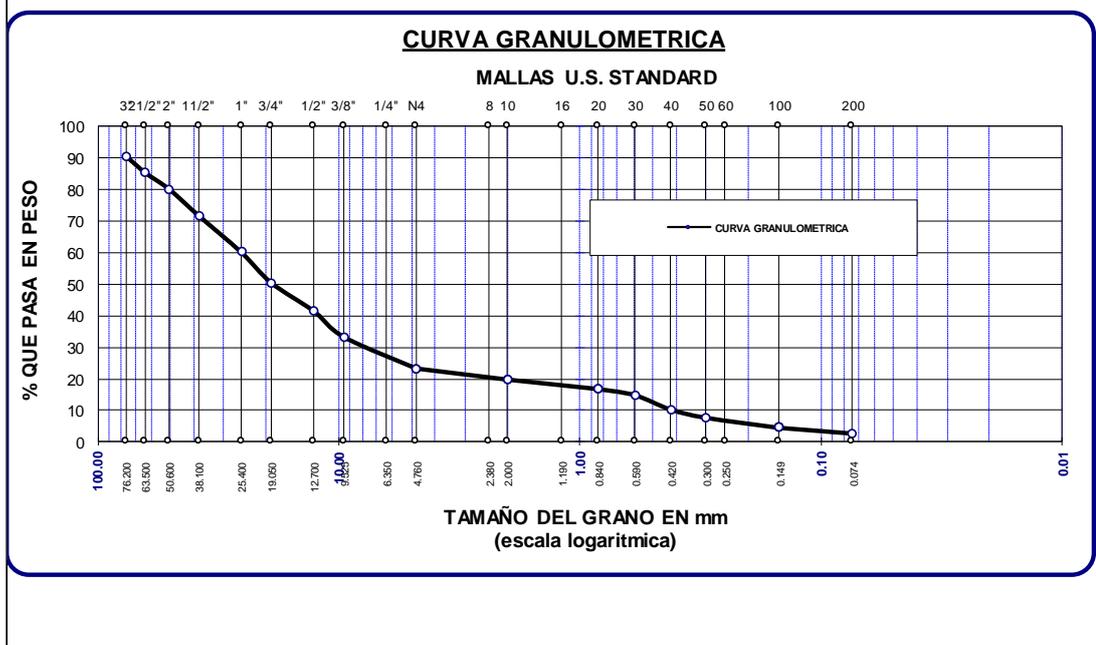


Ilustración 20. Granulométrica de la calicata No. 6.

<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
NORMA M.T.C. E 108 - 2000			
PROYECTO	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA		
UBICACIÓN	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA		
CALICATA No. A - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		19	20
PESO DE LA TARA	gr.	174.00	187.90
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	536.90	553.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	531.70	548.50
PESO DEL AGUA	gr.	5.20	5.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	357.70	360.60
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.45	1.39
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	1.42	
CALICATA No. B - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		17	18
PESO DE LA TARA	gr.	180.10	175.50
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	529.70	546.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	525.45	541.85
PESO DEL AGUA	gr.	4.25	4.65
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	345.35	366.35
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.23	1.27
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	1.25	
CALICATA No. C - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		15	16
PESO DE LA TARA	gr.	178.90	176.90
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	521.60	531.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	517.70	528.56
PESO DEL AGUA	gr.	3.90	2.64
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	338.80	351.66
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.15	0.75
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.95	
CALICATA No. D - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		13	14
PESO DE LA TARA	gr.	175.30	174.20
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	520.40	528.54
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	516.80	525.53
PESO DEL AGUA	gr.	3.10	3.26
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	341.50	351.33
CONTENIDO DE HUMEDAD		0.91	0.93
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	0.92	
CALICATA No. 1 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		1	2
PESO DE LA TARA	gr.	178.90	176.10
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	521.40	519.05
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	517.50	516.50
PESO DEL AGUA	gr.	4.43	3.10
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	338.60	340.40
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.31	0.91
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	1.11	

Ilustración 21. Contenido de humedad de las calicatas No. A hasta la No. 1.

<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
NORMA M.T.C. E 108 - 2000			
PROYECTO	ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA		
UBICACIÓN	SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA		
CALICATA No. 2 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		3	4
PESO DE LA TARA	gr.	147.60	176.20
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	576.50	575.10
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	571.65	568.75
PESO DEL AGUA	gr.	4.85	6.35
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	424.05	392.55
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.14	1.62
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%		1.38
CALICATA No. 3 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		5	6
PESO DE LA TARA	gr.	175.20	174.50
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	546.50	521.80
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	542.57	518.43
PESO DEL AGUA	gr.	3.93	3.37
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	367.37	343.93
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.07	0.98
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%		1.02
CALICATA No. 4 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		7	8
PESO DE LA TARA	gr.	145.50	147.60
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	521.60	576.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	517.12	573.21
PESO DEL AGUA	gr.	4.48	3.29
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	371.62	425.61
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.21	0.77
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%		0.80
CALICATA No. 5 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		9	10
PESO DE LA TARA	gr.	176.10	178.90
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	546.30	521.40
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	542.10	517.20
PESO DEL AGUA	gr.	4.20	4.20
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	366.00	338.30
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.15	1.24
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%		1.19
CALICATA No. 6 - PROFUNDIDAD 2.00 MT.			
N° DE ENSAYOS		01	01
N° TARA		11	12
PESO DE LA TARA	gr.	175.30	168.20
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA	gr.	520.50	528.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr.	517.64	525.58
PESO DEL AGUA	gr.	2.87	2.62
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	342.34	357.38
CONTENIDO DE HUMEDAD		0.84	0.73
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%		0.79

Ilustración 22. Contenido de humedad de las calicatas No. 2 hasta la No. 6.

<b>DENSIDADES MAXIMAS Y MINIMAS</b>						
<b>PROYECTO : ELABORACION DE TESIS UNIVERSITARIA:</b>						
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA						
<b>UBICACIÓN : SECTOR 12 SAN ANTONIO, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN - TACNA</b>						
<b>FECHA : ENERO DEL 2021</b>						
<b>CALICATA N° 01</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,592	12,624	12,658	13,645	13,640	13,649
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,655	5,687	5,717	6,708	6,703	6,712
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.751	1.761	1.770	2.077	2.075	2.078
Promedio gr/cc.	<b>1.760</b>			<b>2.077</b>		
<b>CALICATA N° 03</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,678	13,000	12,675	13,658	13,670	13,649
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,741	6,063	5,734	6,721	6,733	6,712
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.777	1.877	1.775	2.081	2.085	2.078
Promedio gr/cc.	<b>1.810</b>			<b>2.081</b>		
<b>CALICATA N° 5</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,542	12,515	12,524	13,625	13,640	13,649
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,605	5,578	5,583	6,688	6,703	6,712
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.735	1.727	1.728	2.071	2.075	2.078
Promedio gr/cc.	<b>1.730</b>			<b>2.075</b>		
<b>CALICATA N° A</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,665	12,684	12,696	13,645	13,645	13,652
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,728	5,747	5,755	6,708	6,708	6,715
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.773	1.779	1.782	2.077	2.077	2.079
Promedio gr/cc.	<b>1.778</b>			<b>2.078</b>		
<b>CALICATA N° B</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,633	12,658	12,669	13,644	13,641	13,632
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,696	5,721	5,728	6,707	6,704	6,695
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.763	1.771	1.773	2.076	2.076	2.073
Promedio gr/cc.	<b>1.769</b>			<b>2.075</b>		
<b>CALICATA N° D</b>	<b>DENSIDAD MINIMA</b>			<b>DENSIDAD MAXIMA</b>		
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del molde + la muestra seca gr	12,655	12,596	12,571	13,652	13,658	13,639
Peso del molde gr.	6,937	6,937	6,941	6,937	6,937	6,937
Peso de la muestra seca neta gr.	5,718	5,659	5,630	6,715	6,721	6,702
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Densidad gr/cc.	1.770	1.752	1.743	2.079	2.081	2.075
Promedio gr/cc.	<b>1.755</b>			<b>2.078</b>		

Ilustración 23. Densidades Mínimas y Máximas.

### Anexo 3 Panel Fotográfico



Fotografía 1: Realización de la calicata C – 1 en el sector 12 San Antonio



Fotografía 2: Realización de la calicata C – 1 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 3: Excavación de la Calicata C – 1 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 4: Realización de la calicata C – 2 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 5: Excavación de la Calicata C – 2 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 6: Realización de la calicata C – 3 en el sector 12 San Antonio



Fotografía 7: Maquinaria realizando la excavación en la Calicata C – 3 del sector 12 San Antonio.



Fotografía 8: Realización de la calicata C – 4 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 9: Realización de la calicata C – 4 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 10: Producto de la excavación en la Calicata C – 4 del sector 12 San Antonio.



Fotografía 11: Realización de la calicata C – 6 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 12: Realización de la calicata C – 6 en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 13: Corroborando la altura de la calicata C – 6 con wincha de 5m.



Fotografía 14: Realización de la calicata C – A en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 15: Realización de la calicata C – A en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 16: Producto de la excavación en la Calicata C – A del sector 12 San Antonio.



Fotografía 17: Realización de la calicata C – B en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 18: Maquinaria realizando la excavación en la Calicata C – B del sector 12 San Antonio.



Fotografía 19: Producto de la excavación en la Calicata C – B del sector 12 San Antonio.



Fotografía 20: Realización de la calicata C – C en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 21: Realización de la calicata C – C en el sector 12 San Antonio.



Fotografía 22: Producto de la excavación en la Calicata C – C del sector 12 San Antonio.



Fotografía 23: Realizando ensayo de granulometría con todos los tamices para su separación.



Fotografía 24: Realizando ensayo de granulometría con todos los tamices para su separación.



Fotografía 25: Procedimiento para realizar el ensayo de límites de Atterberg.



Fotografía 26: Zarandeo del material para proceder a realizar el ensayo de límites.



Fotografía 27: Realizando los ensayos de límites de Atterberg con la Copa de Casagrande.



Fotografía 28: Realizando los ensayos de límites de Atterberg con la Copa de Casagrande.



Fotografía 29: Determinando el peso del material más el peso del recipiente.



Fotografía 30: Anotando el peso que marca la balanza para realizar los cálculos.



Fotografía 31: Muestra del peso que marca la balanza para realizar los cálculos.



Fotografía 32: Colocación de la muestra en el horno para realizarle el secado.



Fotografía 33: Colocación de la muestra en el horno para realizarle el secado