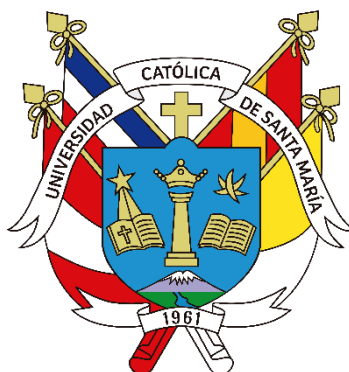


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Influencia de las características físicas de un suelo arenoso en el cálculo de su resistencia, ubicado en el distrito de Paucarpata, zona RMD2 provincia y departamento de Arequipa

Tesis presentada por los Bachilleres:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

ORCID: 0009-0000-4960-8461

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ORCID: 0009-0003-5310-5754

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Gamarra Tuco, Rubén Francisco

ORCID: 0000-0003-1748-5887

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 10 de Junio del 2024

Dictamen: 009723-C-EPIC-2024

Visto el borrador del expediente 009723, presentado por:

2015800621 - GUILLEN CERPA ALVARO CHRISTIAN

2015110231 - MUNDACA APAZA EDUARDO ALDAIR

Titulado:

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN SUELO ARENOSO EN EL CÁLCULO DE
SU RESISTENCIA, UBICADO EN EL DISTRITO DE PAUCARPATA, ZONA RMD2 PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO CIVIL

**29329377 - NEIRA ARENAS JULY LILIAM
DICTAMINADOR**



**29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR**



**41587204 - GARCIA GODO PEÑALOZA LUZ MATILDE
DICTAMINADOR**



Influencia de las características físicas de un suelo arenoso en el cálculo de su resistencia, ubicado en el distrito de Paucarpata, zona RMD2 provincia y departamento de Arequipa

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unan.edu.ni

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

Dedicatoria

Primero a Dios por darme las oportunidades y bendiciones que me ha permitido obtener mis logros en esta vida, los futuros logros que sean para su gloria y que cada uno de mis metas trazadas se cumplan según su voluntad. A mis padres Eloy y Veldy que con su empreño y dedicación han logrado brindarme todas las oportunidades para que logre mis metas, siempre estaré agradecido y este logro va por ustedes. A mi hermano Eder que con su ejemplo y guía me motivo a seguir adelante en vida profesional.

Alvaro Christian Guillen Cerpa

Primero a Dios que permitió que pudiéramos llegar a este momento. A toda mi familia, esta tesis es un triunfo para un integrante más de nuestra familia, reflejo del esfuerzo, dedicación que he tenido a lo largo de esta hermosa carrera, gracias por su paciencia y comprensión. A mis padres que trabajaron incansablemente para que yo pudiera estudiar y ser profesional les digo que si valió la pena. Quiero agradecer a mis padres Tito y Mary, a mi hermana Bianca y a toda mi familia que siempre me dieron la confianza, de que puedo lograr las cosas cuando me las propongo, por siempre estar apoyándome en todo momento. En especial a ti mamita, que este logro es por ti y para ti, gracias por siempre cuidarme, apoyarme y entenderme, se que ya estas orgullosas de mi te amo

IN MEMORIAM

Mencionar a mis abuelos. Eduardo, Leónidas y Candelaria, que no están presentes, pero sé que estarán orgullosos de mí, los quiero mucho sigan guiándome

Eduardo Aldair Mundaca Apaza

Agradecimiento

Nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María, por la formación profesional inculcada en cada uno de nosotros, y por la accesibilidad del proceso de titulación. A los profesores que durante nuestra etapa en la universidad con su apoyo y dedicación lograron inculcarnos el conocimiento, a nuestro asesor, quien con sus aportes oportunos desde la perspectiva de su experiencia colaboró con el desarrollo del presente trabajo de investigación, al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Santa María por permitirnos la realización de los ensayos de la presente tesis.



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la incidencia de la densidad, gradación y velocidad tangencial cortante la resistencia de un suelo mediante ensayos de corte directo y ensayos triaxiales consolidados drenados. Teniendo una metodología con un enfoque de investigación cuantitativo y un tipo de investigación descriptiva.

Para la realización de los ensayos se utilizó solamente la muestra M-1 de la calicata C-1, ubicada en el distrito de Paucarpata, provincia y departamento de Arequipa. Se realizó los siguientes ensayos con la finalidad de caracterizar el suelo: Análisis granulométrico, límites de consistencia, contenido de humedad, gravedad específica de los sólidos, densidad relativa máxima y mínima. Se obtuvo como resultado contenido de humedad natural del suelo en estudio es de 5.5%, en los ensayos de gravedad específica, se obtuvo 2.65, en cuanto al ensayo de densidad mínima, la densidad mínima obtenida es de 1.60 g/cm³ y finalmente para la densidad máxima el resultado obtenido es de 1.88 g/cm³.

Para los ensayos de corte directo, se utilizó la muestra M-1 de la calicata C-1, remodelada con el contenido de humedad natural y con las densidades relativas de 50%, 75%, 85% y 95%. Se obtuvo ángulos de fricción de 25.0°, 29.2°, 32.8°, 36.5° respectivamente. Posteriormente se realizó ensayos de corte directo con muestras remodeladas a la humedad natural y con una densidad relativa de 95%, para velocidades de corte de 0.25 mm/min, 0.45 mm/min, 0.80 mm/min y 1.00 mm/min, obteniéndose de estos ensayos ángulos de fricción de 38.0°, 36.5°, 35.6° y 34.4° respectivamente. Finalmente se realizó un ensayo de corte directo a la muestra M-1 de la calicata C-1 con granulometría cortada, con un coeficiente de uniformidad de 4.48, obteniéndose un ángulo de fricción de 35.2°.

Los ensayos triaxiales realizados fueron de características consolidado-drenado, se utilizó la muestra M-1 remodeladas con el contenido de humedad natural y con las densidades relativas de 50%, 75%, 85% y 95%. Se obtuvo ángulos de fricción de 27.4° , 29.3° , 33.7° , 38.9° respectivamente. Posteriormente se realizó ensayos triaxiales CD con la muestra M-1 de la calicata C-1 remodeladas a la humedad natural y con una densidad relativa de 95%, para velocidades de corte de 0.05 mm/min, 0.10 mm/min, 0.25 mm/min y 0.45 mm/min, obteniéndose como resultado de estos ensayos ángulos de fricción de 39.7° , 38.9° , 38.7° y 37.3° respectivamente. Finalmente se realizó un ensayo triaxial CD a la muestra con granulometría cortada de la muestra M-1, con un coeficiente de uniformidad de 4.48, obteniéndose un ángulo de fricción de 37.3° .

Al analizar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio podemos concluir que la densidad, gradación y velocidad de corte influyen en los parámetros de resistencia de un suelo arenoso. En los ensayos de corte directo, el ángulo de fricción aumenta hasta 11.5° si se trabaja con densidades relativas de 50% hasta 95%, el ángulo de fricción puede aumentar hasta 3.6° si realiza el corte a velocidades de 0.25 mm/min hasta 1.00 mm/min. En los ensayos triaxiales CD, el ángulo de fricción aumenta hasta 11.4° si se trabaja con densidades relativas de 50% hasta 95%, el ángulo de fricción puede aumentar hasta 2.4° si realiza el corte a velocidades de 0.05 mm/min hasta 0.45 mm/min. También podemos concluir que el ángulo de fricción aumenta si se trabaja con suelos bien graduados.

Palabras clave:

Densidad relativa, velocidad de corte, gradación y resistencia del suelo.

ABSTRACT

The objective of the present research is to analyze the incidence of density, gradation and strain rate on the resistance parameters of a soil through direct simple shear tests and drained consolidated triaxial tests. Having a methodology with a quantitative research approach and a type of descriptive research.

To carry out the tests, a sample was extracted from an excavation located in the district of Paucarpata, province and department of Arequipa. The following tests were carried out for the characterization of the sampled soil: Granulometric analysis, moisture content, specific gravity of solids, maximum and minimum relative density. As a result, the natural moisture content of the soil under study was 5.5%, the specific gravity of the solids that was obtained was 2.65, in the same way results were obtained regarding the limits of consistency, also regarding the test of minimum density, the minimum density obtained is 1.60 g/cm³ and finally for the maximum density the result obtained is 1.88 g/cm³.

For the direct simple shear tests, remodeled samples with the natural moisture content and with the relative densities of 50%, 75%, 85% and 95% were used. Friction angles of 25.0°, 29.2°, 32.8°, 36.5° respectively were obtained. Subsequently, direct simple shear tests were carried out with samples remodeled at natural humidity and with a relative density of 95%, for strain rate of 0.25 mm/min, 0.45 mm/min, 0.80 mm/min and 1.00 mm/min, obtaining these tests friction angles of 38.0°, 36.5°, 35.6° and 34.4° respectively. Finally, a direct simple shear test was carried out on the sample with cut granulometry, with a uniformity coefficient of 4.48, obtaining a friction angle of 35.2°.

The triaxial tests carried out were of consolidated-drained characteristics; remodeled samples were used with natural moisture content and with relative densities of 50%, 75%, 85% and 95%.

Friction angles of 27.4° , 29.3° , 33.7° , 38.9° respectively were obtained. Subsequently, triaxial CD tests were carried out with samples remodeled at natural moisture content and with a relative density of 95%, for strain rate of 0.05 mm/min, 0.10 mm/min, 0.25 mm/min and 0.45 mm/min, obtaining as a result of these tests friction angles of 39.7° , 38.9° , 38.7° and 37.3° respectively. Finally, a triaxial CD test was carried out on the sample with cut granulometry, with a uniformity coefficient of 4.48, obtaining a friction angle of 37.3° .

By analyzing the results obtained from the laboratory tests we can conclude that the density, gradation and strain rate influence the resistance parameters of a sandy soil. In direct cutting tests, the friction angle increases up to 11.5° if working with relative densities of 50% to 95%, the friction angle can increase up to 3.6° if strain rate increases from 0.25 mm/min up to 1.00 mm/min. In CD triaxial tests, the friction angle increases up to 11.4° if working with relative densities of 50% to 95%, the friction angle can increase up to 2.4° if cutting at speeds of 0.05 mm/min up to 0.45 mm/min. We can also conclude that the friction angle increases if working with well-graded soils.

Key words:

Relative density, strain rate, gradation, soil strength.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Problemática de la Investigación..... 2

1.1.1. Problema General..... 4

1.1.2. Problemas Específicos..... 4

1.2. Justificación de la Investigación 5

1.2.1. Justificación Social..... 5

1.2.2. Justificación Tecnológica 5

1.2.3. Justificación Económica..... 5

1.2.4. Justificación Ambiental..... 6

1.2.5. Justificación Política 6

1.2.6. Justificación Ética 6

1.3. Objetivos 7

1.3.1. Objetivo General 7

1.3.2. Objetivos Específicos..... 7

1.4. Hipótesis..... 7

1.4.1. Hipótesis General 7

1.4.1. Hipótesis Específicas..... 7

1.5. Variables..... 8

1.5.1. Definición Conceptual de las variables..... 8

1.5.2. Operacionalización de las Variables. 10

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes de la Investigación	13
2.3.1. Antecedentes Internacionales	13
2.3.1. Antecedentes Nacionales.....	14
2.2. Estado del Arte	16
2.3. Marco Teórico	18
2.3.1. Propiedades del suelo	18
2.3.2. Resistencia cortante del suelo	28
2.3.3. Trayectoria de esfuerzos.....	31
2.3.4. Ensayo de Corte Directo	34
2.3.5. Ensayo triaxial.....	36
2.3.6. Densidad Relativa	38
2.3.7. Velocidad de Corte.....	39
2.3.8. Condición Drenada y No Drenada	40
2.3.9. Suelo Arenoso	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	43
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	44
3.1.1. Enfoque de investigación	44
3.1.2. Tipo de investigación	44
3.1.3. Diseño de investigación	44
3.2. Población, Muestra y Muestreo	45
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.3.1. Procedimientos	46
3.4. Método de análisis de datos.....	46
3.5. Aspectos éticos.....	46
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y PROCEDIMIENTOS	48
4.1. Perfil estratigráfico	51

4.2. Ensayo granulométrico en muestra M-1 de la calicata C-1.....	53
4.3. Contenido de humedad NTP 339.127 en la muestra M-1 de la calicata C-1	59
4.4. Peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo NTP 339.131 en la muestra M-1 de la calicata C-1	59
4.5. Límites de consistencia NTP 339.129 en la muestra M-1 de la calicata C-1....	60
4.6. Densidad máxima y mínima NTP 339.137 en muestra M-1 de calicata C-1....	62
4.7. Ensayos de Corte Directo NTP 339.171 en la muestra M-1 de la calicata C-1	64
4.7.1. Corte Directo con densidad relativa 50% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1	65
4.7.2. Corte Directo con densidad relativa 75% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1	69
4.7.3. Corte Directo con densidad relativa 85% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1	74
4.7.4. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1	79
4.7.5. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 1.00 mm/min en muestra M-1	84
4.7.6. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.80 mm/min en muestra M-1	88
4.7.7. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min en muestra M-1	93
4.7.8. Corte Directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48 en muestra M-1	98
4.8. Ensayos Triaxiales Consolidados Drenados NTP 339.166 en muestra M-1 de la calicata C-1.....	103
4.8.1. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 50% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1	105
4.8.2. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 75% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1	113

4.8.3. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 85% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1	122
4.8.4. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1	130
4.8.5. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1	139
4.8.6. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min en muestra M-1	148
4.8.6. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.05 mm/min en muestra M-1	157
4.8.8. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95%, velocidad 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48 en muestra M-1	166
4.9. Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado NTP 339.164 con densidad relativa 95% y velocidad 0.10 mm/min en muestra M-1	175
4.10. Cálculo de la capacidad de carga	177
4.11. Resumen de los resultados obtenidos.....	179
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	182
5.1. Influencia de la densidad relativa en el ángulo de fricción en la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1	183
5.2. Influencia de la velocidad de corte en el ángulo de fricción en la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1	185
5.3. Influencia de la gradación en el ángulo de fricción interno del suelo de la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1	187
5.4. Influencia de la densidad relativa en el parámetro de cohesión del suelo de la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1	189
5.5. Parámetros de resistencia en ensayos corte directo vs ensayos triaxiales CD en la muestra de arena M-1 de la calicata C-1	190
5.6. Parámetros de resistencia en ensayo triaxial CD vs ensayo triaxial UU en la muestra de arena M-1 de la calicata C-1	192
5.7. Comportamiento de muestras densas y sueltas de la arena M-1 de la calicata C-1	192

CONCLUSIONES	194
RECOMENDACIONES	197
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	198
ANEXOS.....	202



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	10
Tabla 2. Composición del suelo	19
Tabla 3. Ensayos de caracterización realizados	49
Tabla 4. Ensayos de resistencia realizados.....	50
Tabla 5. Granulometría 01 en muestra M-1 de calicata C-1	53
Tabla 6. Granulometría 02 en muestra M-1 de calicata C-1	55
Tabla 7. Granulometría 03 en muestra M-1 de calicata C-1	56
Tabla 8. Clasificación SUCS y Coeficientes uniformidad y curvatura en la muestra M-1 de calicata C-1.....	58
Tabla 9. Contenido de humedad.....	59
Tabla 10. Resultados para gravedad específica.....	60
Tabla 11. Determinación del límite líquido	61
Tabla 12. Determinación del límite plástico	62
Tabla 13. Resultados obtenidos en cuanto a los límites de consistencia.....	62
Tabla 14. Ensayo de densidad mínima.....	63
Tabla 15. Ensayo de densidad máxima	63
Tabla 16. Ensayos de Corte directo realizados	64
Tabla 17. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 50%	66
Tabla 18. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 50%	67
Tabla 19. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 50%.....	68
Tabla 20. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 50% y velocidad de 0.45mm/min	69
Tabla 21. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 75%	71
Tabla 22. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 75%	72
Tabla 23. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 75%.....	73
Tabla 24. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 75% y velocidad de 0.45mm/min	74
Tabla 25. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 85%	75
Tabla 26. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 85%	77

Tabla 27. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 85%.....	78
Tabla 28. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 85% y velocidad de 0.45mm/min	79
Tabla 29. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95%	80
Tabla 30. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95%	81
Tabla 31. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95%.....	83
Tabla 32. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45mm/min	84
Tabla 33. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad 1mm/min	85
Tabla 34. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min	86
Tabla 35. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 1mm/min	87
Tabla 36. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min	88
Tabla 37. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad 0.80 mm/min	90
Tabla 38. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.80mm/min	91
Tabla 39. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min	92
Tabla 40. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min.....	93
Tabla 41. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min	94
Tabla 42. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min	96
Tabla 43. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min	97
Tabla 44. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25mm/min	98

Tabla 45. Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95%, velocidad 0.45mm/min y Cu 4.48.....	100
Tabla 46. Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48	101
Tabla 47. Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48	102
Tabla 48. Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48.....	103
Tabla 49. Ensayos de triaxiales Consolidados Drenados realizados.....	104
Tabla 50. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 50%	108
Tabla 51. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 50% y velocidad 0.1mm/min	109
Tabla 52. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min.....	111
Tabla 53. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min	112
Tabla 54. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 75%	117
Tabla 55. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 75% y velocidad 0.1mm/min	118
Tabla 56. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min.....	120
Tabla 57. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min	121
Tabla 58. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 85%	126
Tabla 59. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 85% y velocidad 0.1mm/min	127
Tabla 60. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD para 85% de densidad relativa y velocidad de 0.10 mm/min.....	129
Tabla 61. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min	130

Tabla 62. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%	134
Tabla 63. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.1mm/min	135
Tabla 64. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min	137
Tabla 65. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min	138
Tabla 66. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%	143
Tabla 67. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min	144
Tabla 68. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min	146
Tabla 69. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min	147
Tabla 70. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%	152
Tabla 71. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min	153
Tabla 72. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min	155
Tabla 73. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min	156
Tabla 74. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%	161
Tabla 75. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.05 mm/min	162
Tabla 76. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min	164
Tabla 77. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min	165
Tabla 78. Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%	170

Tabla 79. Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95%, velocidad 0.1mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48	171
Tabla 80. Esfuerzo de confinamiento y desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48.....	173
Tabla 81. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48	174
Tabla 82. Parámetros del ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad 0.1mm/min	175
Tabla 83. Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min	176
Tabla 84. Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min	177
Tabla 85. Resumen de los resultados de capacidad de carga ultima en la muestra M-1 de la calicata C-1.....	178
Tabla 86. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia en la muestra M-1 de la calicata C-1	180
Tabla 87. Resistencia de ensayo triaxial consolidado drenado y no consolidado no drenado	192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación del suelo.....	20
Figura 2. Profundidad del suelo a nivel global.....	21
Figura 3. Características del agua en el suelo a nivel global.....	22
Figura 4. Curvas de características sobre la disponibilidad de agua en el suelo.....	24
Figura 5. Tipología de los colores del suelo.....	26
Figura 6. Efecto de la humedad del suelo en su consistencia	27
Figura 7. Prueba de ensayo para ilustrar la resistencia al corte en suelos arenosos.....	28
Figura 8. Criterio de falla de Coulomb. Fuente: adaptado de Lade (2016).....	31
Figura 9. Etapas de carga de una muestra ensayada con confinamiento constante	32
Figura 10. Etapas de carga de una muestra ensayada sin permitir drenaje	33
Figura 11. Esquema del ensayo de corte directo	35
Figura 12. Esquema del ensayo triaxial	38
Figura 13. Ejemplo de suelo arenoso	42
Figura 14. Perfil estratigráfico	52
Figura 15. Curva Granulométrica 01 en muestra M1 de calicata-C1.....	54
Figura 16. Curva Granulométrica 02 en muestra M1 de calicata-C1.....	56
Figura 17. Curva Granulométrica 02 en muestra M1-de calicata C1.....	58
Figura 18. Gráfico de fluidez	61
Figura 19. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 50% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.....	65
Figura 20. Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 50%.....	68
Figura 21. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 50%	69
Figura 22. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 75% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.....	70
Figura 23. Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 75%.....	73
Figura 24. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 75%	74
Figura 25. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 85% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.....	75

Figura 26. Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 85%.....	78
Figura 27. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 85%	79
Figura 28. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.....	80
Figura 29. Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95%.....	82
Figura 30. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95%	83
Figura 31. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad 1mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.....	84
Figura 32. Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min.....	87
Figura 33. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min	88
Figura 34. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad 0.80mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.	89
Figura 35. Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.8mm/min.....	92
Figura 36. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min	93
Figura 37. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.	94
Figura 38. Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25mm/min.....	97
Figura 39. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min	98
Figura 40. Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45mm/min y Cu 4.48 sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa.	99
Figura 41. Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48	102
Figura 42. Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48	103
Figura 43. Deformación vs tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 50 kPa	105
Figura 44. Deformación vs tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 100 kPa.....	106

Figura 45. Deformación vs tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 200 kPa.....	107
Figura 46. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min.....	110
Figura 47. Envolvente de falla y círculos de Morh Coulomb en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min.....	111
Figura 48. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min.....	112
Figura 49. Deformación vs tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 50 kPa.....	114
Figura 50. Deformación vs tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 100 kPa.....	115
Figura 51. Deformación vs tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 200 kPa.....	116
Figura 52. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min.....	119
Figura 53. Envolvente de falla y círculos de Morh Coulomb en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min.....	120
Figura 54. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min.....	121
Figura 55. Deformación vs tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 50 kPa.....	123
Figura 56. Deformación vs tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 100 kPa.....	124
Figura 57. Deformación vs tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 200 kPa.....	125
Figura 58. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min.....	128
Figura 59. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min.....	129
Figura 60. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa.....	131
Figura 61. Deformación vs tiempo para con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa...	132
Figura 62. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa.....	133
Figura 63. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min.....	136
Figura 64. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min.....	137
Figura 65. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min.....	138
Figura 66. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa.....	140

Figura 67. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa.....	141
Figura 68. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa.....	142
Figura 69. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min.....	145
Figura 70. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min.....	146
Figura 71. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min.....	147
Figura 72. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa.....	149
Figura 73. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa.....	150
Figura 74. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa.....	151
Figura 75. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min.....	154
Figura 76. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min.....	155
Figura 77. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min.....	156
Figura 78. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa.....	158
Figura 79. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa.....	159
Figura 80. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa.....	160
Figura 81. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min.....	163
Figura 82. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min.....	164
Figura 83. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min.....	165
Figura 84. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa.....	167
Figura 85. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa.....	168
Figura 86. Deformación vs tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa.....	169
Figura 87. Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48.....	172
Figura 88. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48.....	173

Figura 89. Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48	174
Figura 90. Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min.....	176
Figura 91. Influencia de la densidad relativa en el parámetro de ángulo de fricción para la muestra M-1 de la calicata C-1, ensayada por medio de corte directo.....	183
Figura 92. Influencia de la densidad relativa en el parámetro de ángulo de fricción para la arena de la muestra M-1 procedente de la calicata C-1, remodelada ensayada por medio de ensayos triaxiales CD	184
Figura 93. Influencia de la velocidad de corte en el parámetro de ángulo de fricción para la muestra M-1 de la calicata C-1, remodelada y ensayada por medio del ensayo de corte directo	185
Figura 94. Influencia de la velocidad de corte en el parámetro de ángulo de fricción para muestra M-1 de la calicata C-1 ensayada por medio de ensayos triaxiales CD.....	186
Figura 95. Influencia del coeficiente de uniformidad en el ángulo de fricción ensayado por medio del ensayo de corte directo	187
Figura 96. Influencia del coeficiente de uniformidad en el ángulo de fricción para el suelo arenoso M-1 de la calicata C-1 ensayada por medio ensayos triaxiales CD.....	188
Figura 97. Influencia de la densidad relativa en el parámetro de cohesión para la arena M-1 de la calicata C-1, ensayada por medio de ensayos triaxiales CD	189
Figura 98. Influencia de la densidad en el ángulo de fricción en ensayos de corte directo y triaxial CD	190
Figura 99. Influencia de la velocidad de corte en el ángulo de fricción en ensayos de corte directo y triaxial CD.....	191
Figura 100. Esfuerzo –Deformación de la muestra con densidad relativa 50%	193
Figura 101. Esfuerzo – Deformación de la muestra con densidad relativa 95%	193

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Resistencia al corte de un suelo en esfuerzos totales	30
Ecuación 2. Esfuerzos totales y efectivos en un suelo	30
Ecuación 3. Resistencia al corte de un suelo en esfuerzos efectivos	31
Ecuación 4. Notación de trayectoria de esfuerzos p' - q de Lambe	34
Ecuación 5. Densidad relativa de un suelo.....	39
Ecuación 6. Capacidad de carga de Vesic 1975.....	177



INTRODUCCIÓN

Hoy en día, toda obra civil requiere un entendimiento del comportamiento del suelo sobre el que se va a cimentar. La resistencia al corte de un suelo es un parámetro básico de gran importancia en la geotecnia ya que es por medio de esta que se realiza el diseño, evaluación y predicción de comportamiento de estructuras ingenieriles. Es sumamente importante conocer la resistencia cortante y como puede variar con la influencia de las características naturales en que se presenta el suelo, para poder predecir cómo comportarse en el futuro, tanto durante como después del proceso constructivo, evitando así cualquier eventual imprevisto.

Debido a esto, en el presente trabajo de investigación se busca analizar la influencia de la densidad relativa, gradación de suelo y velocidad de corte en los parámetros de resistencia de un suelo arenoso ubicado en la ciudad de Arequipa, que se investigara por medio de ensayos de corte directo y ensayos triaxiales drenados.

Se presenta la justificación de la presente investigación, la gran variabilidad de los suelos debido a ser de origen natural, genera gran incertidumbre en el cómputo de sus parámetros. Además, el error humano en la realización de los ensayos tanto en campo como en laboratorio, en el transporte de muestras y debido a que el suelo puede tener propiedades diferentes si se analiza lugares diferentes a pesar de estar muy cercanos, aumenta la incertidumbre en la obtención de los parámetros del suelo. Es por eso que es importante conocer bien las condiciones que se encuentra el suelo en su estado natural, densidad, gradación, esfuerzos aplicados, drenaje y también se debe conocer cómo influye estas condiciones iniciales en la resistencia cortante del suelo.

La estructura del presente trabajo está compuesta de los siguientes capítulos:

En el capítulo I Planteamiento del problema, se presenta la razón para conocer la influencia de los parámetros físicos en la resistencia cortante del suelo. Se expone la problemática de la investigación, la justificación social, tecnológica y ética, los objetivos, las hipótesis y las variables de la presente investigación.

En el capítulo II Marco Teórico, se revisará la literatura existente sobre la influencia de ciertos parámetros en la resistencia del suelo, se abordan las bases teóricas, se desarrolla el estado del arte, marco teórico y los antecedentes del problema, tanto internacionales como nacionales, cuyas conclusiones serán confrontadas con los resultados de la presente investigación. En el capítulo III: Metodología, se presenta la investigación con un enfoque de tipo cuantitativo, se describe técnicas de recolección, análisis e interpretación de datos, se desarrolla el diseño de investigación, unidad de análisis, población de estudio y selección de muestra. En el capítulo VI: Resultados y Procedimiento, se desarrolla la etapa experimental de la investigación, basada en ensayos de laboratorio, se presentan los resultados de ensayos realizados en el laboratorio de suelos y los procedimientos de los mismos.

En el capítulo V Discusión de los resultados, se presenta el análisis, interpretación y discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, en el capítulo VI, se presenta las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, relacionadas con los objetivos planteados.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la Investigación

La mayoría de problemas en geotecnia están relacionados a la estimación de la resistencia del suelo. La resistencia de un suelo es definida como el máximo valor de esfuerzo cortante que el suelo puede soportar sin llegar a la falla en un plano de corte. La resistencia de un suelo es dependiente del esfuerzo normal efectivo de un suelo y se considera apropiada solo si esta es analizada para las condiciones particulares que presenta el suelo en campo.

Si bien las pruebas in situ y las pruebas de laboratorio sobre muestras recuperadas durante una investigación del sitio siguen siendo los dos métodos preferidos para determinar los parámetros de diseño en ingeniería geotécnica, existe un costo sustancial asociado con estos dos métodos. En las etapas preliminares, incluidos los estudios de viabilidad, cuando hay fondos limitados disponibles para la exploración del suelo, las correlaciones empíricas se vuelven muy valiosas. Por ejemplo, a partir de propiedades de índice simples, se puede obtener una idea aproximada de la resistencia al corte y las características de consolidación de una arcilla con un costo mínimo o nulo. (Ameratunga et al., 2016)

En la ingeniería geotécnica, la estimación empírica juega un papel fundamental. No solo proporciona estimaciones preliminares de los parámetros del suelo, sino también se puede utilizar para advertir errores en los resultados de los ensayos de laboratorio. En el estado del arte, están disponibles diversas ecuaciones empíricas y gráficas, que utilizan los profesionales geotécnicos en todo el mundo. Estos se derivan de datos de laboratorio y de campo, experiencias pasadas y buen juicio del profesional responsable. La razón principal de las fallas en los suelos en los últimos años es por una incorrecta estimación de los parámetros de resistencia, se deben entender que estos parámetros son susceptibles incertidumbres debido a variaciones, estructura heterogénea, anisotropía, muestras

alteradas.

Un paso fundamental en el análisis de estabilidad de suelos es medir o estimar la resistencia de los suelos. Los análisis significativos solo se pueden llevar a cabo si se utiliza una correcta estimación de la resistencia del suelo y para condiciones peculiares analizadas. De los últimos 70 años se aprendió bastante sobre la resistencia cortante de los suelos, usualmente por experiencias inesperadas y desafortunadas en la estabilidad de taludes y muchos estudios del suelo han sido llevados a cabo. La cantidad de información acerca de la resistencia cortante del suelo es inmensa. Es por eso que es fundamental conocer los principios que gobiernan en la evaluación de la resistencia y las correlaciones que han resultado útiles en la práctica. (Duncan, 2014)

La correcta estimación de la resistencia de un suelo es importante para el diseño de estructuras de ingeniería. La mayoría de suelos en la región de Arequipa son suelos granulares con poca presencia de suelos cohesivos. Muchas veces es complicado obtener muestras de tierra inalteradas de suelos no cohesivos, es por eso que es importante evaluar que propiedades pueden influencia en la resistencia de un suelo.

Como indica la norma NTP 339.171 “Método normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenada”, los especímenes compactados y moldeados en laboratorio deben ser preparados de tal forma que representen las condiciones de campo. Las principales propiedades que se deben tener en cuenta para la preparación de especímenes remodelados son: contenido de humedad, densidad y presión de confinamiento.

El correcto cálculo de los parámetros de resistencia de un suelo es de fundamental importancia para la estimación de la resistencia de un suelo y para afrontar diferentes problemas relacionados a la resistencia que tiene el suelo. El computo de los parámetros resistentes mediante ensayos deberá realizarse con bastante cuidado, la correcta estimación

de los parámetros de resistencia de un suelo es cuando en los ensayos se toma en consideración las características manteniendo sus propiedades físicas y mecánicas en el laboratorio y en campo.

Según el Plan de desarrollo local concentrado de Paucarpata, en el distrito de Paucarpata se cuenta con 128 Zonas de clasificación geológica, , de las cuales, 120 zonas son Flujos de Barro con suelos densos y estas cuentan con suelos arenosos, (Núñez de Prado, 2001).

En el presente trabajo de investigación se mostrará la influencia de la densidad relativa, gradación del suelo y velocidad cortante en el cálculo de los parámetros de resistencia “ c ” y “ ϕ ”, de un suelo arenoso extraído del distrito de Paucarpata, provincia y departamento de Arequipa.

En el presente trabajo, se tomará en consideración la resistencia de un suelo por el criterio de falla de Mohr Coulomb el cual considera que la falla se produce por una combinación de esfuerzo normal y esfuerzo cortante en un plano de falla. Mohr Coulomb considera que los parámetros de resistencia de un suelo son el parámetro de cohesión “ c ” y el parámetro de ángulo de fricción interna “ ϕ ”. Los ensayos y el cálculo de la resistencia también se realizarán tomando en consideración el criterio de Mohr Coulomb.

1.1.1. Problema General.

¿Como influye la densidad, gradación y velocidad cortante en la resistencia de un suelo arenoso?

1.1.2. Problemas Específicos.

- 1- ¿Cuál es la influencia de la gradación del suelo en el cálculo de su resistencia?
- 2- ¿Cuál es la influencia de la densidad en la resistencia de un suelo?
- 3- ¿Cuál es la influencia de la velocidad de corte en la resistencia de un suelo?

1.2. Justificación de la Investigación

1.2.1. Justificación Social

Brindará a la comunidad de ingenieros y proyectistas los resultados reales de ensayos de resistencia cortante de suelo arenoso en el distrito de Paucarpata, zona Porongoche RMD2, provincia y departamento de Arequipa.

Asimismo, la norma “Método normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenada” indica que la preparación de las muestras alteradas en laboratorio debe representar las condiciones de campo que el suelo está expuesto. Es sabido que ciertos parámetros físicos y condiciones de campo influyen en la resistencia de un suelo es por eso que es importante saber cómo influyen estos parámetros en el cálculo de su resistencia. El presente trabajo contribuirá a generar un modelo para relacionar la variación de parámetros físicos con la resistencia del suelo.

1.2.2. Justificación Tecnológica

Generalmente es complicado obtener muestras inalteradas de suelos no cohesivos, es por eso, que es importante conocer la influencia de ciertos parámetros físicos en el cálculo de los parámetros de resistencia de un suelo. El presente trabajo mostrará el comportamiento de suelos arenoso en los ensayos de corte directo y triaxiales consolidado drenado cuando están sometidas a variación de densidades, gradación, velocidades de corte y su incidencia en los parámetros de resistencia cortante.

1.2.3. Justificación Económica

El presente trabajo expondrá los resultados de una densidad y una gradación que conllevará a parámetros de resistencia máximos, lo que representará una base para futuras condiciones en suelos similares.

1.2.4. Justificación Ambiental

La justificación ambiental de la presente investigación, radica en evitar incurrir en errores, en la estimación de la resistencia cortante del suelo, que llevarían a la realización de retrabajos de exploración en campo. Las exploraciones de campo, con fines de caracterización geotécnica, afectan el entorno ambiental, además del consumo energético de los equipos mecánicos utilizados.

1.2.5. Justificación Política

En el presente trabajo se evidenciarán las deficiencias de la normativa peruana vigente y se presentan recomendaciones para tomar en cuenta en los apartados de la norma para realizar un correcto estudio de mecánica de suelos. Además, se presentará algunas de las características físicas que inciden en el cómputo de la capacidad portante, para que se tome en cuenta en la normativa futura.

1.2.6. Justificación Ética

La ética es importante en los profesionales responsables ya que se deben considerar las variaciones de los resultados y la veracidad de los mismos. La justificación ética de la presente investigación radica en mostrar las posibles deficiencias de los actuales estudios de mecánica de suelos y como pueden variar si sus características físicas no son tomadas en consideración.

Se busca evitar que los profesionales responsables del estudio de mecánica de suelos incurran en errores de cálculo, además muestra los parámetros que podrían afectar en el cómputo de los resultados y que lo profesionales responsables tomen conciencia de la veracidad de estos parámetros.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar la incidencia de las características físicas en la resistencia cortante de un suelo mediante ensayos de corte directo y triaxial CD.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de la densidad relativa de un suelo arenoso en el cómputo de su resistencia cortante.
- Evaluar la influencia de la gradación de un suelo arenoso en el cómputo de su resistencia cortante.
- Evaluar la influencia de la velocidad de corte de un suelo arenoso en el cómputo de su resistencia cortante.
- Analizar la importancia de caracterizar correctamente los parámetros físicos como densidad, gradación y velocidad de corte en la estimación de la resistencia de un suelo arenoso.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Al variar las características físicas de un suelo, variará la resistencia cortante del suelo.

1.4.1. Hipótesis Específicas

- La variación de la gradación del suelo, influirá su resistencia cortante.
- La variación de la densidad relativa, influirá en la resistencia cortante del suelo.
- La variación de la velocidad de corte, influirá en la resistencia cortante del suelo.

1.5. Variables

1.5.1. Definición Conceptual de las variables

1.5.1.1. Variable independiente 01: Densidad relativa del suelo

Definición: Es la relación de compacidad de un suelo, relativa a su densidad máxima y mínima obtenidas en laboratorio

Indicador

- Densidad máxima
- Densidad mínima

Medición

- Porcentaje (%)

1.5.1.2. Variable independiente 02: Gradación del suelo

Definición: Se define como la distribución en porcentaje de partículas de un suelo según el tamaño de las partículas.

Indicadores

- Coeficiente de uniformidad
- Coeficiente de curvatura

Medición

- Porcentaje Pasante (%)

1.5.1.3. Variable independiente 03: Velocidad de corte tangencial

Definición: Se define como la velocidad constante con la que se aplica la fuerza tangencial en el ensayo de corte directo.

Indicador

- Tiempo total para la falla

Medición

Tiempo en el cual la muestra alcanza el 90% de consolidación bajo un esfuerzo normal (t_{90}).

1.5.1.4. Variable Dependiente: Resistencia cortante del suelo

Definición: La resistencia al cortante de un suelo se puede definir como el esfuerzo máximo que el suelo puede aguantar antes de llegar a la falla.

Dimensión 01

Parámetro de cohesión c

Indicador

Intercepción del eje de ordenadas en la envolvente del criterio de Mohr Coulomb

Medición

g/cm^2

Dimensión 02

Ángulo de fricción ϕ

Indicadores

- Pendiente en la envolvente de falla de Mohr-Coulomb

Medición

Grados sexagesimales ($^{\circ}$)

1.5.2. Operacionalización de las Variables.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Características físicas del suelo: - Densidad relativa - Gradación del suelo. - Velocidad de corte:	Densidad relativa del suelo: Es la relación de compacidad de un suelo, relativa a su densidad máxima y mínima obtenidas en laboratorio.	Será medido a través de los porcentajes de densidades del suelo	Densidad relativa del suelo	- Densidad Máxima - Densidad Mínima
	Gradación del suelo: Se define como la distribución en porcentaje de partículas de un suelo según el tamaño de las partículas.	Será medido a través de los coeficientes en la curva granulométrica	Gradación del suelo	Coefficiente de uniformidad Coefficiente de curvatura
	Velocidad de corte tangencial: Se define como la velocidad constante con la que se aplica la fuerza tangencial en el ensayo de corte directo.	Tiempo en el cual la muestra alcanza el 90% de consolidación bajo un esfuerzo normal (t_{90}).	Velocidad de corte tangencial	Tiempo total para la falla

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Dependiente: Resistencia cortante del suelo	La resistencia al cortante de un suelo se puede definir como el esfuerzo máximo que el suelo puede aguantar antes de llegar a la falla	La resistencia cortante del suelo se medirá por medio de los parámetros c y ϕ del criterio de falla de Mohr Coulomb	Parámetro de cohesión c Ángulo de fricción ϕ	Intercepto del eje de ordenadas de la envolvente de falla de Mohr Coulomb Pendiente en la envolvente de falla de Mohr-Coulomb

Nota: Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.3.1. Antecedentes Internacionales

Scaringi (2018) publicó el artículo “Influence of displacement rate on residual shear strength of clays”, donde analizaron muestras de arcilla bajo diferentes presiones de confinamiento y diferentes velocidades de corte, calcularon la resistencia residual bajo velocidades de corte controlado en el rango desde 10^{-4} hasta 10^{-2} mm/min, los resultados mostraron que la resistencia al corte residual de suelos arcillosos está influenciada por la velocidad de corte.

Lian, Wang, Huang y Peng (2019) publicaron el artículo “Influence of Shearing Rate on the Residual Strength Characteristic of Three Landslides Soils in Loess Area”, en donde investigaron la resistencia residual de tres lugares en noroeste de China donde habían ocurrido deslizamientos, realizaron ensayos de corte a un rango de velocidades de entre 0.1 mm/min hasta 1 mm/min. Los resultados de los ensayos demostraron que la resistencia residual de los suelos ensayados aumentaban conforme a la velocidad de corte, además la resistencia residual aumentaba conforme aumentaba la presión normal.

Jeong y Peak (2019) en su artículo “Effect of the Surface Roughness on the Shear Strength of Granular Materials in Ring Shear Tests”, en el cual llevaron a cabo ensayos de Resistencia mediante anillos de deformación. De la presente investigación determinaron que la Resistencia cortante en suelos granulares depende en gran medida de la rugosidad de la superficie y la velocidad de corte. En la investigación se llevaron a cabo ensayos a velocidades de 0.1mm/s, 0.5 mm/s y 1 mm/s en condición de drenaje libre y sin drenaje. De la investigación desarrollada concluyeron que la velocidad de corte influía en gran medida en la resistencia drenada y no drenada de suelos granulares.

Drewes, I. (2021) en su artículo “Comparación de parámetros resistentes de suelos

regionales según energía de compactación”, analizaron la variación del ángulo de fricción y cohesión con relación a la energía de compactación, humedad y densidad seca, para lo cual extrajeron cinco muestras de diferentes ubicaciones en la provincia de Misiones en el país de Argentina. Mostraron en sus resultados que no hay una tendencia clara en cuanto el ángulo de fricción con respecto a la humedad optima, sin embargo, se puede apreciar que el ángulo de fricción aumenta con respecto al contenido de humedad optima, mientras que la cohesión disminuye con el aumento de humedad.

Zechuang Li y Hao Zhang (2023) publicaron el artículo “Influence of particle-size distribution on shear characteristics of slip zone soil and its mesoscopic mechanism” En donde realizaron ensayos de corte directo, en material granular con presencia de roca, recolectado del tajo abierto de la mina ubicada en la ciudad de Fushun en Japón. Ensayaron materiales con diferentes distribuciones de partículas y determinaron que en suelos granulares con presencia de roca, el coeficiente de uniformidad C_u influye en el ángulo de fricción interna de los suelos ensayados. Concluyeron que el ángulo de fricción interna disminuye con respecto al Coeficiente de uniformidad en suelos granulares y gravas.

2.3.1. Antecedentes Nacionales

Alarcón, G. y Terán, J. (2019). En su tesis de investigación, ensayaron suelos cohesivos, variando su grado de saturación en la región de Lambayeque, obteniendo que la resistencia de los suelos cohesivos en Lambayeque es muy variable y dependiente del grado de saturación. Demostraron que tanto el parámetro cohesivo como el ángulo de fricción disminuyen considerablemente con el aumento del grado de saturación, además que las arcillas tienden a ser expansivas al momento del corte.

Hurtado, P. (2019). En su trabajo de investigación, analizó la influencia del nivel freático en la capacidad portante de un suelo arcilloso ubicado en el centro poblado Ninatambo en Tarma. En su trabajo de investigación obtuvieron que el nivel freático entre

los meses de octubre y noviembre aumento hasta 0.25 m. Demostraron que el nivel freático influye en la capacidad portante de cimentaciones superficiales, obteniendo como resultado que la variación de la capacidad portante fue de 0.084 kg/cm², para antes y después de la variación del nivel freático, para un ancho de 0.50 m de cimentación y de 0.092 kg/cm² para un ancho de cimentación de 1.00 m.

Malca, E. y Mariño, S. (2021). Ensayaron muestras de arcilloso con diferentes velocidades de corte, obteniendo que en suelos arcillosos la resistencia al cortante es muy variable. Mientras se incrementa la velocidad cortante, el parámetro cohesivo, puede llegar a duplicar su valor. También encontraron que el ángulo de fricción interna de e los suelos disminuye conforme aumenta la velocidad de corte. Además, mostraron que la resistencia está relacionada con la presión de confinamiento y esta es muy variable en suelos finos con presencia de arcillas.

Espiritu, N. y Godefroy, L. (2021). En su trabajo de investigación, analizaron la influencia del confinamiento en los parámetros de resistencia de un enrocado de gran altura. Obtuvieron que el ángulo de fricción en enrocados disminuye hasta 21% mientras se aumenta el esfuerzo de confinamiento. Realizaron el análisis de estabilidad, utilizando el software SLIDE, considerando parámetros de resistencia constantes y considerando los efectos del confinamiento, obtuvieron que el factor de seguridad disminuye hasta un 30% considerando el efecto de confinamiento en los parámetros de resistencia. Además, obtuvieron que el desplazamiento máximo en la base fue de 14.7 cm considerando parámetros constantes, mientras que fue de 22.1 cm considerando los efectos de confinamiento.

Villanueva, k. y Chipana, k. (2023). En su tesis de investigación, analizaron la incidencia de los resultados de ensayos de corte directo y ensayos triaxial en la capacidad portante de suelos arenosos en la ciudad de Lima. Ensayaron 30 muestras mediante

ensayo de corte directo y 30 mediante ensayos triaxiales, en sus resultados obtuvieron que los parámetros de resistencia al corte en ensayos triaxiales fueron mayores que los resultados de los ensayos de corte directo, por lo tanto, la capacidad portante en calculada por medio de ensayos triaxiales fuer mayor a la de los ensayos de corte directo.

El reglamento nacional de edificaciones en su normativa E.050 “Suelos y Cimentaciones”, establece 4 tipo de muestra en función a su extracción en campo, el presentetrabajo se realizará con la extracción de muestras alteradas en bolsas de plástico, además, también indica que para el cálculo de la resistencia del suelo se emplearan formulas aceptadas por la mecánica de suelos, tomando en consideración que para suelos cohesivosse empleará el ángulo de fricción igual a cero y para suelos friccionantes, el ángulo de fricción es cero.

La norma técnica peruana NTP 339.171 “Método normalizado para el corte directode suelos bajo condiciones consolidadas drenadas” indica que el dispositivo para el corte del espécimen debe permitir una velocidad desde 0.0025 mm/min a 1.00 mm/min e indicaadicionalmente que la velocidad del espécimen debe ser adecuada y relativamente baja para evitar el exceso de presión de poro compactados se puede utilizar los procedimientos de la norma NTP 339.141 “Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada”, para modelar el espécimen con las relaciones humedad – densidades deseadas.

2.2. Estado del Arte

Introducción

El estudio de la resistencia del suelo es esencial en la ingeniería geotécnica para garantizar la estabilidad de estructuras construidas sobre él. El presente estado del arte se enfoca en la influencia de las características físicas de un suelo arenoso en el cálculo de su resistencia en el Distrito de Paucarpata, Zona RMD2, Provincia y Departamento de

Arequipa. El suelo arenoso es común en esta región, y comprender cómo sus propiedades físicas afectan su resistencia es crucial para la construcción segura de infraestructuras.

Antecedentes y Contexto

La zona de Paucarpata en Arequipa se caracteriza por tener un suelo predominantemente arenoso, lo que presenta desafíos en la ingeniería geotécnica. La resistencia del suelo es un parámetro fundamental para el diseño de cimentaciones, muros de contención y otras estructuras. Por lo tanto, se ha llevado a cabo una serie de investigaciones en el pasado relacionadas con la influencia de las características físicas del suelo arenoso en la determinación de su resistencia.

Características Físicas del Suelo Arenoso

El suelo arenoso se caracteriza por su granulometría y la presencia de partículas de arena. Las características físicas de este suelo, como la densidad, la humedad, la textura y la composición mineral, influyen en su resistencia. Varios estudios han demostrado que la compactación, la porosidad y la cohesión son factores críticos que afectan la resistencia del suelo arenoso.

Influencia de la Humedad

La humedad es un factor clave que afecta la resistencia del suelo arenoso. Investigaciones anteriores han mostrado que un aumento en la humedad puede disminuir la resistencia del suelo, ya que reduce la fricción entre las partículas de arena. Por otro lado, la falta de humedad también puede debilitar el suelo, lo que subraya la importancia de mantener un equilibrio en la humedad para garantizar la estabilidad de las estructuras.

Compactación y Densidad

La compactación del suelo arenoso es esencial para aumentar su resistencia. Diversos estudios han examinado la relación entre la densidad del suelo y su capacidad de soporte, demostrando que la compactación adecuada puede mejorar significativamente la resistencia del suelo arenoso.

Cohesión y Composición Mineral

La presencia de ciertos minerales y la cohesión del suelo son aspectos que también influyen en su resistencia. Los suelos arenosos con una mayor cohesión suelen ser más resistentes, mientras que aquellos con una composición mineral específica pueden tener propiedades mecánicas particulares.

Conclusión

El estado del arte destaca la importancia de comprender las características físicas del suelo arenoso en el Distrito de Paucarpata, Arequipa, y su influencia en la resistencia del suelo. La humedad, la compactación, la densidad, la cohesión y la composición mineral son factores cruciales que deben considerarse al calcular la resistencia del suelo en esta región. Esta revisión proporciona una base sólida para futuras investigaciones y proyectos de ingeniería geotécnica en el área, con el objetivo de garantizar la construcción segura de infraestructuras en suelos arenosos.

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Propiedades del suelo

2.3.1.1. El suelo

El suelo consiste en una combinación de elementos sólidos, agua y aire, cuya interacción y los nutrientes que contienen son esenciales para el crecimiento de las plantas.

Las propiedades físicas o mecánicas del suelo varían dependiendo de la proporción en la que se encuentren estos componentes, y a continuación, exploraremos estas características (Veto.cl, 2023).

2.3.1.1.1. Composición del suelo

Tabla 2.

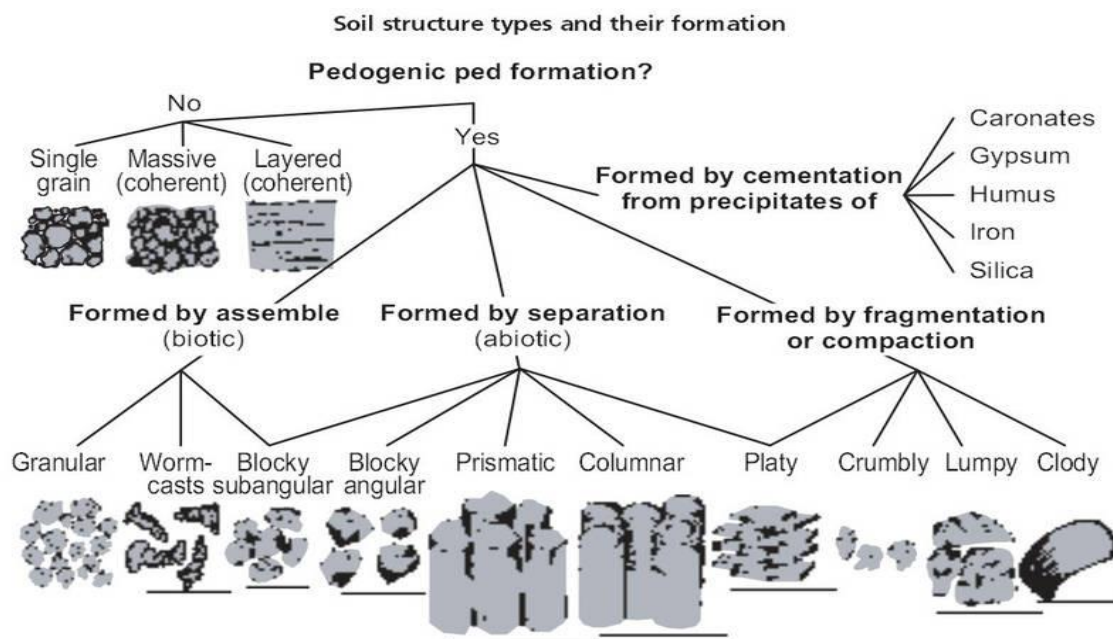
Composición del suelo

TIPO DE SUELO	COMPOSICIÓN
Grava y Piedra	Partículas mayores a 2,0 mm
Arena	Partículas entre de 0,05 y 2,0 mm
Limo	Partículas entre 0,002 y 0,05 mm
Arcillas	Partículas menores a 0.002 mm

Nota: En la tabla 2 se aprecia el tipo de suelo existente y la composición de cada uno de ellos, datos tomados de (Veto.cl, 2023).

2.3.1.2. Formación del suelo

Las partículas de suelo, como pueden ser arenas, limos y arcilla, se combinan para formar unidades de mayor tamaño llamadas peds. La organización de estas partículas en el suelo tiene un impacto significativo en la aireación, la circulación del agua, la conductividad térmica, el desarrollo de las raíces de las plantas y la prevención de la erosión. Entre los factores que afectan la estructura del suelo, el agua desempeña un papel fundamental debido a su capacidad para disolver minerales y provocar su precipitación, así como por sus efectos en el crecimiento de las plantas (FAO, 2023).

Figura 1.
Formación del suelo


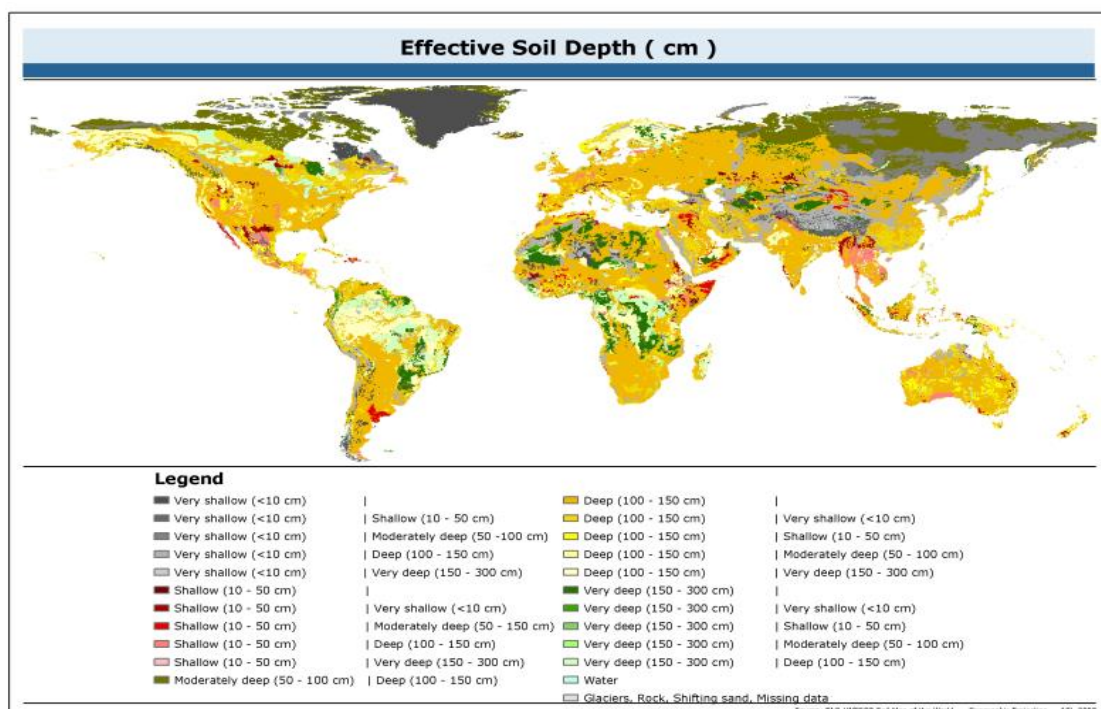
Nota. En la figura 1 se aprecia la estructura del suelo y como está conformado, imagen tomada de (FAO, 2023)..

2.3.1.2.1. Profundidad del suelo

La definición inicial del Solum se conocía como la capa superficial del suelo (horizonte A), junto con el subsuelo (horizontes B, E). El horizonte C, por otro lado, se consideraba antes como estratos en formación edafogénica limitada. De esta manera, la profundidad efectiva del suelo se concebía como el espesor total del suelo. No obstante, la raíces y las actividades biológicas, que a menudo se encuentra en el horizonte C, subraya lo primordial de incluir este horizonte en la definición de la profundidad del suelo. En la práctica, los estudios que involucran el muestreo de suelos utilizan límites de profundidad arbitrarios, generalmente alrededor de los 200 cm (FAO, 2023).

Figura 2.

Profundidad del suelo a nivel global



Nota. En la figura 2 se aprecia como se distribuye la profundidad del suelo a nivel global, imagen tomada de (Universida Nacional de Agricultores y Ganadores, 2017)

2.3.1.3. Característica del agua en el suelo

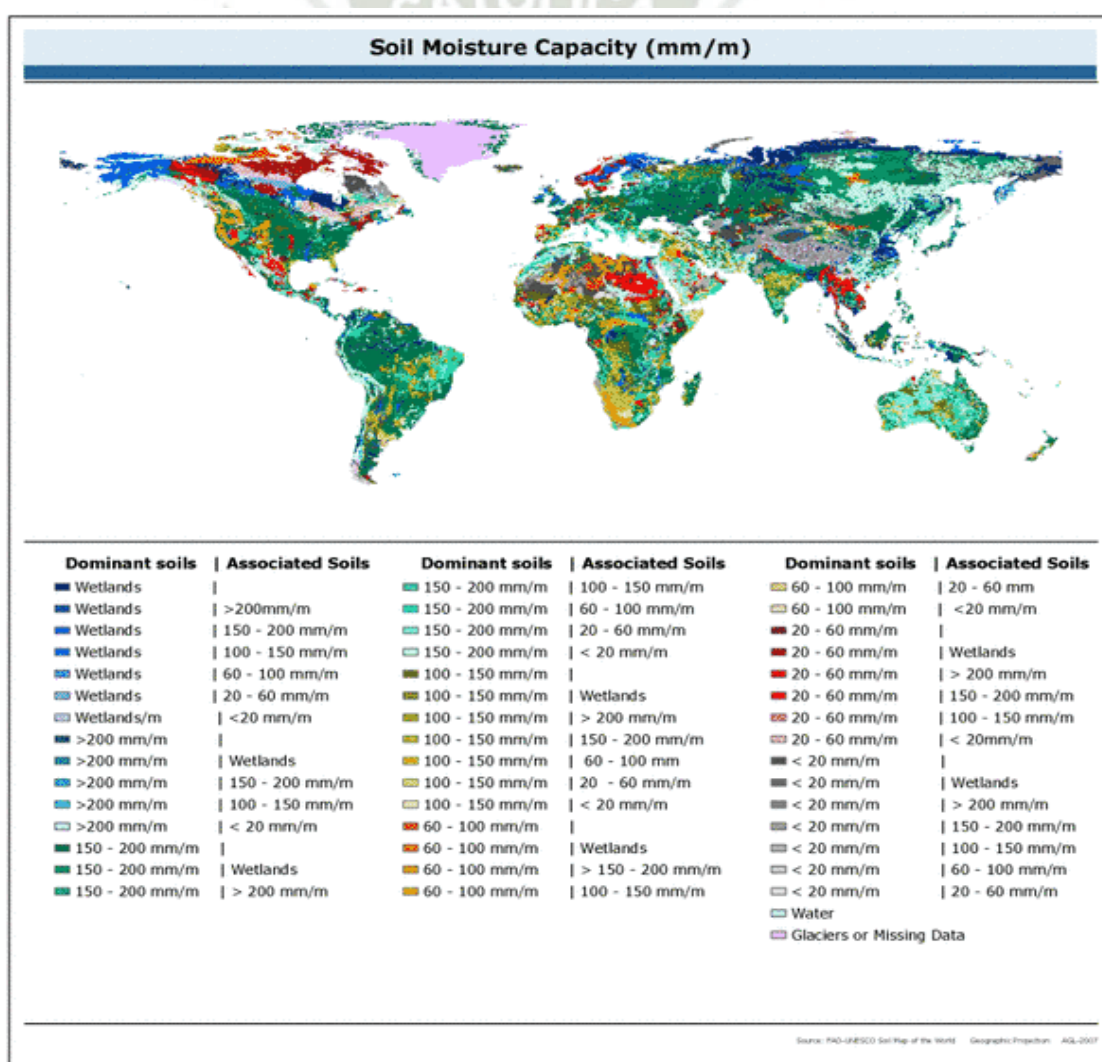
La presencia de agua en el suelo, ya sea retenida en él o circulando a través de él, desempeña un papel significativo en la génesis del suelo, su composición, su estabilidad y su susceptibilidad a la erosión. La capacidad de retención de agua en el suelo es fundamental para satisfacer las necesidades de riego de las plantas, siendo un factor crucial en este contexto (FAO, 2023).

De igual manera, el agua en los suelos juega un papel fundamental en el desarrollo de los ecosistemas terrestres, especialmente en relación con las plantas. Cumple dos funciones esenciales: en primer lugar, participa en la formación del suelo al facilitar los procesos de meteorización físicoquímica y la translocación de sustancias. En segundo lugar,

influye en la fertilidad del suelo al transportar nutrientes y posiblemente contaminantes. La cantidad de agua en un suelo varía continuamente a lo largo del tiempo debido a la entrada de agua por lluvias, riego y filtración lateral, y a la salida de agua por escorrentía o drenaje. Por lo tanto, tanto el contenido total de agua como el flujo de agua a través del perfil del suelo son factores determinantes para una serie de procesos clave (Pachés , 2020).

Figura 3.

Características del agua en el suelo a nivel global



Nota. En la figura 2 se aprecia como se muestran y describen las características del agua en el suelo a nivel mundial, datos tomados de (FAO, 2023).

2.3.1.4. Disponibilidad de agua

Cuando un suelo se encuentra sumergido de agua, esta ocupa los espacios de aire en el suelo. La denominada Capacidad de Campo (CC) se refiere a la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener después de haber estado completamente saturado y haber permitido que drene libremente, sin que ocurra evaporación o transpiración, y hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice, lo cual suele ocurrir después de 24 a 48 horas de una lluvia o riego. El agua que ocupa los poros más grandes (macroporos) se desplaza hacia capas inferiores debido a la gravedad, mientras que los poros más pequeños (microporos) se llenan de agua, dejando espacio para el aire y el agua en los poros más grandes (FAO, 2023).

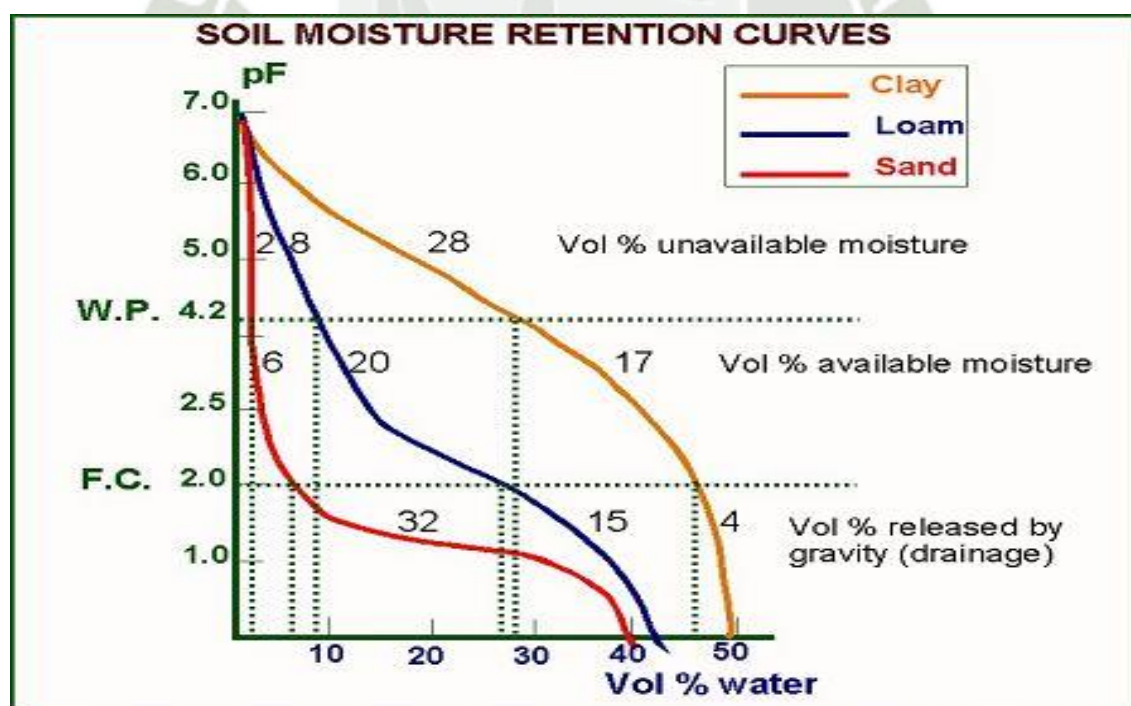
En tal sentido, el punto de capacidad de campo se caracteriza por una succión de 1/3 bar. En contraste, las plantas necesitan ejercer una succión máxima de hasta 15 bares. Cuando la succión alcanza los 15 bares, la cantidad de agua en el suelo recibe el nombre de Punto de Marchitez Permanente (PMP). En este punto, las plantas pierden su capacidad de succión y continúan perdiendo agua a través de la transpiración, lo que resulta en la pérdida de turgencia de la planta y, en última instancia, en su marchitez. Gráficamente, la diferencia entre el Punto de Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente determina la cantidad de agua disponible para el cultivo, expresada en milímetros o como un porcentaje. La textura del suelo influye en la cantidad de agua que un suelo retiene después de haber drenado hasta el punto de capacidad de campo, así como en la cantidad que está disponible para las plantas (FAO, 2023).

Asimismo, la variación de los atributos funcionales en las comunidades se encontró fuertemente vinculada a la disponibilidad de agua en el suelo, mientras que la disponibilidad de nutrientes desempeñó un papel de menor importancia. Simultáneamente, los cambios en la estructura de las comunidades se derivaron de las fluctuaciones en la composición de

especies. Estos hallazgos subrayan la relevancia del agua en los ecosistemas mediterráneos, lo cual es un conocimiento previamente establecido. Sin embargo, lo novedoso en este estudio radica en que la variabilidad del agua a nivel local puede originar modificaciones significativas en la configuración de la comunidad. Estos cambios no solo se deben a la sustitución de especies en la comunidad, sino también a la alteración de la composición funcional de estas últimas. Estos resultados son de especial importancia en el contexto actual de cambio climático, ya que se prevé un aumento generalizado de la aridez, lo que podría conllevar consecuencias adversas para las comunidades asociadas a zonas más húmedas, tanto por la desaparición de ciertas especies como por la perturbación de diversos procesos ecosistémicos relacionados con ellas (Instituto de Recursos Naturales de Sevilla, 2015).

Figura 4.

Curvas de características sobre la disponibilidad de agua en el suelo



Nota. EN la figura 4 se aprecia como interactúan las curvas de características sobre la disponibilidad de agua en el suelo, imagen tomada (FAO, 2023).

2.3.1.5. Textura del suelo

La composición del suelo se refiere a la proporción de los elementos inorgánicos que presentan diversas formas y tamaños, como arena, limo y arcilla. Este atributo, conocido como textura del suelo, es de gran importancia, ya que ejerce influencia en la fertilidad del suelo, su capacidad para retener agua, su nivel de aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras características relevantes (FAO, 2023).

De igual manera que, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) emplea el "triángulo de textura de suelos" como una herramienta para categorizar la textura del suelo. Además, las partículas del suelo que tienen un tamaño superior a 2.0mm se consideran como piedra y grava y se incorporan en la clasificación de la textura del suelo. Por ejemplo, si un suelo arenoso contiene un 20% de grava, se clasificará como "franco arenoso con presencia de grava". En aquellos casos en los que los componentes orgánicos predominan sobre los minerales, se generan suelos orgánicos en lugar de suelos minerales (FAO, 2023).

2.3.1.6. Color del suelo

El tono del suelo está condicionado por sus ingredientes y cambia en función de la cantidad de humedad, la presencia de materia orgánica y el nivel de oxidación de los minerales presentes. Este atributo se emplea como un indicador indirecto de diversas propiedades del suelo. Su utilidad se extiende a la diferenciación de estratos en el perfil del suelo, la identificación de la fuente de material parental, la detección de materia orgánica, la evaluación del nivel de drenaje, así como la identificación de la presencia de sales y carbonato (FAO, 2023).

Es por ello que, la coloración del suelo representa una característica esencial para su identificación y evaluación, permitiendo inferir la naturaleza de sus posibles componentes. Su importancia en la clasificación del suelo es innegable, y en la actualidad, los sistemas de

teledetección utilizan las variaciones en la radiación reflejada por la superficie, que están directamente relacionadas con su color, para elaborar mapas de suelos. Contrariamente a lo que podríamos suponer de manera inicial, el color del suelo presenta una amplia diversidad, pero para apreciar esta variedad es necesario explorar con detenimiento. Uno de los atributos más distintivos del suelo es, de hecho, su color. Al hacer referencia al suelo, los científicos consideran la totalidad del perfil del suelo, que abarca las diversas capas o horizontes presentes cuando se realiza una excavación (como una calicata o un hoyo) con fines de estudio. Cada horizonte se caracteriza por distintas propiedades físicas, químicas y biológicas, resultado de diversos procesos de formación y gestión, pero el primer aspecto que permite diferenciar un horizonte de otro es su color (Pérez, 2021).

Figura 5.

Tipología de los colores del suelo



Nota. En la figura 5 se aprecia una tipología sobre las características de los colores existentes en el suelo, imagen tomada de (Pérez, 2021).

2.3.1.7. Consistencia del suelo

La consistencia del suelo se refiere a una característica física que determina la capacidad del suelo para resistir deformaciones causadas por las fuerzas que actúan sobre él. Esta propiedad del suelo está influenciada por factores como el nivel de humedad presente, la presencia de materia orgánica en el suelo y la composición de arcillas presentes. Además, la estabilidad estructural del suelo se convierte en un componente fundamental en lo que respecta a su resistencia (Jaramillo, 2002).

Figura 6.

Efecto de la humedad del suelo en su consistencia



Nota. En la figura 6 se aprecia como es el efecto de la humedad del suelo y la consistencia con cohesión y adhesión en el comportamiento del suelo, imagen tomada (Jaramillo, 2002).

2.3.2. Resistencia cortante del suelo

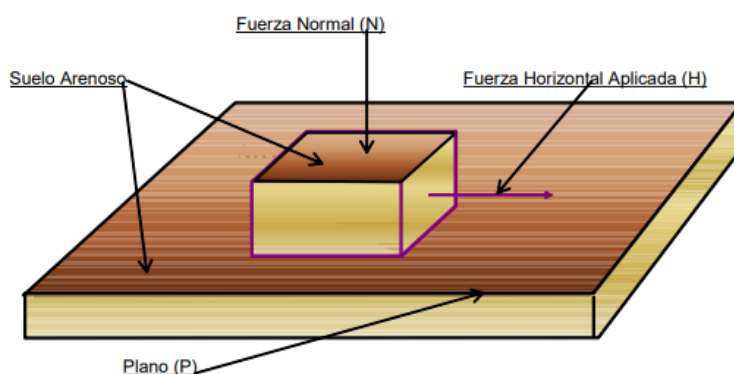
2.3.2.1. Ángulo de fricción interna

Es un parámetro para la determinación de la resistencia al corte de un suelo bajo el criterio de Mohr – Coulomb. Es el ángulo que se forma entre el eje de esfuerzos normales con la envolvente de falla. Su interpretación física representa la fricción entre las partículas de un suelo y está relacionada con el ángulo de reposo de suelos sin cohesión. En suelos con cohesivos, el ángulo de reposo depende del ángulo de fricción interna y también de la cohesión, pero para arenas, donde no hay presencia de cohesión, el ángulo de reposo es igual al ángulo de fricción interna, si esta no está saturada.

Asimismo, El parámetro crítico en la determinación de la resistencia al corte en el suelo es el ángulo de fricción interna, ya que este juega un papel central en la evaluación de las capacidades de carga máxima y admisible del suelo. Es ampliamente reconocido que el ángulo de fricción interna en suelos de grano grueso se encuentra principalmente influenciado por dos factores fundamentales: la distribución de tamaños de partículas (gradación) y la relación entre su densidad actual y la densidad máxima posible (densidad relativa) (Covo et al, 2012).

Figura 7.

Prueba de ensayo para ilustrar la resistencia al corte en suelos arenosos



Nota. En la figura 7 se aprecia un ejemplo de ensayo de corte directo (Covo et al, 2012).

2.3.2.2. Cohesión

Es una propiedad de algunos suelos donde por interacción de sus partículas existe una fuerza entre ella, por la ligazón de las partículas, la cohesión aumenta la resistencia cortante de los suelos (Universidad Tecnológica de Chile, 2019).

2.3.2.3. Resistencia de un suelo

Bowles, (1997) Indicaba que la resistencia del suelo es la oposición a las deformaciones de la masa que se desarrolla debido a las partículas girando, deslizándose y chocándose; y que esta es reducida por la presión de agua interna que existe o se desarrolla durante el movimiento de las partículas. Esta resistencia a la deformación es la resistencia cortante del suelo y se computa en términos de dos parámetros del suelo: atracción entre partículas o parámetro de cohesión “ c ”, y la resistencia friccionante al deslizamiento entre partículas llamado ángulo de fricción interno “ ϕ ”.

La falla en los suelos se genera mediante un plano envolvente de falla donde la masa de suelo se desplaza por este plano y las partículas de suelo cercanas al plano se desplazarían. Mientras ocurre el desplazamiento en los suelos las partículas dentro del plano de falla se desplazan de sus posiciones originales en relación con las partículas de suelo cercanas. En tanto las partículas se van desplazando los enlaces y fuerzas inter partícula (cohesión) se van rompiendo, algunos granos individuales del suelo se romperían del mismo modo, las partículas dentro del plano de falla rotarían y se desplazarían hacia nuevas posiciones y estas partículas se deslizarían friccionando con las partículas cercanas. Estos desplazamientos internos entre las partículas son resistidos por: La fuerza de los enlaces entre partículas (cohesión), la resistencia friccionantes al deslizamiento entre partículas, la resistencia a la rotación y desplazamiento de las partículas por interferencia con las partículas adyacentes en el plano de falla. Estos diferentes tipos de resistencia son la fuente

de la resistencia cortante de los suelos en general. Los dos tipos de resistencia más importantes y que gobiernan la resistencia cortante de los suelos son la magnitud de fuerza de contacto entre partículas como resultado de valores grandes de esfuerzo vertical efectivo y la densidad de los suelos, las densidades más altas responden a resistencias más altas.

2.3.2.4. Criterio de falla de Mohr-Coulomb

Coulomb (1776), Propuso la resistencia al corte de un suelo mediante la siguiente expresión:

Ecuación 1.

Resistencia al corte de un suelo en esfuerzos totales

$$\tau = c + \sigma \tan(\varphi)$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte

c : Parámetro de cohesión

φ : Ángulo de fricción interna de los suelos

σ : Esfuerzo normal total

Esta expresión representaba bien la resistencia total de los suelos en su época sin embargo esta expresión no tomaba en consideración la presencia de nivel freático y su influencia sobre los esfuerzos totales y efectivos, es por eso que en 1975 Terzaghi propuso que se trabaje la ecuación anterior con parámetros efectivos, proponiendo así que la resistencia del suelo esta únicamente soportada por el contacto inter partícula, el esfuerzo efectivo.

Ecuación 2.

Esfuerzos totales y efectivos en un suelo

$$\sigma' = \sigma - u$$

La presión interna de vacíos generada por el incremento de presión interna de agua dentro de los vacíos del suelo reduce el valor de la resistencia al corte por consiguiente la resistencia al corte quedaría expresada como sigue:

Ecuación 3.

Resistencia al corte de un suelo en esfuerzos efectivos

$$\tau = c' + \sigma' \tan(\phi')$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte

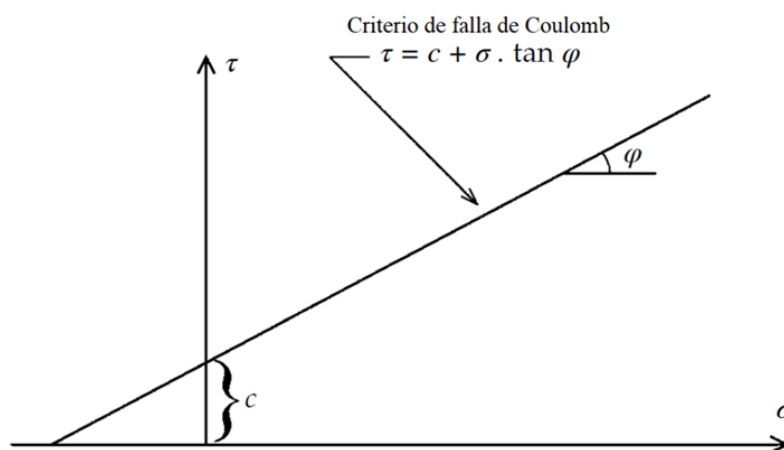
c' : Parámetro de cohesión efectivo

ϕ' : Ángulo de fricción efectiva interna de los suelos

σ' : Esfuerzo normal efectivo

Figura 8.

Criterio de falla de Coulomb. Fuente: adaptado de Lade (2016)



Nota: Extraído de (Covo et al, 2012).

2.3.3. Trayectoria de esfuerzos

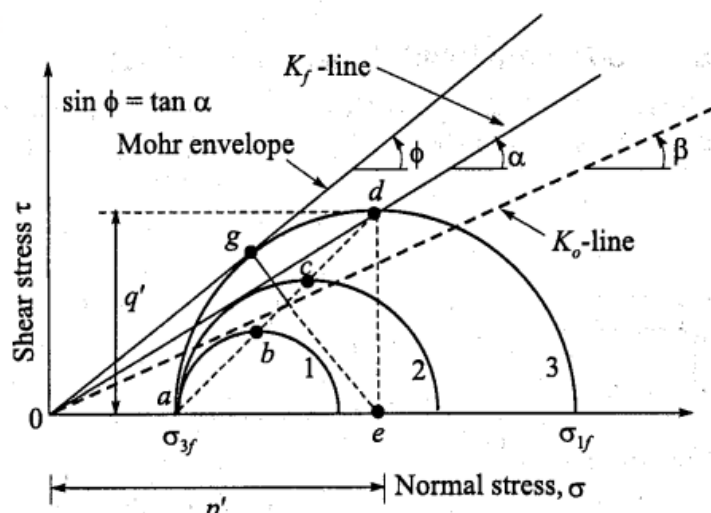
Según (Murthy, 2007), la trayectoria de esfuerzos es la trayectoria que muestra gráficamente el estado de esfuerzos en el espécimen ensayado o en una masa de suelo en

cualquier etapa de carga desde el estado de equilibrio hasta el estado de falla. La trayectoria de esfuerzo brinda una mejor visión del comportamiento del suelo en cualquier etapa o en etapas sucesivas de carga. Hay variedad de maneras de representar la trayectoria de esfuerzos gráficamente, una de ellas es el diagrama de Lambe p-q.

Una forma de representar la variación en los esfuerzos internos de un suelo sometido a ensayos de carga, como corte directo o ensayo triaxial, es utilizando círculos de Mohr en la envolvente de falla de Mohr – Coulomb. Sin embargo, un diagrama de círculos puede ser de interpretación confusa, especialmente si representan varios ensayos en el diagrama. Como alternativa para este problema se planteó dibujar los puntos a, b, c y d en la figura 9, donde el punto a representa el esfuerzo de confinamiento inicial y los demás puntos los máximos esfuerzos de corte obtenidos de las correspondientes etapas de carga en un ensayo.

Figura 9.

Etapas de carga de una muestra ensayada con confinamiento constante



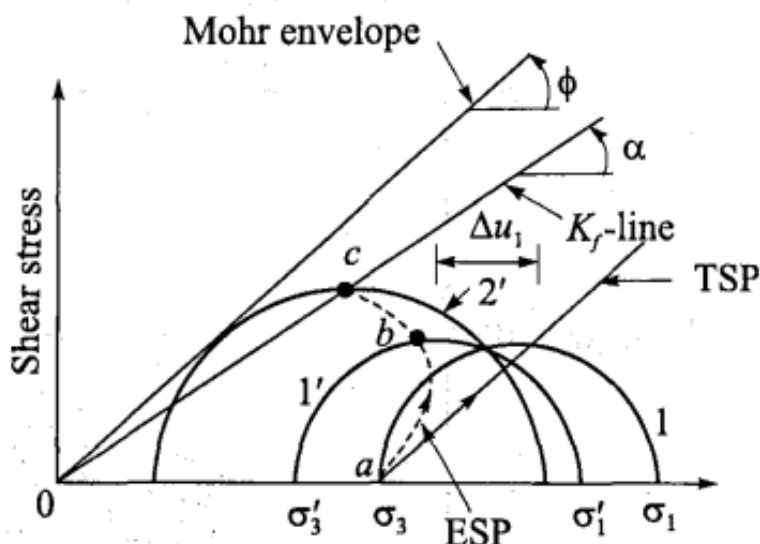
Nota: (Murthy, 2007).

Como se puede apreciar en la figura 9, la trayectoria de esfuerzos a, b, c y d sigue una línea recta con crecimiento constante, esto indica que el esfuerzo de confinamiento σ_3 ,

no se reduce durante las etapas de corte, esto sucede cuando se permite el drenaje libre durante la variación de esfuerzos.

Figura 10.

Etapas de carga de una muestra ensayada sin permitir drenaje



Nota: La figura muestra la trayectoria de esfuerzos en un ensayo triaxial no drenado (Murthy, 2007).

Considerando la imagen 10 para una muestra que presenta baja permeabilidad mientras se le aplica la carga σ_1 , debido a que el agua no puede salir con facilidad, una parte de la carga σ_1 es soportada por el agua lo que haría que se incremente la presión de poro interna de la muestra. Este incremento de presión de poro haría que el esfuerzo de confinamiento σ_3 se reduzca y se tendría la trayectoria de esfuerzos mostrada con línea discontinua en la figura 10.

En las siguientes ecuaciones se presenta como calcular p y q en notación de la universidad de Cambridge, esta notación utilizada para diversos modelos constitutivos como son Cam Clay, Modified Cam Clay, etc. En la presente investigación se utiliza la notación Cambridge para los diagramas de Lambe.

Ecuación 4.

Notación de trayectoria de esfuerzos p' - q de Lambe

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

$$q = \sigma_1 - \sigma_3$$

Donde:

σ_1 : Esfuerzo principal

σ_3 : Esfuerzo de confinamiento

2.3.4. Ensayo de Corte Directo

La razón principal de llevar a cabo ensayos de corte, es calcular las propiedades de resistencia cortante de un suelo. Según, Lade (2016) se debe asumir que las muestras sometidas a ensayos son homogéneas y representativas del suelo en su estado natural. Las propiedades de corte del ensayo de corte directo pueden ser obtenidas de manera directa o por medio de interpretación teórica.

Las propiedades mecánicas que usualmente se desea obtener de este ensayo son el ángulo de fricción, el parámetro de cohesión, el desplazamiento vs el esfuerzo y el cambio de volumen.

Los ensayos de corte directo tienen drenaje libre y se realizan en muestras de suelos, se llevan a cabo bajo el criterio de representar lo más parecido que se pueda el sistema en el terreno cuando este es cargado, ya que existe muchísimas variables como son: densidad relativa, índice de los vacíos, saturación, índice de sobre consolidación, cargas actuantes, esfuerzos efectivos y totales; que influyen en el comportamiento resultante del suelo (Lade, 2016).

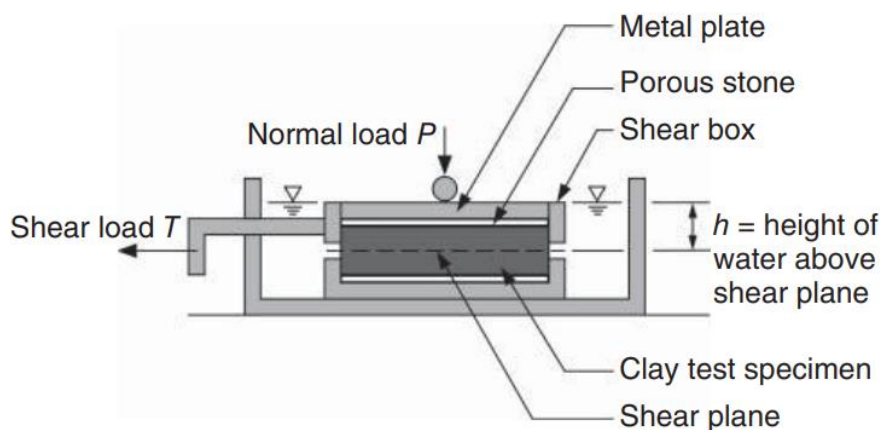
Ya que existen limitaciones en los equipos de laboratorio y en las prácticas de cada operador, es fundamental que se tome en consideración los siguientes puntos:

- Se deben conocer las condiciones reales del terreno principalmente en cuanto a condición de drenaje.
- Los equipos de laboratorio deben representar estas condiciones con la precisión requerida.
- Se debe conocer los esfuerzos en el campo, especialmente los esfuerzos de confinamiento y según esto realizar los ensayos de laboratorio.

Según Head (1994), el ensayo de corte directo es el ensayo más simple y más sencillo para medir la resistencia drenada de los suelos y además es el más entendible. En el ensayo de corte directo, una muestra de suelo se remoldea con las condiciones iniciales en una caja metálica rígida, de forma cuadrada o circular, que consta de dos mitades. La mitad inferior de la caja se desliza con respecto a la mitad superior por la acción de una fuerza de corte horizontal en constante aumento, mientras se aplica una carga constante normal al plano de movimiento relativo (Head, 1994). El principio de este ensayo se representa en la figura 11.

Figura 11.

Esquema del ensayo de corte directo



Nota: En la figura se muestra el esquema de un ensayo de corte directo (Duncan, 2014).

2.3.5. Ensayo triaxial

El registro del primer ensayo triaxial desarrollado fue el llamado cell test, que es un tipo de ensayo triaxial desarrollado cerca de 1930 por Buisman, con el objetivo principal de representar las trayectorias de resistencia al corte en suelos cohesivos. Posteriormente, Bishop en 1950, se percató que la deformación máxima obtenida en el ensayo no es suficiente para llegar al estado de falla en la muestra y además, que la resistencia cortante obtenida en este ensayo, llega a ser menor que la obtenida a partir de un ensayo triaxial no drenado. Los primeros esbozos que tenían características de los ensayos triaxiales fueron desarrollados por Buisman (1924) y Hveem (1934).

No obstante, el primer prototipo considerado ensayo triaxial moderno fue diseñado en Viena por Terzaghi en 1930. Este equipo de ensayo triaxial fue ensamblado por Rendulic en 1933, trabajando junto con el profesor Terzaghi en un proyecto relacionado con la resistencia de arcillas. A estos dos investigadores se le reconoce la medición, por primera vez, de la presión de interna de poro dentro de una muestra de arcilla. Además, se desarrollaron ensayos drenados y no drenados y demostraron la veracidad del postulado de esfuerzo efectivos de Terzaghi. En Norteamérica el primer ensayo triaxial fue ensamblado en el MIT por Casagrande por 1930, planteando una modificación del equipo inicial en Viena por Terzaghi. En aquella época y en la mayoría de las nuevas metodologías, los pioneros en la temática concluyeron que el aparato triaxial presentaba mejor calidad y cantidad de datos que los ensayos de corte directo.

El ensayo triaxial es considerado el más común y versátil de los ensayos de resistencia de los suelos, sin embargo, es también en algunos casos laborioso y largo. El ensayo consiste en aplicar esfuerzos laterales y verticales incrementales a probetas cilíndricas y estudiar el comportamiento de la muestra. Este ensayo puede realizarse en muestras “inalteradas” o en muestras remoldeadas (muestras de suelo compactadas hasta

alcanzar la densidad y el contenido de humedad de diseño especificados, por ejemplo, para reproducir la colocación de rellenos).

En el ensayo triaxial la muestra se envuelve en una fina membrana de goma con la finalidad de aplicar presión mediante el agua contenido en su alrededor, y se coloca dentro de una cámara cilíndrica de plástico que suele estar llena de agua o aceite. La muestra se somete a la presión de confinamiento inicial en sus tres ejes, por compresión del fluido en la cámara. Para provocar el estado de falla por cortante en la probeta se debe aplicar un esfuerzo axial incremental a través de un pistón de carga vertical (a veces denominado esfuerzo desviador). Este esfuerzo puede aplicarse de dos maneras:

1. Aplicación de pesos muertos o presión hidráulica en incrementos iguales hasta que la muestra alcance el estado de falla.
2. Aplicación de la deformación axial a una velocidad constante mediante una prensa de carga hidráulica. En este caso se trata de un ensayo de deformación controlada.

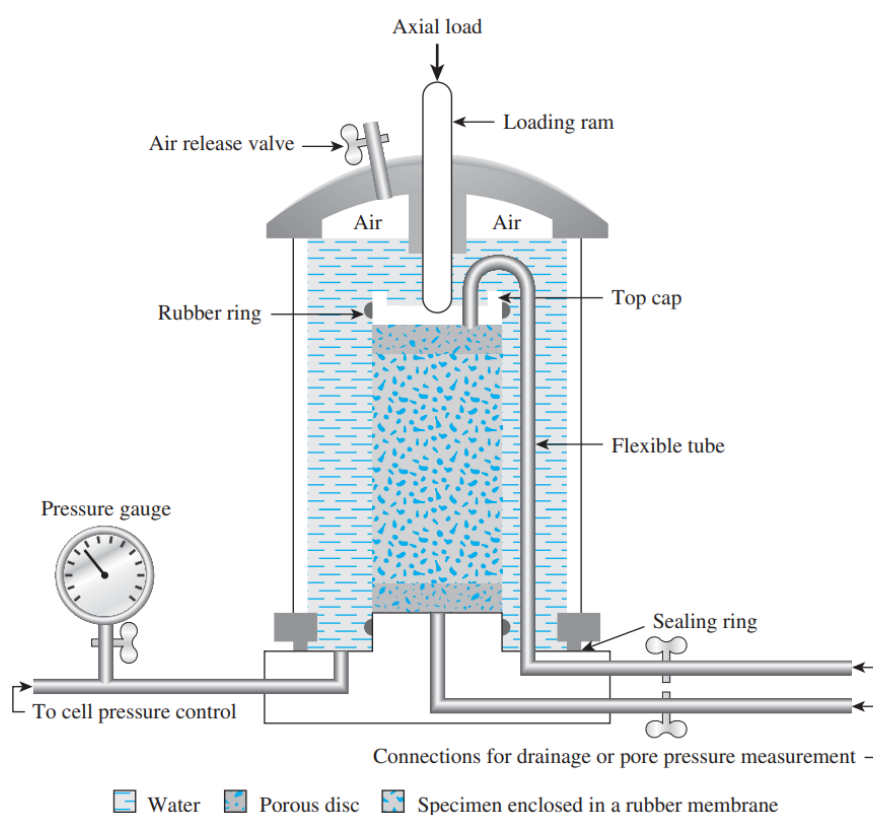
La carga axial aplicada se registra y la deformación asociada también.

También se proporcionan conexiones o líneas de flujo para medir el drenaje dentro y fuera de la probeta, o para medir la presión en el agua de los poros (según las condiciones del ensayo). Por lo general, se realizan los siguientes tres tipos estándar de ensayos triaxiales:

- Ensayo consolidado drenado (CD), drenaje libre.
- Ensayo consolidado no drenado (CU), sin drenaje.
- Ensayo no consolidado no drenado (UU), sin drenaje.

Figura 12.

Esquema del ensayo triaxial



Nota: Esquema de ensayo triaxial (After Bishop and Bjerrum, 1960. With permission from ASCE).

2.3.6. Densidad Relativa

La densidad relativa es una forma de medir el grado de compactación de un suelo, se expresa en porcentaje y es referida al estado más denso y más suelto de un suelo obtenidos por ensayos de laboratorio. Se expresa mediante la siguiente formula:

Ecuación 5.

Densidad relativa de un suelo

$$Dr = \frac{\gamma_{d-\max}}{\gamma_d} * \left[\frac{\gamma_d - \gamma_{d-\min}}{\gamma_{d-\max} - \gamma_{d-\min}} \right] \cdot 100\%$$

Donde:

Dr: Densidad Relativa (%)

γ_d : Densidad seca (g/cm³)

$\gamma_{d-\max}$: Densidad máxima seca (g/cm³)

$\gamma_{d-\min}$: Densidad mínima seca (g/cm³)

Gradación: la gradación de los suelos es la distribución en porcentaje de tamaños de partículas similares dentro de un espécimen de suelo. También se puede definir como la clasificación de acuerdo a la distribución de granulometría de un suelo en base a los coeficientes de curvatura y uniformidad. Se dice que un suelo es bien graduado cuando presenta partículas de diferentes tamaños, y está mal graduado cuando el tamaño de sus partículas es similar.

2.3.7. Velocidad de Corte

Según, (Lade, 2016). Durante la etapa de corte del ensayo de corte directo consolidado drenado se determinan las relaciones esfuerzo-desplazamiento, cambio de volumen, y la resistencia drenada, siendo la velocidad de corte, también llamada velocidad de deformación, uno de los factores más importantes que influyen en el comportamiento del suelo. La norma técnica peruana NTP 339.171 “Método normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas” indica que el dispositivo para el corte del espécimen debe permitir una velocidad desde 0.0025 mm/min a 1.00 mm/min e indica

adicionalmente que la velocidad del espécimen debe ser adecuada y relativamente baja para evitar el exceso de presión de poro.

2.3.8. Condición Drenada y No Drenada

Los conceptos de drenado y no drenado son fundamentales en el comportamiento de un suelo y es importante revisar estos estados antes de iniciar los ensayos de un suelo. En mecánica de suelos el concepto de drenado y no drenado está relacionado con la velocidad y facilidad con la que el agua puede moverse dentro del suelo en comparación con la velocidad de aplicación de la carga. Este concepto se enfoca en si el suelo puede o no generar exceso de presión de poro. Si a un suelo con poca permeabilidad, se le aplica una carga repentinamente, este se debe analizar en condiciones no drenadas, porque la aplicación de esta carga inmediata generaría un exceso de presión de poro, luego de un tiempo, el agua podrá salir del suelo entonces, el exceso de presión de poro se disipará y el suelo volvería a su condición drenada. Entonces, es evidente que el tiempo está relacionado para el análisis en condiciones drenadas o no drenadas.

Condición drenada en suelos: la condición drenada es indicativo de que el agua contenida dentro del suelo puede moverse o salir con facilidad tan rápido como la carga es aplicada. Bajo condiciones drenadas, la carga no genera exceso de presión de poro. Para suelos no cohesivos que son permeables, donde el agua puede moverse con facilidad dentro del suelo, la condición drenada es ideal para su análisis.

2.3.9. Suelo Arenoso

Los suelos arenosos, también conocidos como suelos no arcillosos, carecen de propiedades coloidales y tienen poca capacidad para retener nutrientes. Además, exhiben una estructura deficiente, una alta capacidad de aireación, una permeabilidad muy elevada y no pueden retener agua. Debido a estas características, no son adecuados para el cultivo

de regadío, ya que requieren un esfuerzo significativo para mantener la humedad y los nutrientes necesarios (Veto.cl, 2023).

De igual manera, los suelos desempeñan un papel esencial, ya que son el escenario donde ocurren cambios en la energía y la materia. Pueden ser considerados un recurso crítico e inagotable de nuestro planeta, especialmente cuando nos referimos a suelos fértiles y aptos para la agricultura. Su distribución no es homogénea en todo el mundo y varía en función de factores geográficos y condiciones climáticas. Se pueden adoptar diferentes enfoques para categorizar los diversos tipos de suelos disponibles. Por ejemplo, algunos se centran en las características físicas del entorno, lo que permite distinguir entre suelos jóvenes, suelos delgados, suelos con almacenamiento de agua o suelos con acumulación de arcilla (Concepto, 2023).

2.3.9.1. Composición de los suelos arenosos

Como su nombre indica, estos tipos de suelos están principalmente formados por arena, que consiste en pequeños fragmentos sueltos de rocas y minerales de tamaño muy reducido, oscilando entre 0,063 y 2 mm. En contraste con otros suelos, tienen una escasa cantidad de materia orgánica y tienen una baja capacidad de retención de agua, lo que los hace inadecuados para la agricultura debido a su falta de fertilidad (Concepto, 2023)..

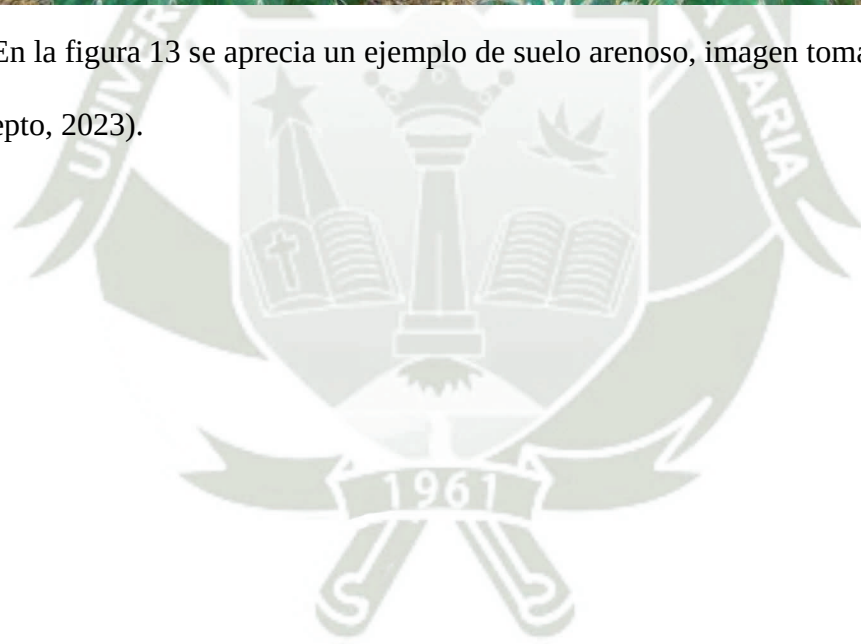
Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, algunas especies de plantas han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en estos suelos, empleando estrategias para retener el agua en sus estructuras. Los suelos arenosos son comunes en áreas costeras o desérticas (Concepto, 2023).

Figura 13.

Ejemplo de suelo arenoso



Nota, En la figura 13 se aprecia un ejemplo de suelo arenoso, imagen tomada de (Concepto, 2023).





CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

3.1.1.1 Enfoque cuantitativo.

Hernández et al., (2014) Afirma que el enfoque cuantitativo “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.” (pág. 04).

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se conducen ensayos de laboratorio, en las que se realizarán mediciones, las cuales serán procesadas para obtener los parámetros de resistencia cortante del suelo.

3.1.2. Tipo de investigación

3.1.1.2. Investigación descriptiva.

La investigación es de tipo descriptivo ya que se especificarán las propiedades y características del suelo ensayado, es de tipo correlacional porque tiene como propósito mostrar la relación entre las variables independientes, densidad, gradación y velocidad de corte con los resultados de la variable dependiente, parámetros “c” y “ ϕ ”. La investigación es de tipo explicativa porque tiene como fundamento la prueba de la hipótesis y tiene la finalidad que los resultados sean una base para futuras investigaciones.

3.1.3. Diseño de investigación

3.1.3.1. Investigación Experimental

Arias (2012) plantea como investigación experimental “es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (pág. 34).

El diseño de la investigación es de tipo experimental ya que se variará las variables densidad, gradación y velocidad de corte para evaluar su influencia en el cálculo de los parámetros de resistencia. La investigación presentada es experimental, del tipo experimento puro porque tiene como finalidad la manipulación intencional de sus variables, densidad, gradación y velocidad de corte y la medición de su influencia en la variable dependiente, parámetros " c " y " ϕ ".

3.2. Población, Muestra y Muestreo

Según Duncan, J. (2014). Las características de resistencia de los suelos granulares como arenas, gravas y enrocados, son similares debido a la alta permeabilidad de estos materiales que se reflejan en su resistencia drenada.

La delimitación de la población se realizó considerando que los resultados de la presente investigación se podrán generalizar en la población tomada. Por lo anterior expuesto, en la presente investigación se delimitó como población a todos los suelos de clasificación SUCS areno limosa ubicados en Perú, que no presentan nivel freático y que pertenecen al Batolito de la costa. El área de estudio se limita al suelo arenoso del distrito de Paucarpata, provincia y departamento de Arequipa.

En el distrito de Paucarpata se cuenta con 128 Zonas, según el Plan de desarrollo local concentrado de Paucarpata, de las cuales 120 zonas son Flujos de Barro con suelos densos y estas cuentan con suelos arenosos, según Núñez de Prado (2001). Para la presente investigación se eligió como muestra por conveniencia la calicata C-1 de la Zona Residencial densidad media tipo 2 RMD2. En urbanización Manuel Prado, en la propiedad con dirección calle 1° de mayo 305. En la presente investigación se optó por realizar un muestreo por conveniencia debido a las características la investigación ya que los suelos no cohesivos se comportan de manera similar por a su alta permeabilidad.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas a utilizar será la observación de los suelos, así como los diferentes ensayos a realizar. Los instrumentos serán los manuales del NTP, así como la diversa bibliografía y revistas especializadas de suelos y el software Excel para procesamientos de los datos.

3.3.1. Procedimientos

Primero se sectoriza la ciudad de Arequipa según estudios previos de la estratigrafía y vulnerabilidades, para conocer cuáles son las zonas donde obtendrán muestras con las características deseadas, según esa información se hace la obtención de estas por medio de calicatas, se hace los diferentes ensayos según las NTP (granulometría, clasificación de suelos SUCS, humedad de un suelo, densidad máxima y mínima en arenas y Corte directo) Todos los ensayos se realizarán con la humedad natural del suelo. Se realizará ensayos de corte directo en condición drenado a densidades relativas de 50%, 75%, 85% y 95% Se realizará 02 ensayos de un suelo con diferentes gradaciones y se realizará 04 ensayos a diferentes velocidades de corte, en los límites de la norma para corte directo - consolidado drenado. Finalmente se obtendrán los parámetros de corte " c " y " ϕ " para evaluar la resistencia al cortante del suelo y se comparará y evaluará los resultados.

3.4. Método de análisis de datos

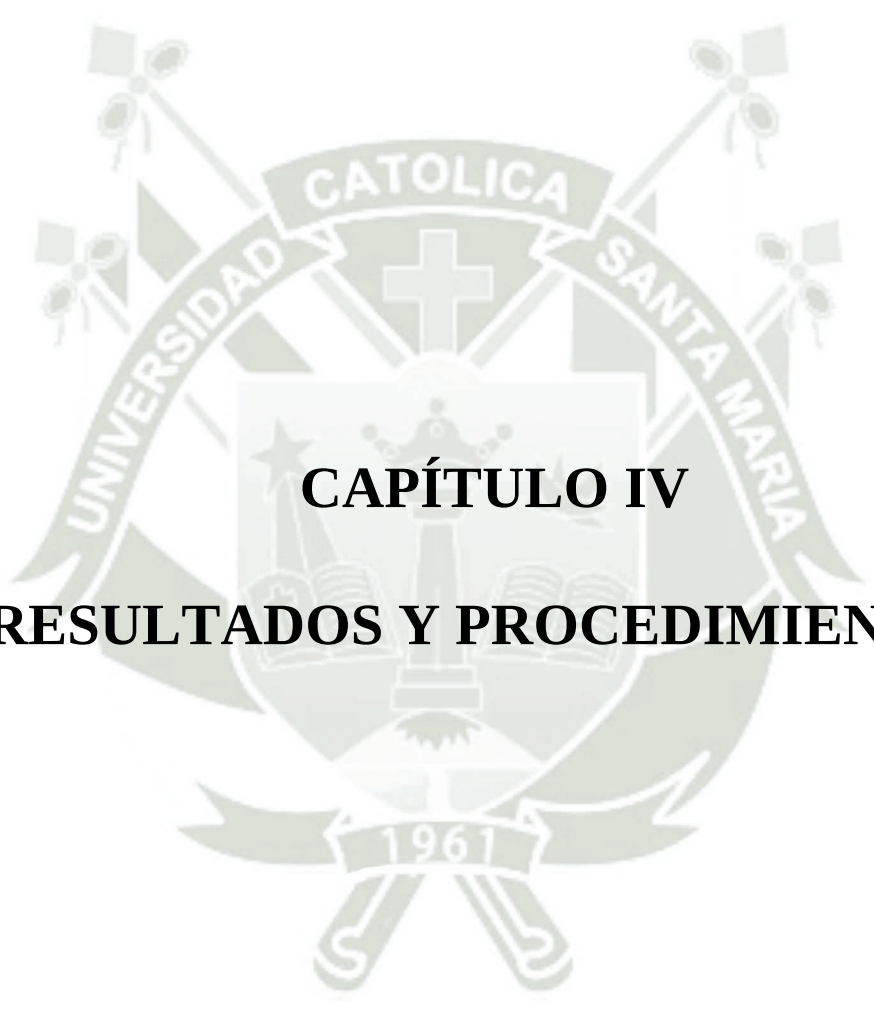
El tipo de análisis de datos propuesto en la presente investigación, tomando en cuenta los tipos de medición de las variables, es de tipo descriptiva. El análisis de datos se realizará mediante medidas de variabilidad y gráficos que presenten los resultados de los ensayos y mediciones de las variables. El análisis de datos se realizará por medio de software estadísticos.

3.5. Aspectos éticos

Los ensayos propuestos en la presente investigación se realizarán estrictamente de acuerdo a los métodos normalizados de las normas técnicas peruanas NTP del mismo modo el análisis y

cálculo de los resultados. El ensayo de densidad relativa se realizará de acuerdo a la norma peruana NTP 339.137.





CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y PROCEDIMIENTOS

En el presente capítulo se exponen los resultados de ensayos realizados y los procedimientos de los mismos. En los siguientes cuadros se muestra un resumen de los ensayos realizados, sus características y normativa asociada.

Tabla 3.

Ensayos de caracterización realizados

Descripción	Normativa	Número de ensayos
Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual	NTP 339.150	1
Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127	4
Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128	3
Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo	NTP 339.131	2
Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	NTP 339.129	1
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).	NTP 339.134	4
Densidad máxima y mínima en arenas	NTP 339.137	1

Nota: Elaboración propia

Tabla 4.
Ensayos de resistencia realizados

Descripción	Normativa	Número de ensayos	Característica
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 50% Vel=0.45mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr =75% Vel=0.45mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 85% Vel=0.45mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 95% Vel=0.45mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 95% Vel=1.00mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 95% Vel=0.80mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 95% Vel=0.25mm/min
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	NTP 339.171	1	Dr = 95% Vel=0.45mm/min Cu = 4.48
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr =50% Vel=0.10mm/min

Descripción	Normativa	Número de ensayos	Característica
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 75% Vel=0.10mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 85% Vel=0.10mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 95% Vel=0.10mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 95% Vel=0.45mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 95% Vel=0.25mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 95% Vel=0.05mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	NTP 339.166	1	Dr = 95% Vel=0.10mm/min
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado para suelos cohesivos	NTP 339.164	1	Cu=4.48 Dr = 95% Vel=0.05mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

Dr: Densidad relativa

Vel: Velocidad de corte

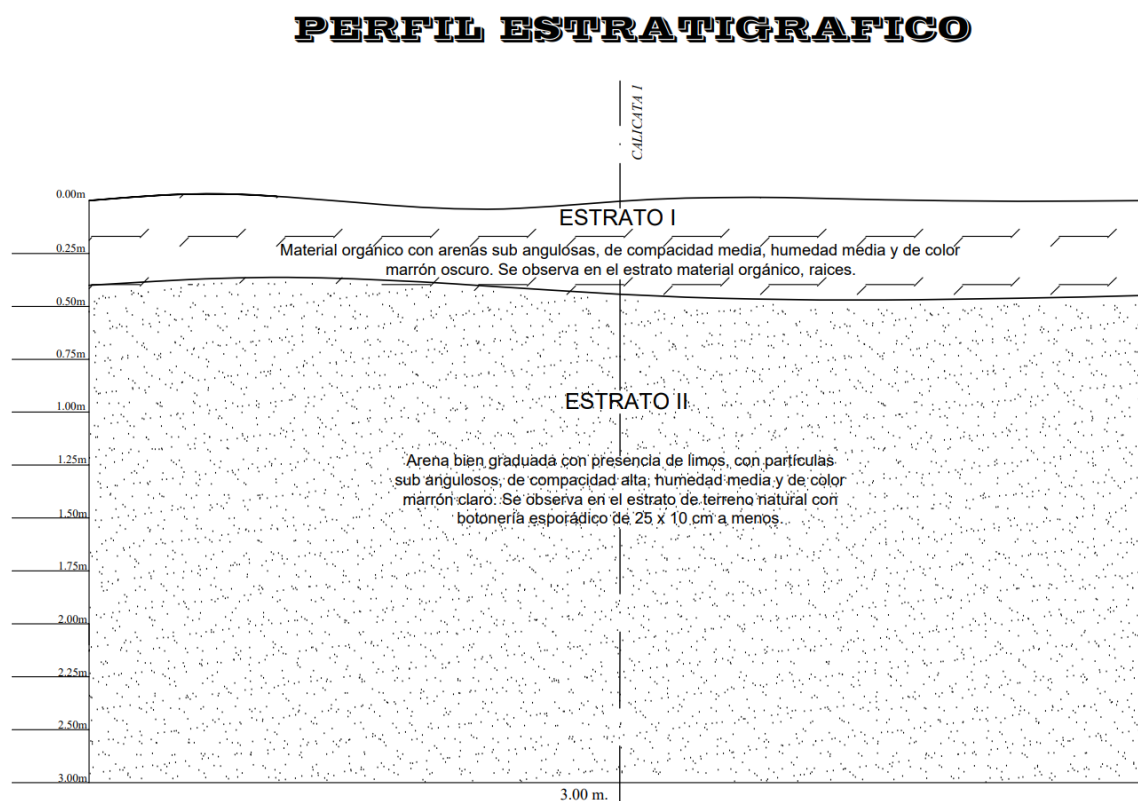
Cu: Coeficiente de uniformidad, $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

4.1. Perfil estratigráfico

En la siguiente imagen se muestra el perfil estratigráfico correspondiente a la calicata C 01, se realizó solo 1 para la realización de los ensayos de laboratorio.

Figura 14.

Perfil estratigráfico



Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 14, el terreno presenta una capa de material orgánico de 40 cm de altura de compactación media, humedad media y de color marrón oscuro, seguida por un estrato de arena limosa hasta una profundidad de 2.50 m, con partículas sub angulosas, de compactación alta, humedad media y de color marrón claro. Se observa en el estrato de terreno natural con botonería esporádico de 25 x 10 cm a menos, no se aprecia presencia de nivel freático. Se utilizó solo la muestra M-1 proveniente del estrato 2 de la calicata C-1 para la realización de los ensayos de laboratorio, no se utilizó muestras adicionales.

4.2. Ensayo granulométrico y clasificación SUCS en la muestra M-1 de la calicata

C-1

Siguiendo la norma NTP 339.128, se realizó 03 ensayos de análisis granulométrico mediante tamizado, en la tabla 5, 6 y 7 se muestran los resultados de los ensayos y la figura 15, 16 y 17 se muestran la curva granulométrica correspondientes a la muestra M-1, procedente de la calicata C-1.

Tabla 5.

Granulometría 01 en muestra M-1 de calicata C-1

TAMIZ	Diámetro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
4"	101.6					
3"	76.20	0.00				100.0
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	11.09	11.09	0.51	0.51	99.49
1/2"	12.70	15.38	15.38	0.71	1.23	98.77
3/8"	9.52	19.63	19.63	0.91	2.13	97.87
4	4.760	106.56	106.56	4.93	7.07	92.93
8	2.380	103.40	103.40	4.79	11.85	88.15
16	1.190	156.75	156.75	7.26	19.11	80.89
20	0.850	100.97	100.97	4.67	23.78	76.22
30	0.590	140.08	140.08	6.48	30.27	69.73

Nota: Elaboración propia

De la tabla 5, el tamaño máximo TM es 1 pulgada. El coeficiente de uniformidad C_u es 9.89, resultado de una distribución uniforme de tamaño de partículas. El coeficiente de curvatura C_c es 0.96. La clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS según la norma NTP 339.134, es “SM” Arena Limosa.

Curva Granulométrica 01 en muestra M1 de calicata-C1



Tabla 6.
Granulometría 02 en muestra M-1 de calicata C-1

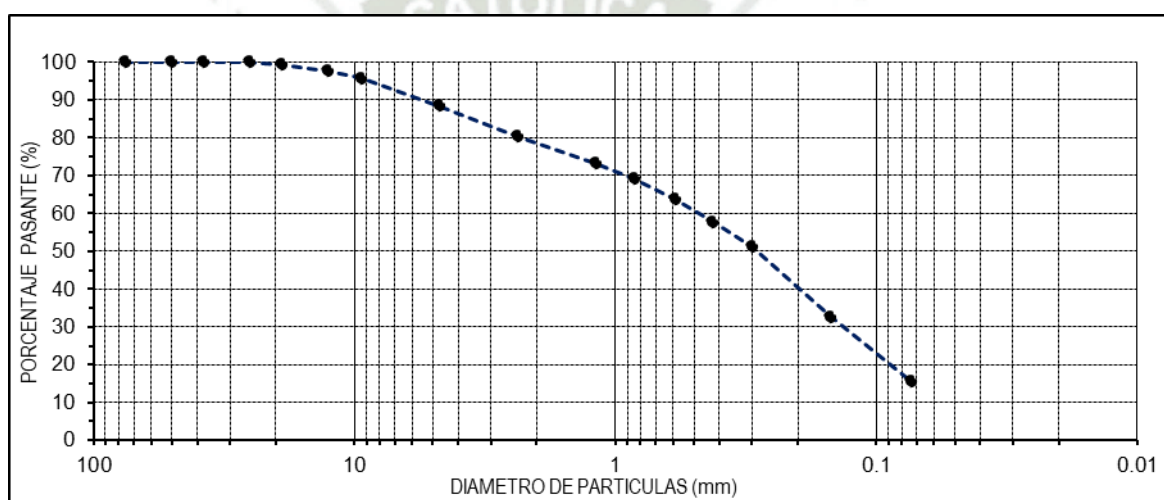
TAMIZ	Diámetro	Peso ret	Peso	%	% Total	%
	(mm)	+Tara	ret.	Peso	Retenido	Total
		(g)	(g)	ret.		Pasante
4"	101.6					
3"	76.20					100.00
2"	50.80		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	13.67	13.67	0.66	0.66	99.34
1/2"	12.70	33.20	33.20	1.61	2.27	97.73
3/8"	9.52	39.68	39.68	1.92	4.20	95.80
4	4.760	148.70	148.70	7.21	11.41	88.59
8	2.380	169.41	169.41	8.21	19.62	80.38
16	1.190	148.58	148.58	7.20	26.82	73.18
20	0.850	81.89	81.89	3.97	30.79	69.21
30	0.590	111.48	111.48	5.41	36.20	63.80
40	0.425	122.01	122.01	5.92	42.12	57.88
50	0.300	137.42	137.42	6.66	48.78	51.22
100	0.150	381.56	381.56	18.50	67.28	32.72
200	0.074	348.98	348.98	16.92	84.20	15.80
Fondo		325.89	325.89	15.80	100.00	0.00

Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la tabla 06 del análisis granulométrico 02, el tamaño máximo TM es 1 pulg. El coeficiente de uniformidad Cu es 10.33, resultado de una distribución uniforme de tamaño de partículas. El coeficiente de curvatura Cc es 0.84. La clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS según la norma NTP 339.134, es “SM” Arena Limosa.

Figura 16.

Curva Granulométrica 02 en muestra M1 de calicata-C1



Nota: Elaboración propia

Tabla 7.

Granulometría 03 en muestra M-1 de calicata C-1

TAMIZ	Diámetro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
4"	101.6					
3"	76.20					100.00
2"	50.80		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	0.00	100.00

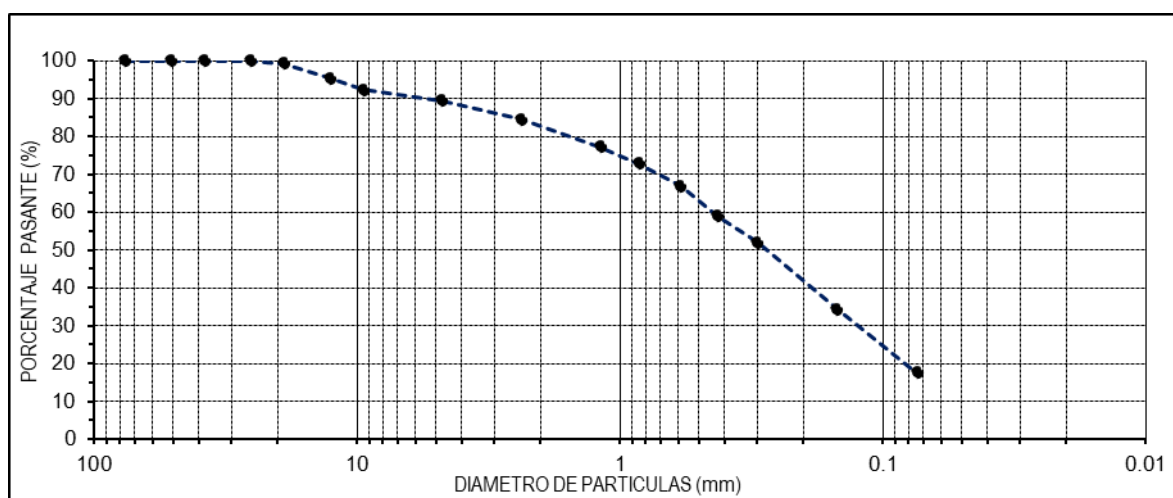
TAMIZ	Diámetro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
1"	25.40		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	17.09	17.09	0.75	0.75	99.25
1/2"	12.70	85.45	85.45	3.77	4.53	95.47
3/8"	9.52	68.95	68.95	3.04	7.57	92.43
4	4.760	68.45	68.45	3.02	10.59	89.41
8	2.380	109.40	109.40	4.83	15.42	84.58
16	1.190	164.75	164.75	7.27	22.69	77.31
20	0.850	101.97	101.97	4.50	27.19	72.81
30	0.590	134.08	134.08	5.92	33.11	66.89
40	0.425	180.08	180.08	7.95	41.06	58.94
50	0.300	156.16	156.16	6.89	47.95	52.05
100	0.150	400.58	400.58	17.68	65.63	34.37
200	0.074	379.43	379.43	16.75	82.38	17.62
Fondo		399.13	399.13	17.62	100.00	0.00

Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la tabla 06 del análisis granulométrico 03, el tamaño máximo TM es 1 pulg. El coeficiente de uniformidad Cu es 10.64, resultado de una distribución uniforme de tamaño de partículas. El coeficiente de curvatura Cc es 0.90. La clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS según la norma NTP 339.134, es "SM" Arena Limosa.

Figura 17.

Curva Granulométrica 02 en muestra M1-de calicata C1



Nota: Elaboración propia

De los 03 ensayos granulométricos realizados se tomó el promedio aritmético para el cálculo de los coeficientes de uniformidad y curvatura, obteniendo como resultado lo mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Clasificación SUCS y Coeficientes uniformidad y curvatura en la muestra M-1 de calicata C-1

COEFICIENTES	
Cu	10.29
Cc	0.90
CLASIFICACION	
SUCS	SM

Nota: Elaboración propia

4.3. Contenido de humedad NTP 339.127 en la muestra M-1 de la calicata C-1

Aplicando la norma peruana NTP 339.127 se realizó el ensayo de contenido de humedad de la muestra M-1 perteneciente a la calicata C-1. Según la tabla 09 el contenido de humedad natural del suelo fue de 5.5%. Con este contenido de humedad natural se remoldeo el suelo para realizar los ensayos de corte.

Tabla 9.

Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Descripción	Unidades	1	2	3
Peso recipiente + muestra húmeda	g	356.74	310.70	286.38
Peso recipiente (capsula):	g	48.34	55.49	46.04
Peso recipiente + muestra seca	g	341.12	297.75	273.40
Peso de la muestra seca	g	292.78	242.26	227.36
Humedad	%	5.3	5.3	5.7
CONTENIDO DE HUMEDAD %		5.5		

Nota: Elaboración propia

4.4. Peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo NTP 339.131 en la muestra M-1 de la calicata C-1

Aplicando la norma peruana NTP 339.131 se realizó el ensayo de Gravedad específica de la muestra M-1 perteneciente a la calicata C-1. Según la tabla 10 la gravedad específica de los suelos fue de 2.65.

Tabla 10.
Resultados para gravedad específica

GRAVEDAD ESPECÍFICA			
Descripción	Unidades	1	2
Temperatura controlada:	C°	29.3	29.5
Volumen de la Muestra a 20 C° (ml):	cm ³	N/A	N/A
Método de remoción de aire:		Ebullición	Ebullición
Peso del frasco volumétrico Mf:	g	171.4	171.4
Peso de la fiola + agua Ma:	g	669.3	669.3
Peso de la Fiola + agua + peso del suelo Mb:	g	730.8	730.5
Peso del plato evaporador (capsula):	g	0.00	0.00
Plato evaporador (capsula) + suelo seco:	g	N/A	N/A
Peso del suelo seco (Ws):	g	100.0	100.0
k (corrección de temperatura)	C°	0.999	0.998
Gravedad Específica aparente		2.662	2.647
Gravedad específica Tx/ 20°C		2.65	

Nota: Elaboración propia

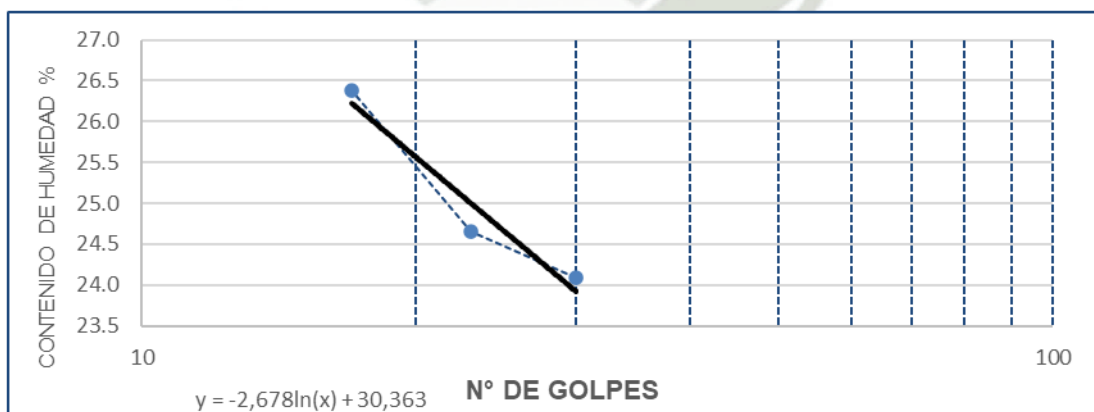
4.5. Límites de consistencia NTP 339.129 en la muestra M-1 de la calicata C-1

Aplicando la norma peruana NTP 339.129 se realizó el ensayo para determinar los límites de consistencia de la muestra M-1 perteneciente a la calicata C-1.

Tabla 11.
Determinación del límite líquido

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO				
Capsula:	Nº	B-1	B-2	B-3
Peso del suelo humedo + capsula:	g	49.98	57.62	50.50
Peso del suelo seco + capsula:	g	42.98	49.01	42.86
Peso de la capsula	g	13.93	14.10	13.90
Peso del suelo seco:	g	29.1	34.9	29.0
Peso del agua:	g	7.0	8.6	7.6
Contenido de Humedad:	%	24.10	24.66	26.38
Numero de golpes:	Nº	30.0	23.0	17.0

Nota: Elaboración propia

Figura 18.
Gráfico de fluidez


Nota: Elaboración propia

De la tabla 11 podemos observar que el límite líquido obtenido corresponde a un 25% de humedad.

Tabla 12.
Determinación del límite plástico

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO				
Capsula:	Nº	P-1	P-2	P-3
Peso del suelo húmedo + capsula:	g	23.12	25.20	21.6
Peso del suelo seco + capsula:	g	21.51	23.19	20.2
Peso de la capsula	g	14.23	14.12	13.9
Peso del suelo seco:	g	7.3	9.1	6.3
Peso del agua:	g	1.6	2.0	1.4
Contenido de Humedad:	%	22.1	22.2	21.7

Nota: Elaboración propia

Tabla 13.
Resultados obtenidos en cuanto a los límites de consistencia

RESULTADOS	
Limite Plástico:	25%
Limite Liquido:	22%
Índice de Plasticidad:	3%
Pasante de la malla # 40	61.91%

Nota: Elaboración propia

De la tabla 12 podemos observar que el límite plástico obtenido corresponde a un 22% de humedad.

4.6. Densidad máxima y mínima NTP 339.137 en muestra M-1 de calicata C-1

Aplicando la normativa NTP 339.137, se realizó el ensayo para la determinación de la densidad máxima y mañana de la muestra M-1 procedente de la calicata C-1. En la tabla

14 y 15 se presentan los resultados de los ensayos, teniendo como densidad máxima seca $\rho_{dmax} = 1.88 \text{ g/cm}^3$ y como densidad mínima seca $\rho_{dmin} = 1.60 \text{ g/cm}^3$.

Tabla 14.

Ensayo de densidad mínima

ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA - NORMA: NTP 339.137				
Descripción	Unidades	1	2	2
Molde + muestra	g	5266.0	5269.5	5265.8
Peso del molde	g	3756.5	3756.5	3756.5
Peso de la muestra	g	1509.5	1513.0	1509.3
Volumen del molde	cm ³	944.0	944.0	944.0
Densidad	g/cm ³	1.599	1.603	1.599
DENSIDAD MINIMA		1.60		g/cm ³

Nota: Elaboración propia

Tabla 15.

Ensayo de densidad máxima

ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA - NORMA: NTP 339.137				
DESCRIPCIÓN	Unidades	1	2	3
Molde + muestra	g	5535.5	5531.0	5531.0
Peso del molde	g	3756.5	3756.5	3756.5
Peso de la muestra	g.	1779.0	1774.5	1774.5
Volumen del molde	cm ³	944.0	944.0	944.0
Densidad	g/cm ³	1.885	1.880	1.880
DENSIDAD MAXIMA		1.88		g/cm ³

Nota: Elaboración propia

4.7. Ensayos de Corte Directo NTP 339.171 en la muestra M-1 de la calicata C-1

Aplicando la normativa NTP 339.171, se realizaron los ensayos de corte directo.

En la tabla 16 se muestran los ensayos de corte directo realizados.

Tabla 16.

Ensayos de Corte directo realizados

Ítem	Descripción	Característica
1	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=50% Vel=0.45mm/min
2	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=75% Vel=0.45mm/min
3	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=85% Vel=0.45mm/min
4	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=95% Vel=0.45mm/min
5	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=95% Vel=1.00mm/min
6	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=95% Vel=0.80mm/min
7	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=95% Vel=0.25mm/min
8	Corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas	Dr=95% Vel=0.45mm/min Cu=4.48

Nota: Elaboración propia

Donde:

Dr: Densidad relativa

Vel: Velocidad de corte

Cu: Coeficiente de uniformidad, $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

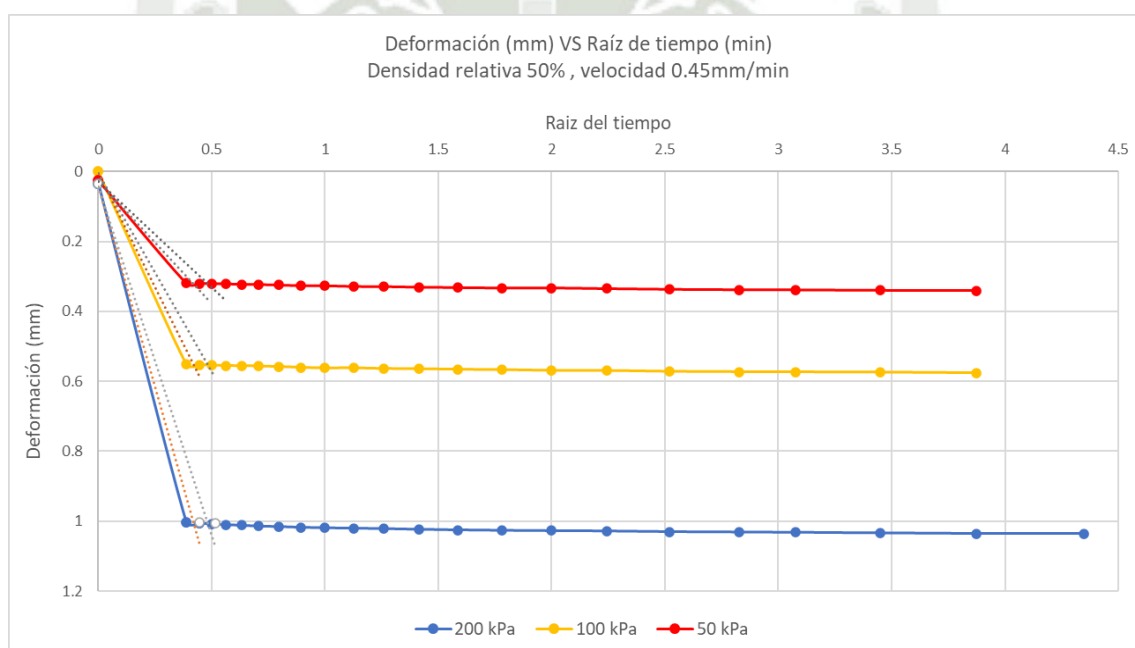
4.7.1. Corte Directo con densidad relativa 50% y velocidad 0.45 mm/min en muestra

M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 50%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min, en la muestra de arena M-1 remoldeada en laboratorio.

Figura 19.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 50% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 19 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional con densidad relativa de 50% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 17.
Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 50%

Método Taylor								
50 kN			100 kN			200 kN		
raíz t90	0.49	min	raíz t90	0.495	min	raíz t90	0.48	min
t90	0.24	min	t90	0.25	min	t90	0.23	min
t50	0.056	min	t50	0.057	min	t50	0.054	min
df	5	mm	df	5	mm	df	5	mm
tf	2.80	min	tf	2.86	min	tf	2.69	min
vel	1.78	mm/min	vel	1.75	mm/min	vel	1.86	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t90: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegó a 90% de consolidación primaria

t50: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegó a 50% de consolidación primaria $t50 = \frac{t90}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t50$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 17 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de

corte directo a 1 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.45 mm/min para los ensayos a diferentes densidades.

Tabla 18.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 50%

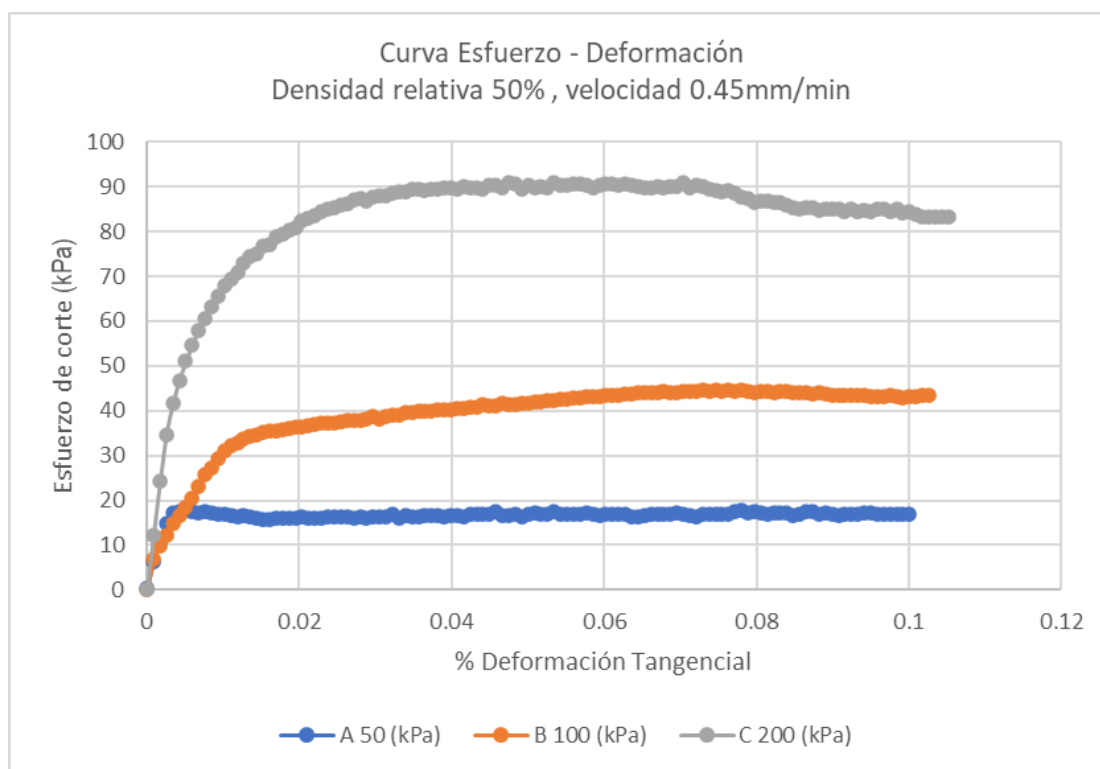
Caja de corte 01		
Altura	20.65	mm
Área	3578.4	mm ²
Volumen	73.9	cm ³
Densidad relativa		50%
Densidad	1.73	g/cm ³
Peso del suelo	127.8	g
Humedad natural	5.50%	
Velocidad de corte	0.45	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 19 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 50% de densidad relativa y ensayada con velocidad cortante tangencial de 0.45 mm/min y se muestra en la figura 21 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 25° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 20.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 50%



Nota: Elaboración propia

Tabla 19.

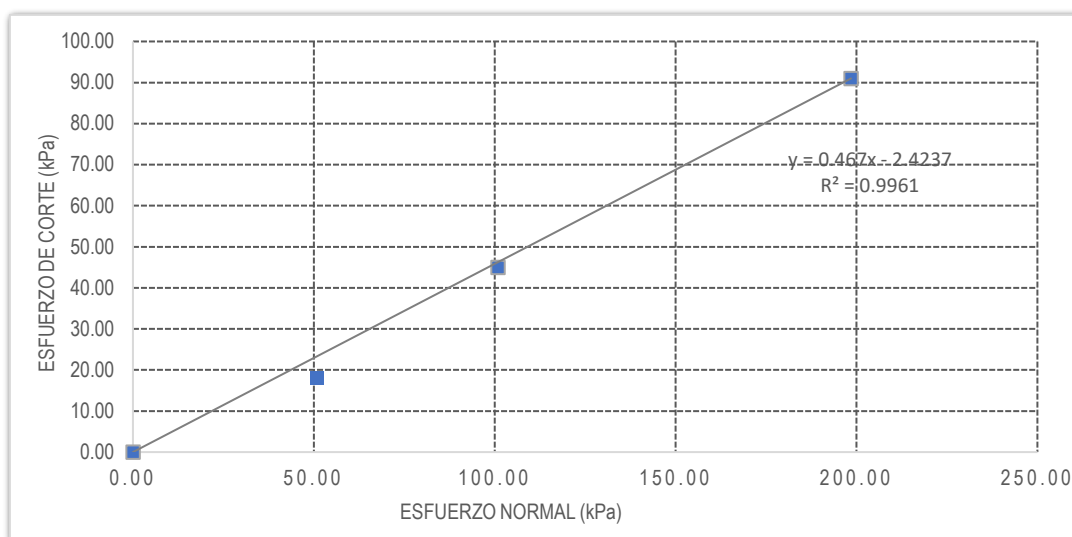
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 50%

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	17.93	65.39
36.39	100.85	44.99	164.10
72.39	198.48	91.00	331.94

Nota: Elaboración propia

Figura 21.

Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 50%



Nota: Elaboración propia

Tabla 20.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 50% y velocidad de 0.45mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.46702
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	25.0

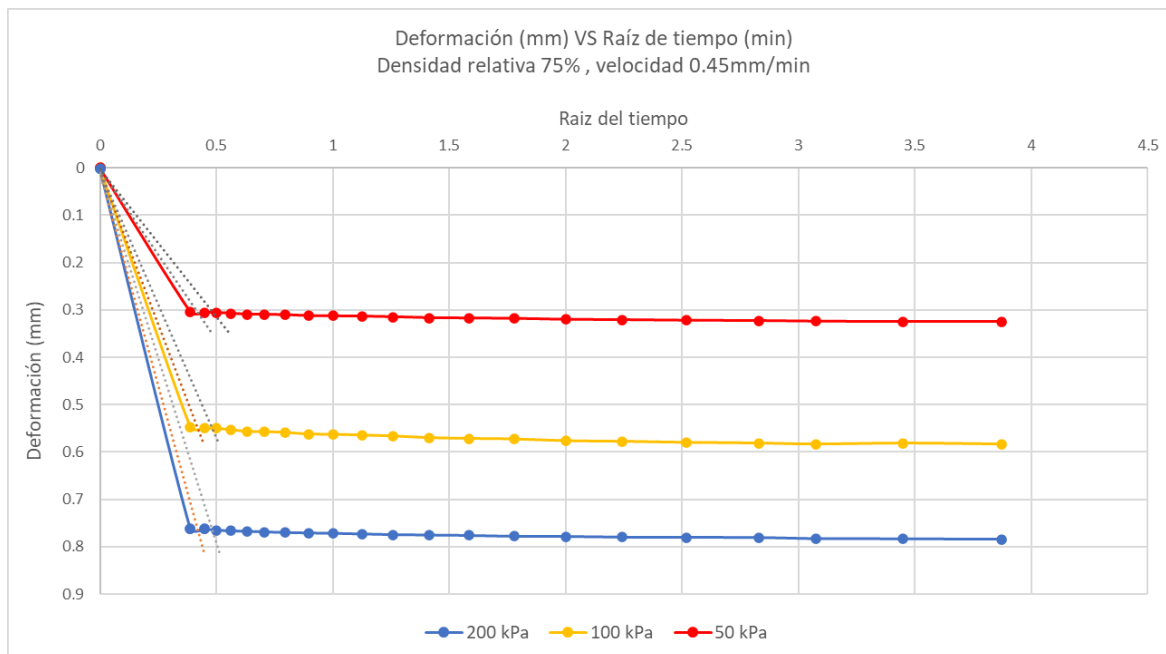
Nota: Elaboración propia

4.7.2. Corte Directo con densidad relativa 75% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 75%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min, en la muestra de arena M-1 remoldeada en laboratorio.

Figura 22.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 75% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 22 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 75% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 21.
Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 75%

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t90	0.5	raíz t90	0.48	raíz t90	0.5
t90	0.25 min	t90	0.23 min	t90	0.25 min
t50	0.058 min	t50	0.054 min	t50	0.058 min
df	5 mm	df	5 mm	df	5 mm
tf	2.92 min	tf	2.69 min	tf	2.92 min
vel	1.71 mm/min	vel	1.86 mm/min	vel	1.71 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t90: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t50: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t50 = \frac{t90}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t50$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 21 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de

corte directo a 1 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.45 mm/min para los ensayos a diferentes densidades.

Tabla 22.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 75%

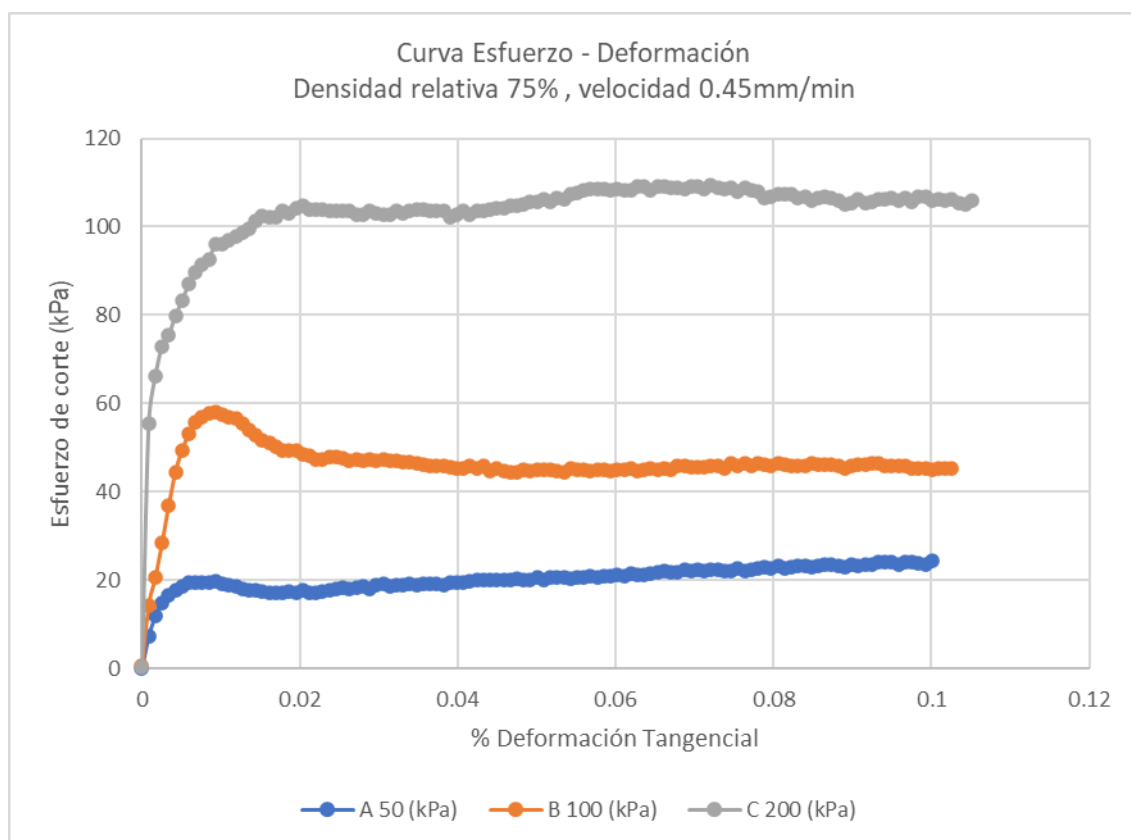
Caja de corte 02		
Altura	18.15	mm
Área	3600	mm ²
Volumen	65.34	cm ³
Densidad relativa		75%
Densidad	1.80	g/cm ³
Peso del suelo	117.8	g
Humedad natural	5.50%	
Velocidad de corte	0.45	mm/min

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 23 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 75% de densidad relativa y ensayada con velocidad cortante tangencial de 0.45 mm/min y se muestra en la figura 24 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 29.2° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 23.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 75%



Nota: Elaboración propia

Tabla 23.

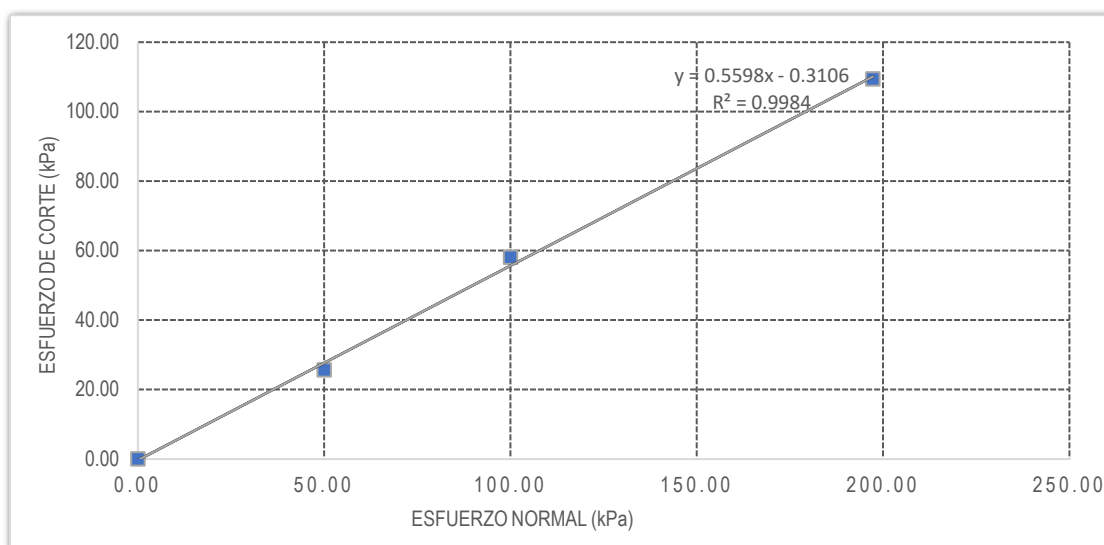
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 75%

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
0.00	0.00	0.00	0.00
18.39	50.40	25.67	94.20
36.39	100.52	58.08	213.13
72.39	197.26	109.40	401.45

Nota: Elaboración propia

Figura 24.

Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 75%



Nota: Elaboración propia

Tabla 24.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 75% y velocidad de 0.45mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.55976
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	29.2

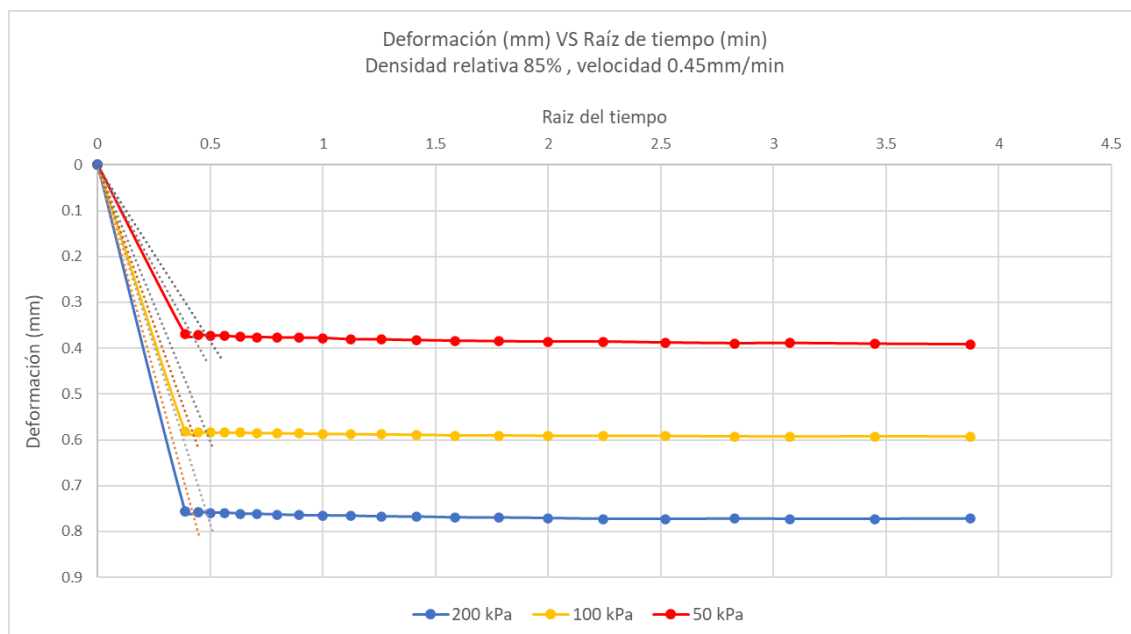
Nota: Elaboración propia

4.7.3. Corte Directo con densidad relativa 85% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 85%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 25.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 85% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 25 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 85% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria fue rápida. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 25.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 85%

Método Taylor								
50 kN			100 kN			200 kN		
raíz t_{90}	0.47		raíz t_{90}	0.47		raíz t_{90}	0.465	
t_{90}	0.22	min	t_{90}	0.22	min	t_{90}	0.22	min
t_{50}	0.052	min	t_{50}	0.052	min	t_{50}	0.051	min

Método Taylor								
50 kN			100 kN			200 kN		
df	5	mm	df	5	mm	df	5	mm
tf	2.58	min	tf	2.58	min	tf	2.53	min
vel	1.94	mm/min	vel	1.94	mm/min	vel	1.98	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t₉₀: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegó a 90% de consolidación primaria

t₅₀: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegó a 50% de consolidación primaria $t_{50} = \frac{t_{90}}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t_{50}$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 25 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.45 mm/min para los ensayos a diferentes densidades.

Tabla 26.
Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 85%

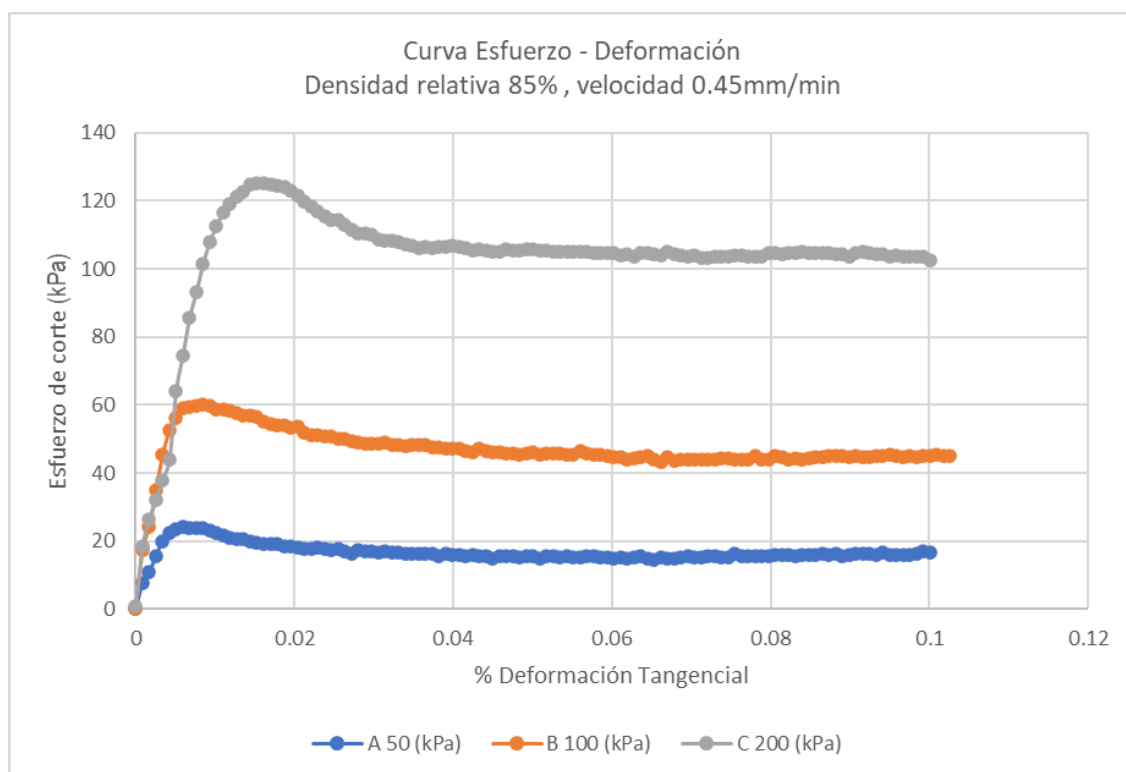
CAJA DE CORTE 01		
Altura	18	mm
Área	3578.4	mm ²
Volumen	64.412	cm ³
Densidad relativa	85%	
Densidad	1.83	g/cm ³
Peso del suelo	118.1	g
Humedad natural	5.50%	
Velocidad de corte	0.45	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 27 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con densidad relativa 85% y ensayada con velocidad cortante tangencial de 0.45 mm/min y se muestra en la figura 27 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 32.8° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 26.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en corte directo con densidad relativa 85%



Nota: Elaboración propia

Tabla 27.

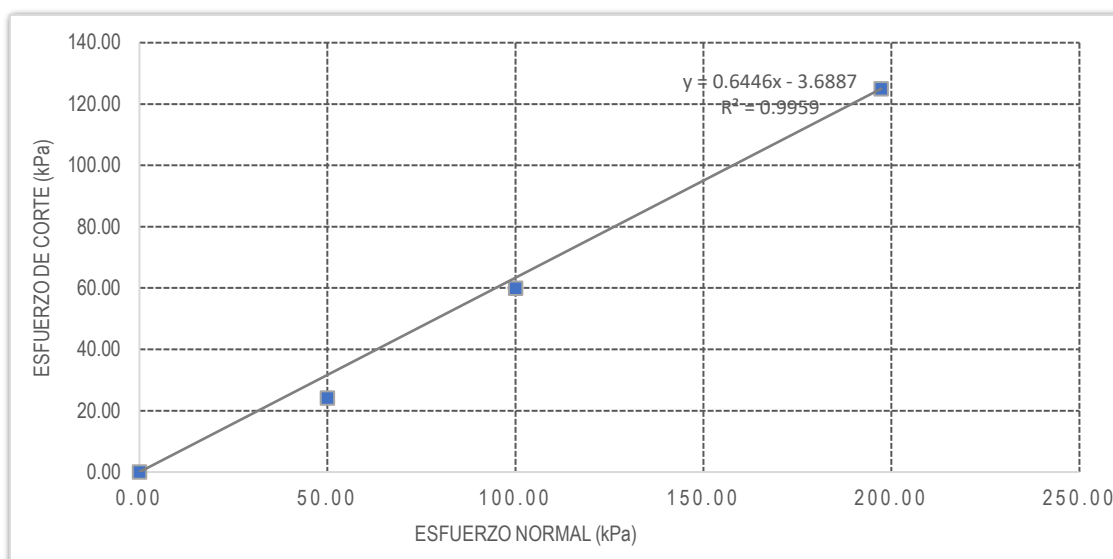
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 85%

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
0.00	0.00	0.00	0.00
18.39	51.00	24.12	87.97
36.39	111.90	59.98	218.81
72.39	197.26	124.98	455.89

Nota. En la tabla se aprecia los resultados obtenidos en cuanto a la fuerza normal y la fuerza de corte en cuanto al 85% de densidad. Datos obtenidos del ensayo de mecánica de suelos.

Figura 27.

Envoltura de falla en Corte directo con densidad relativa 85%



Nota: Elaboración propia

Tabla 28.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 85% y velocidad de 0.45mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.64457
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	32.8

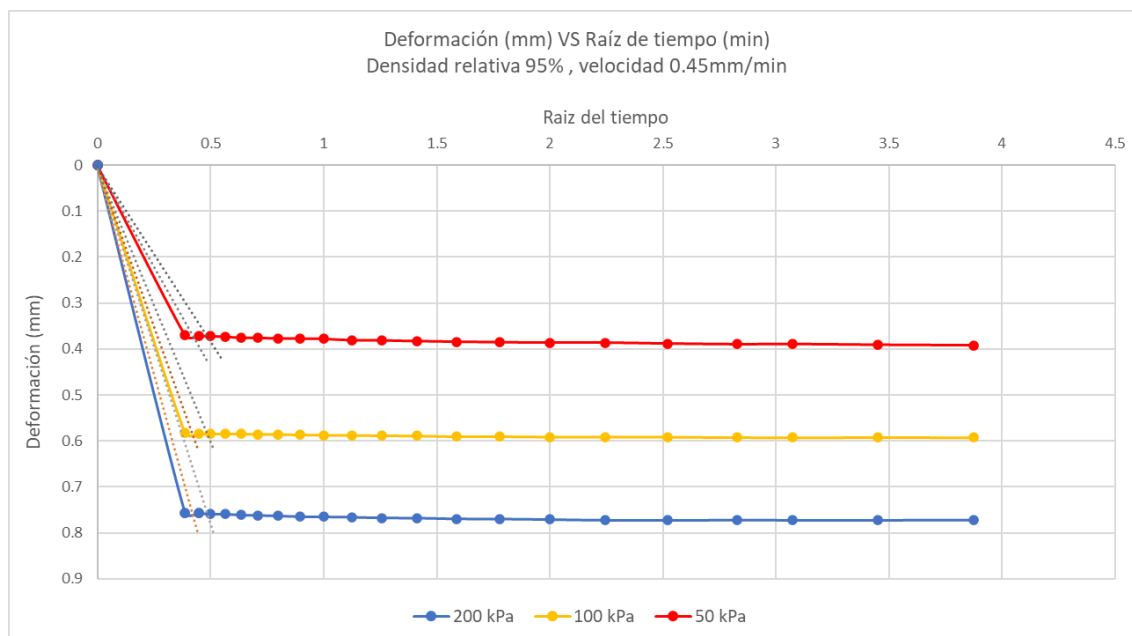
Nota: Elaboración propia

4.7.4. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 28.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 28 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} de acuerdo a la norma NTP 339.154.

Tabla 29.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95%

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t_{90}	0.5	raíz t_{90}	0.48	raíz t_{90}	0.49
t_{90}	0.25 min	t_{90}	0.23 min	t_{90}	0.24 min
t_{50}	0.058 min	t_{50}	0.054 min	t_{50}	0.056 min
df	5 mm	df	5 mm	df	5 mm
tf	2.92 min	tf	2.69 min	tf	2.80 min
vel	1.71 mm/min	vel	1.86 mm/min	vel	1.78 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{90} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t_{50} = \frac{t_{90}}{4.28}$

df : estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

t_f : estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $t_f = 50 \times t_{50}$

vel : Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{t_f}$

Como se puede observar en la tabla 29 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla t_f de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.45 mm/min para los ensayos a diferentes densidades.

Tabla 30.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95%

CAJA DE CORTE 01		
Altura	21.25	mm
Área	3578.4	mm ²
Volumen	76.042	cm ³
Densidad relativa	95%	

CAJA DE CORTE 01

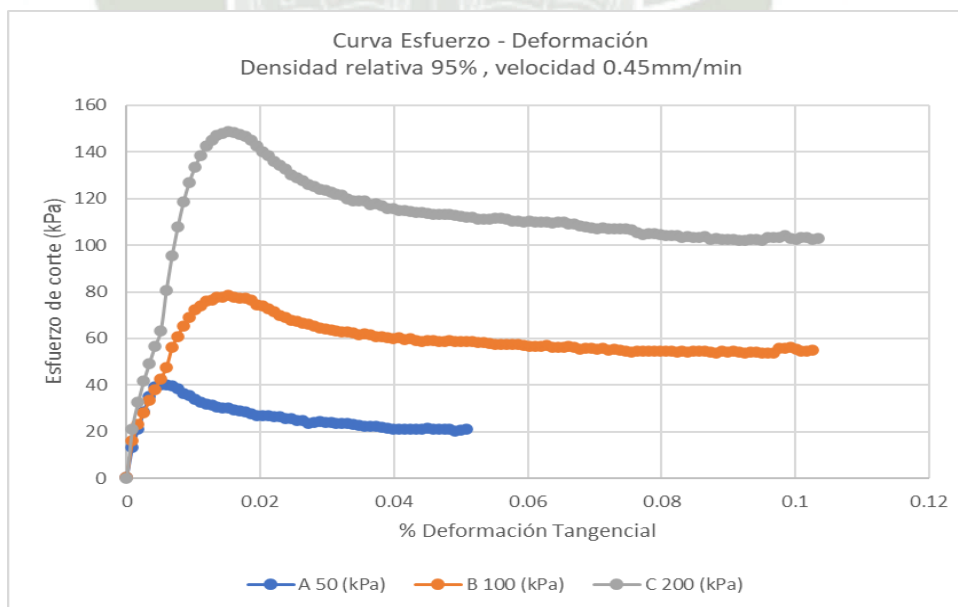
Densidad	1.87	g/cm ³
Peso del suelo	141.82	g
Humedad natural	5.50%	
Velocidad de corte	0.45	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 31 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con velocidad cortante tangencial de 0.45 mm/min y se muestra en la figura 30 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 36.5° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 29.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95%

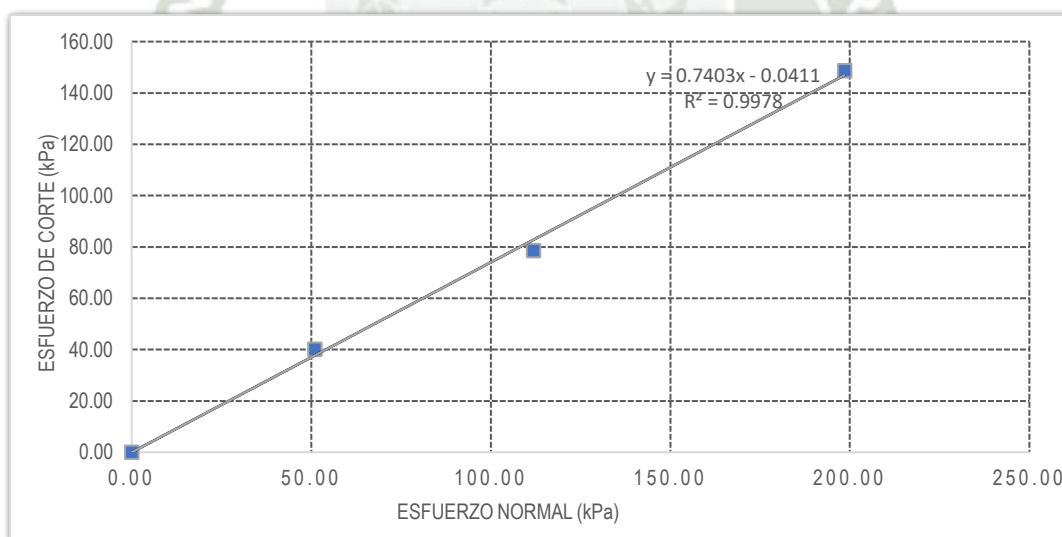


Nota: Elaboración propia

Tabla 31.
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95%

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
0.00	0.00	0.00	0.00
18.39	51.00	40.13	146.40
36.39	111.90	78.59	286.68
72.39	198.50	148.67	542.31

Nota: Elaboración propia

Figura 30.
Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95%


Nota: Elaboración propia

Tabla 32.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.74035
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	36.5

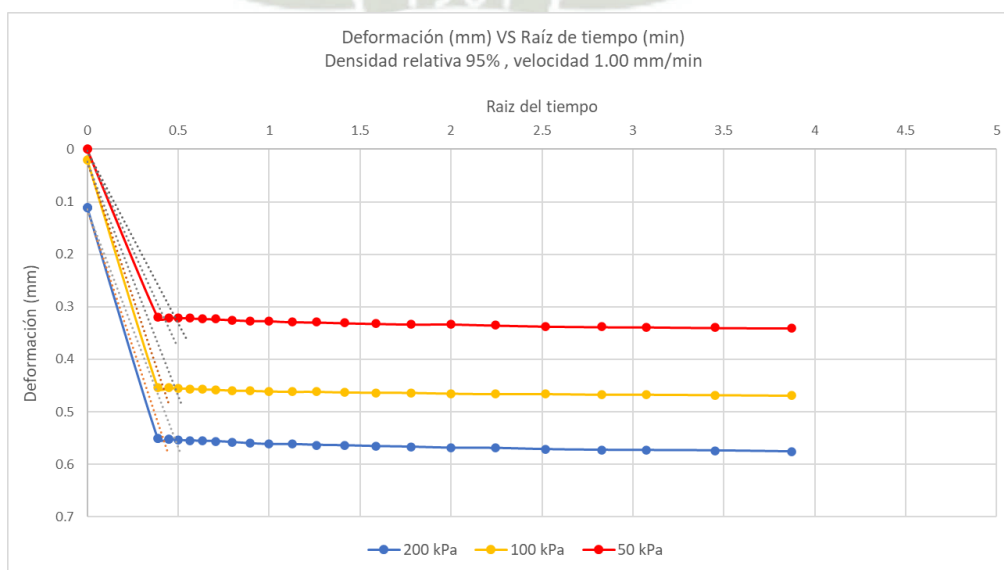
Nota: Elaboración propia

4.7.5. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 1.00 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 1.00 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 31.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad 1mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 31 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria fue rápida. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que esta resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 33.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad

1mm/min

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t_{90}	0.5	raíz t_{90}	0.49	raíz t_{90}	0.48
t_{90}	0.25 min	t_{90}	0.24 min	t_{90}	0.23 min
t_{50}	0.058 min	t_{50}	0.056 min	t_{50}	0.054 min
df	5 mm	df	5 mm	df	5 mm
tf	2.92 min	tf	2.80 min	tf	2.69 min
vel	1.71 mm/min	vel	1.78 mm/min	vel	1.86 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{90} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t_{50} = \frac{t_{90}}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $t_f = 50 \times t_{50}$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{t_f}$

Como se puede observar en la tabla 33 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla t_f de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 1.00 mm/min como velocidad máxima.

Tabla 34.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min

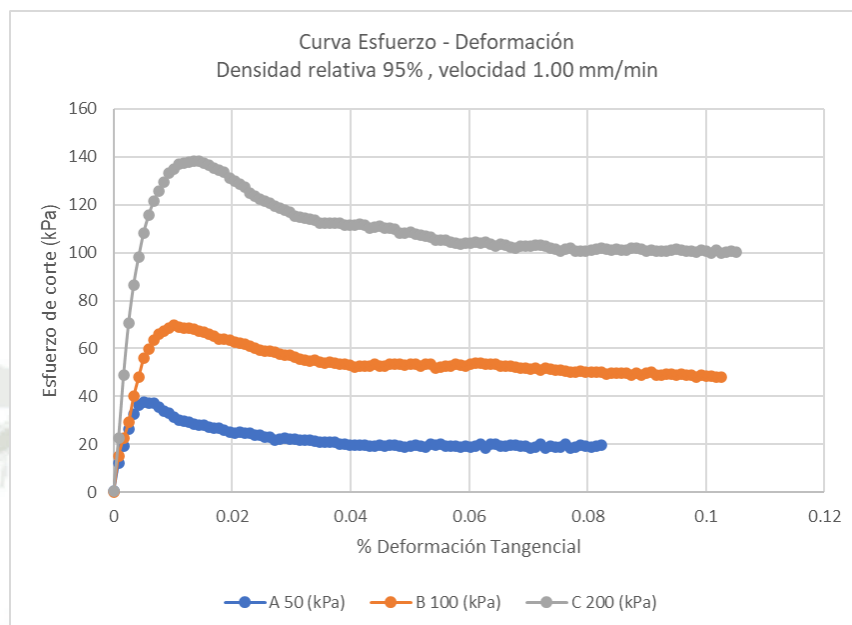
CAJA DE CORTE 02		
Altura	21.5	mm
Área	3600	mm ²
Volumen	77.4	cm ³
Densidad relativa	95%	
Densidad	1.87	g/cm ³
Peso del suelo	144.35	g
Velocidad de corte	1.00	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 35 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 1.00 mm/min y en la figura 33 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 34.4° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 32.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 35.

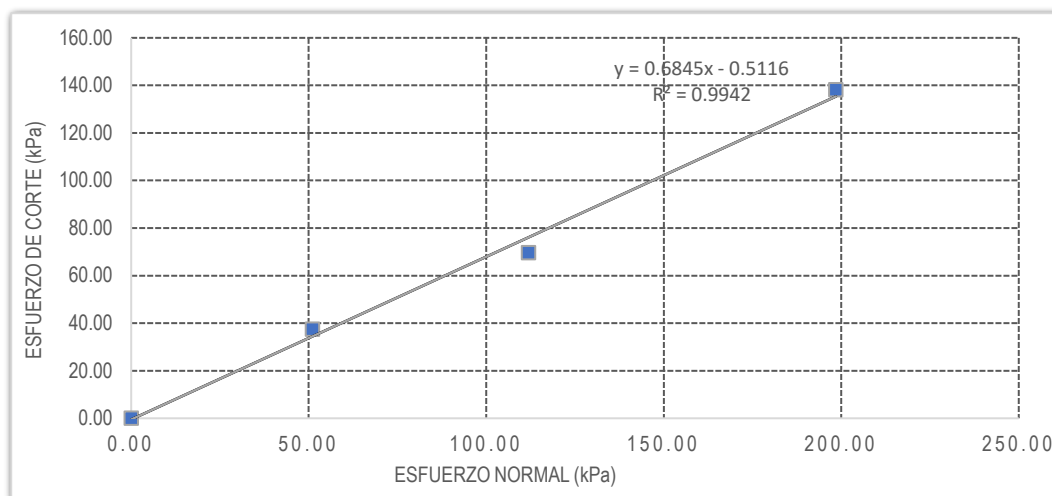
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 1mm/min

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	37.51	137.65
36.39	111.90	69.61	255.43
72.39	198.50	138.20	507.17

Nota: Elaboración propia

Figura 33.

Envolverte de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 36.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 1mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.68446
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	34.4

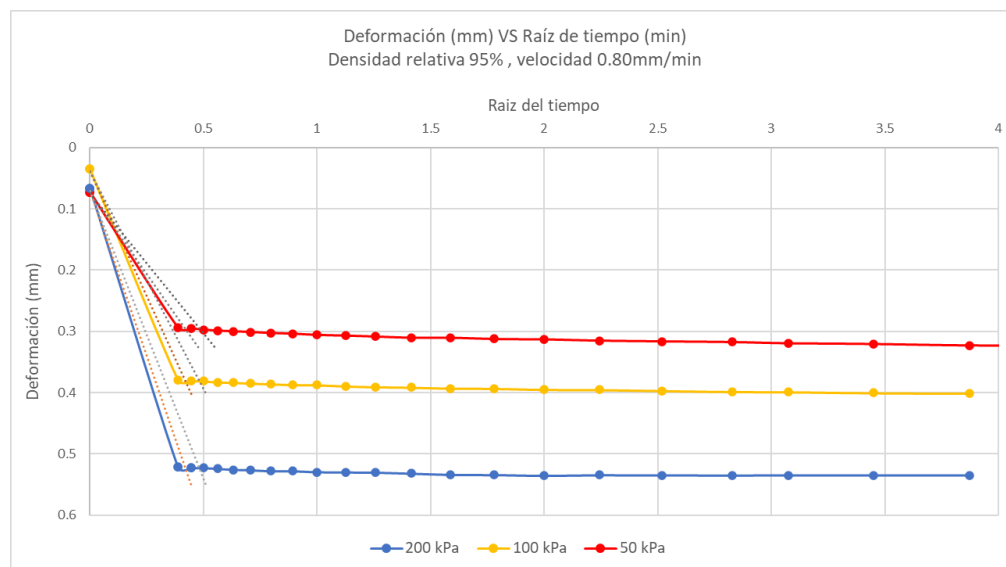
Nota: Elaboración propia

4.7.6. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.80 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.80 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 34.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad 0.80mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 34 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria fue rápida. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que esta resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 37.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad 0.80 mm/min

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t90	0.5	raíz t90	0.49	raíz t90	0.49
t90	0.25 min	t90	0.24 min	t90	0.24 min
t50	0.058 min	t50	0.056 min	t50	0.056 min
df	5 mm	df	5 mm	df	5 mm
tf	2.92 min	tf	2.80 min	tf	2.80 min
vel	1.71 mm/min	vel	1.78 mm/min	vel	1.78 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t90: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t50: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t_{50} = \frac{t_{90}}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t_{50}$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 37 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45

mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Para este ensayo se optó por tomar una velocidad de 0.80mm/min.

Tabla 38.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.80mm/min

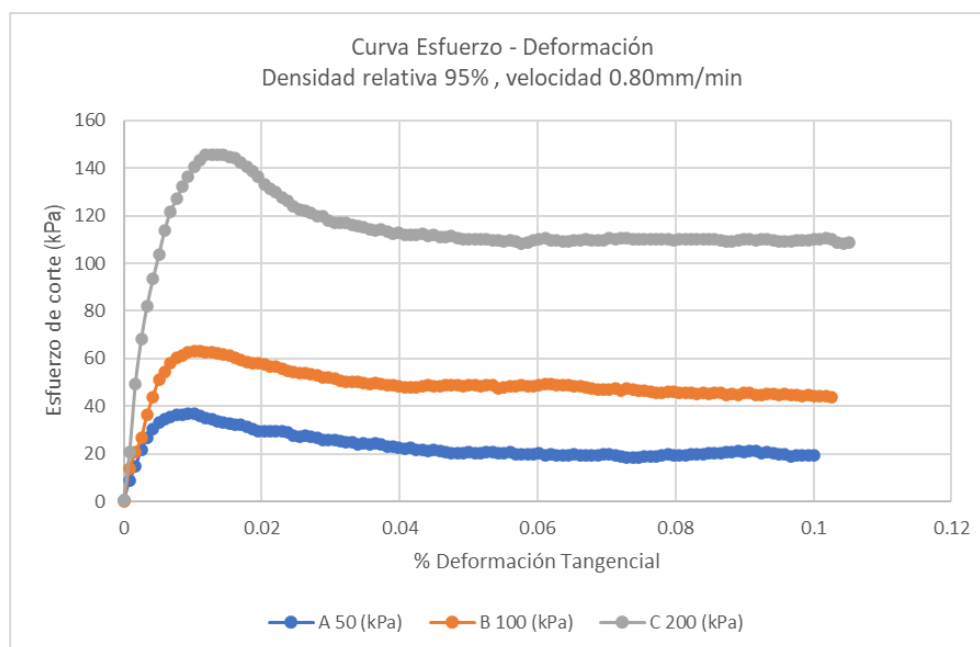
CAJA DE CORTE 01		
Altura	21.25	mm
Área	3578.4	mm ²
Volumen	76.042	cm ³
Densidad relativa		95%
Densidad	1.87	g/cm ³
Peso del suelo	141.82	g
Humedad natural 5.50%	5.50%	
Velocidad de corte	0.80	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 39 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.80 mm/min y en la figura 36 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 35.6° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 35.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.8mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 39.

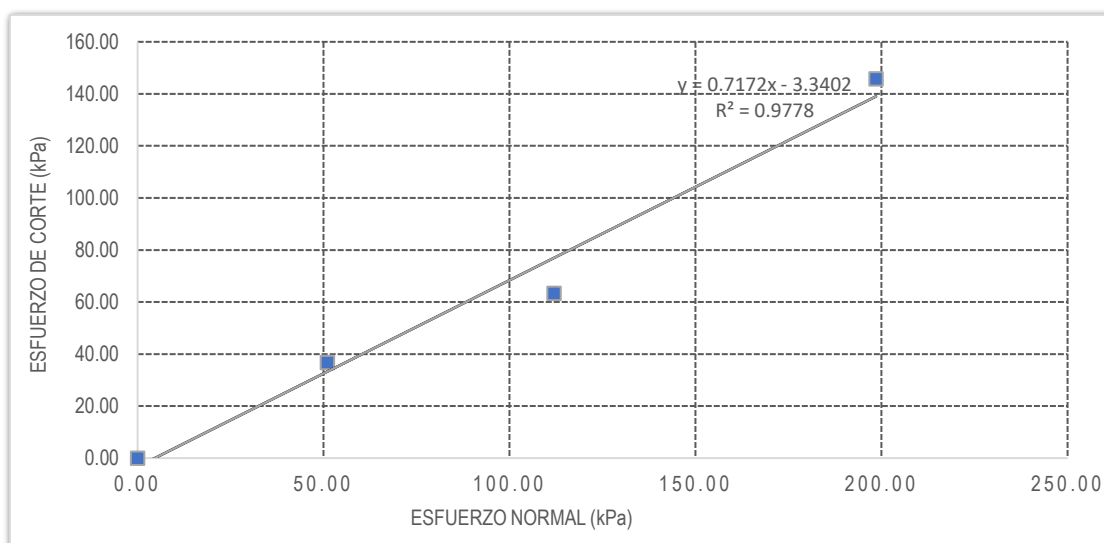
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	36.75	134.04
36.39	111.90	63.28	230.82
72.39	198.50	145.81	531.86

Nota: Elaboración propia

Figura 36.

Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 40.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.8mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.71718
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	35.6

Nota: Elaboración propia

4.7.7. Corte Directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min en muestra

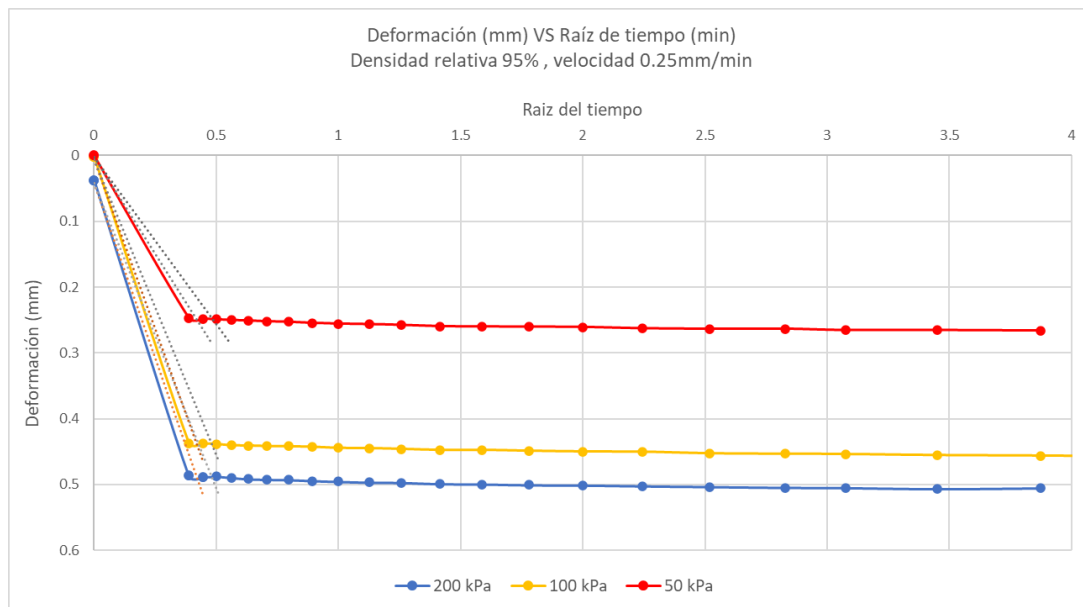
M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.25 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 37.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95% y velocidad

0.25mm/min sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 37 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria fue rápida. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que esta resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 41.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95% y velocidad

0.25mm/min

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t_{90}	0.5	raíz t_{90}	0.49	raíz t_{90}	0.48
t_{90}	0.25 min	t_{90}	0.24 min	t_{90}	0.23 min

Método Taylor								
t50	0.058	min	t50	0.056	min	t50	0.054	min
df	5	mm	df	5	mm	df	5	mm
tf	2.92	min	tf	2.80	min	tf	2.69	min
vel	1.71	mm/min	vel	1.78	mm/min	vel	1.86	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t90: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t50: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t50 = \frac{t90}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t50$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 41 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45 mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Para este ensayo se optó por tomar una velocidad de 0.25mm/min.

Tabla 42.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min

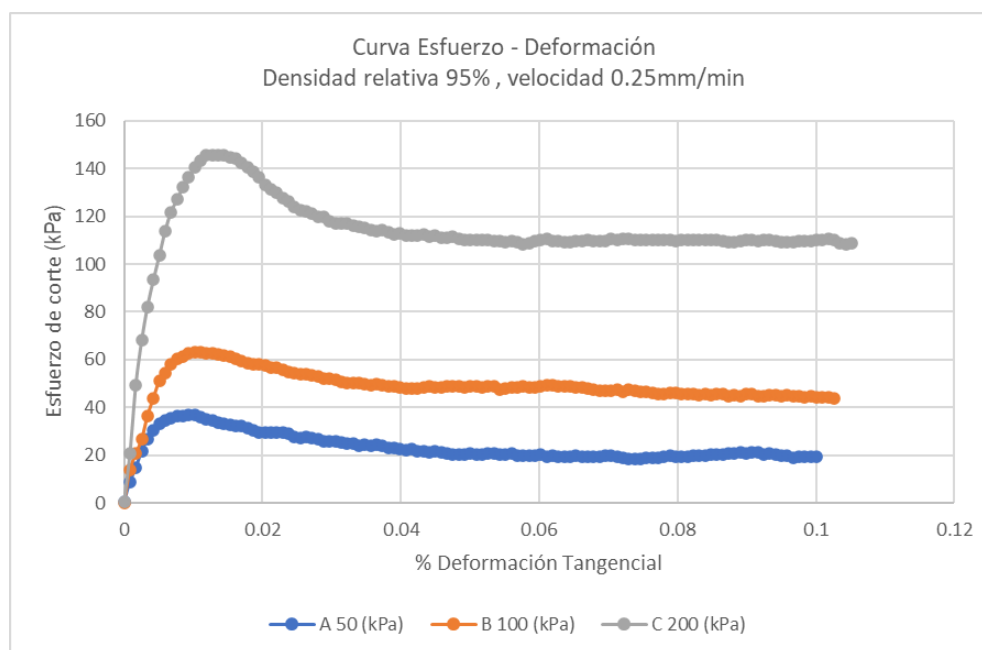
CAJA DE CORTE 01		
Altura	21.25	mm
Área	3578.4	mm ²
Volumen	76.042	cm ³
Densidad relativa		95%
Densidad	1.87	g/cm ³
Peso del suelo	141.82	g
Humedad natural	5.50%	
Velocidad de corte	0.25	mm/min

Nota: Elaboración propia

En la tabla 43 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.25 mm/min y en la figura 39 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 38.0° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 38.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 43.

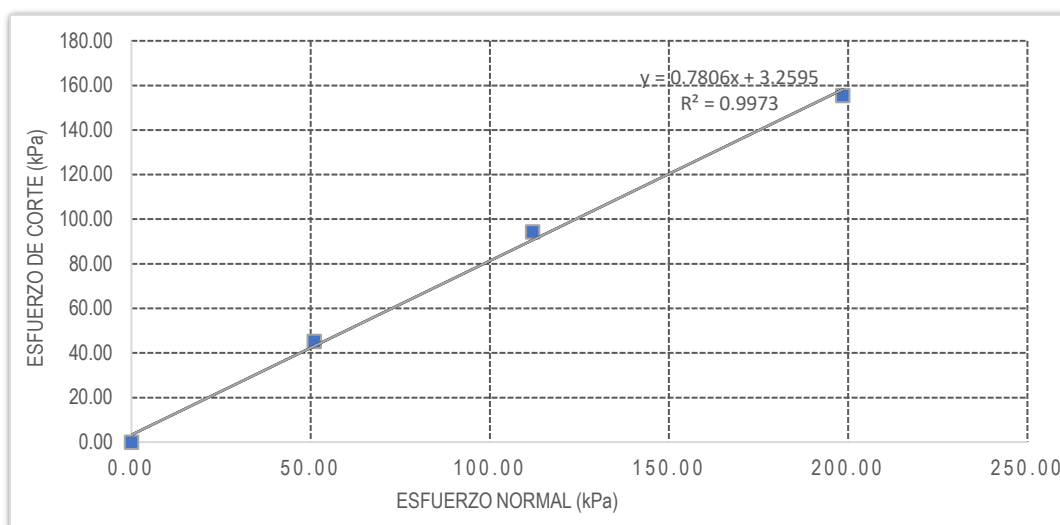
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	45.26	165.11
36.39	111.90	94.34	344.11
72.39	198.50	155.53	567.35

Nota: Elaboración propia

Figura 39.

Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95% y velocidad 0.25mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 44.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.78057
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	38.0

Nota: Elaboración propia

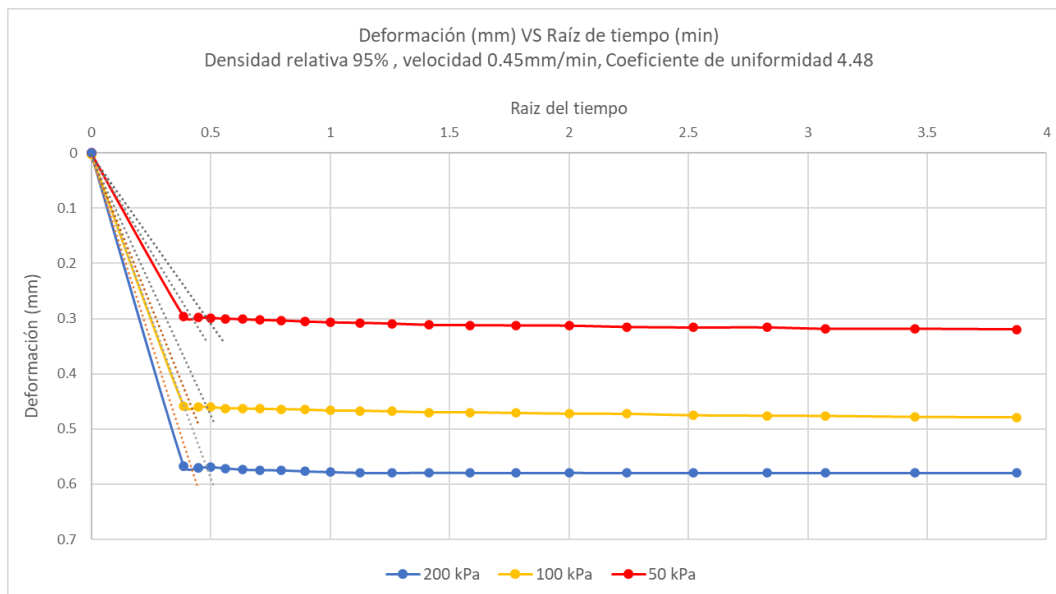
4.7.8. Corte Directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48 en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de corte directo con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min y que tiene un coeficiente de uniformidad C_u de 4.48, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 40.

Curva deformación vertical vs raíz de tiempo con densidad relativa 95%, velocidad

0.45mm/min y Cu 4.48 sometido a esfuerzos normales de 50kPa, 100kPa y 200kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 40 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria fue rápida. De estos ensayos mediante el método de Taylor se obtuvo gráficamente los valores de t_{90} correspondiente a un 90% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 45.

Resultado de los ensayos de consolidación con densidad relativa 95%, velocidad 0.45mm/min y Cu 4.48

Método Taylor					
50 kN		100 kN		200 kN	
raíz t90	0.5	raíz t90	0.49	raíz t90	0.49
t90	0.25 min	t90	0.24 min	t90	0.24 min
t50	0.058 min	t50	0.056 min	t50	0.056 min
df	5 mm	df	5 mm	df	5 mm
tf	2.92 min	tf	2.80 min	tf	2.80 min
vel	1.71 mm/min	vel	1.78 mm/min	vel	1.78 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t90: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad la muestra llegué a 90% de consolidación primaria

t50: Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria $t50 = \frac{t90}{4.28}$

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.171 la se puede tomar como valor de df 5mm en arenas.

tf: estimación del tiempo total transcurrido a la falla, en minutos. $tf = 50 \times t50$

vel: Velocidad de corte en mm/min, $vel = \frac{df}{tf}$

Como se puede observar en la tabla 45 las velocidades de deformación calculadas con el método Taylor son mayores a 1 mm/min, según la norma NTP 339.171 para arenas se utiliza un tiempo de falla tf de 10 minutos lo que resulta en una velocidad de corte de 0.45

mm/min. La normativa NTP 339.171 restringe la velocidad de corte máxima en ensayos de corte directo a 1 mm/min. Por ese motivo se optó por tomar una velocidad de 0.45 mm/min.

Tabla 46.

Parámetros iniciales de Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48

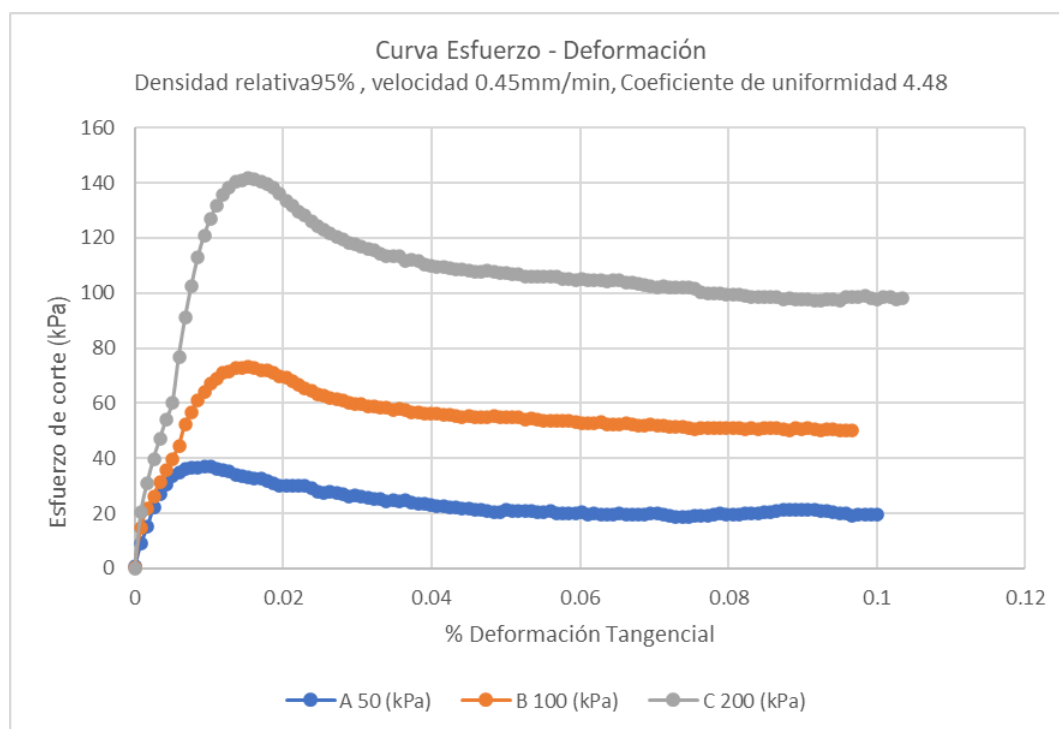
CAJA DE CORTE 01			
Altura	21.25	mm	
Área	3578.4	mm ²	
Volumen	76.042	cm ³	
Densidad relativa	95%		
Densidad	1.87	g/cm ³	
Peso del suelo	141.82	g	
Humedad natural	5.50%		
Velocidad de corte	0.45	mm/min	
Coeficiente de uniformidad	4.48		

Nota: Elaboración propia

En la tabla 47 se muestran los resultados de esfuerzo de corte máximo calculados en los ensayos de corte directo en la muestra M-1 de la calicata C-1, remoldeada a un 95% de densidad relativa, ensayada con una velocidad de corte de 0.45 mm/min y con coeficiente de uniformidad Cu de 4.48. En la figura 42 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 35.2° y un parámetro de cohesión de 0 kPa.

Figura 41.

Curva esfuerzo - deformación tangencial en Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48



Nota: Elaboración propia

Tabla 47.

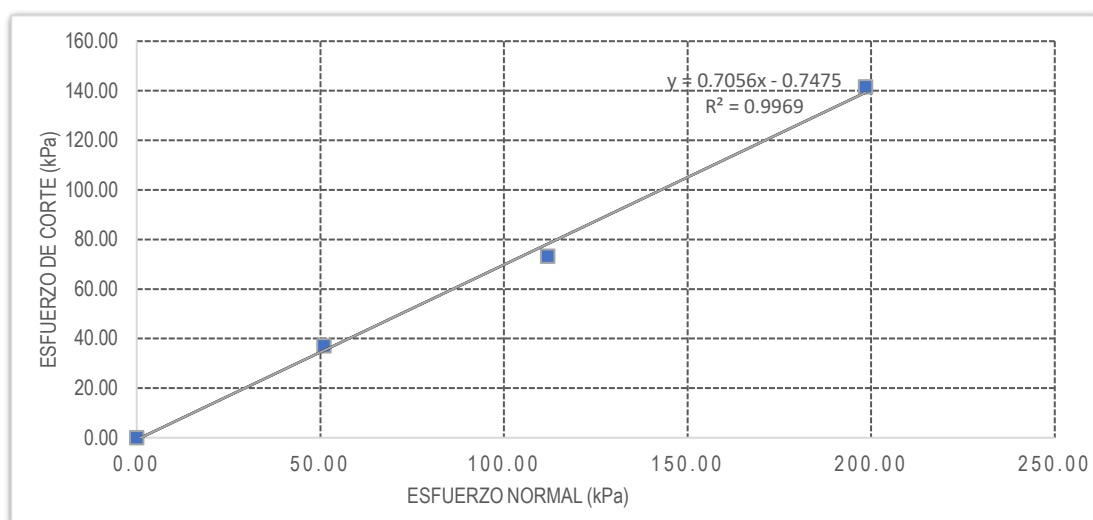
Fuerza normal vs fuerza de corte en ensayo de corte directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
0.00	0.00	0.00	0.00
18.39	51.00	37.11	135.38
36.39	111.90	73.29	267.34
72.39	198.50	141.60	516.51

Nota: Elaboración propia

Figura 42.

Envolvente de falla en Corte directo con densidad relativa 95%, velocidad 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48



Nota: Elaboración propia

Tabla 48.

Ángulo de fricción y cohesión en corte directo con densidad relativa 95%, velocidad de 0.45 y Coeficiente de uniformidad 4.48

RESULTADOS	
Pendiente:	0.70557
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	35.2

Nota: Elaboración propia

4.8. Ensayos Triaxiales Consolidados Drenados NTP 339.166 en muestra M-1 de la calicata C-1

Aplicando la normativa NTP 339.166, se realizaron los ensayos triaxiales en condiciones drenadas consolidadas. En la tabla 49 se muestran los ensayos triaxiales Consolidados Drenados realizados en la muestra M-1 de la calicata C-1.

Tabla 49.
Ensayos de triaxiales Consolidados Drenados realizados

Ítem	Descripción	Característica
1	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=50% Vel=0.10mm/min
2	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=75% Vel=0.10mm/min
3	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=85% Vel=0.10mm/min
4	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=95% Vel=0.10mm/min
5	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=95% Vel=0.45mm/min
6	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=95% Vel=0.25mm/min
7	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=95% Vel=0.05mm/min
8	Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado	Dr=95% Vel=0.10mm/min Cu=4.48

Nota: Elaboración propia

Donde:

Dr: Densidad relativa

Vel: Velocidad de corte

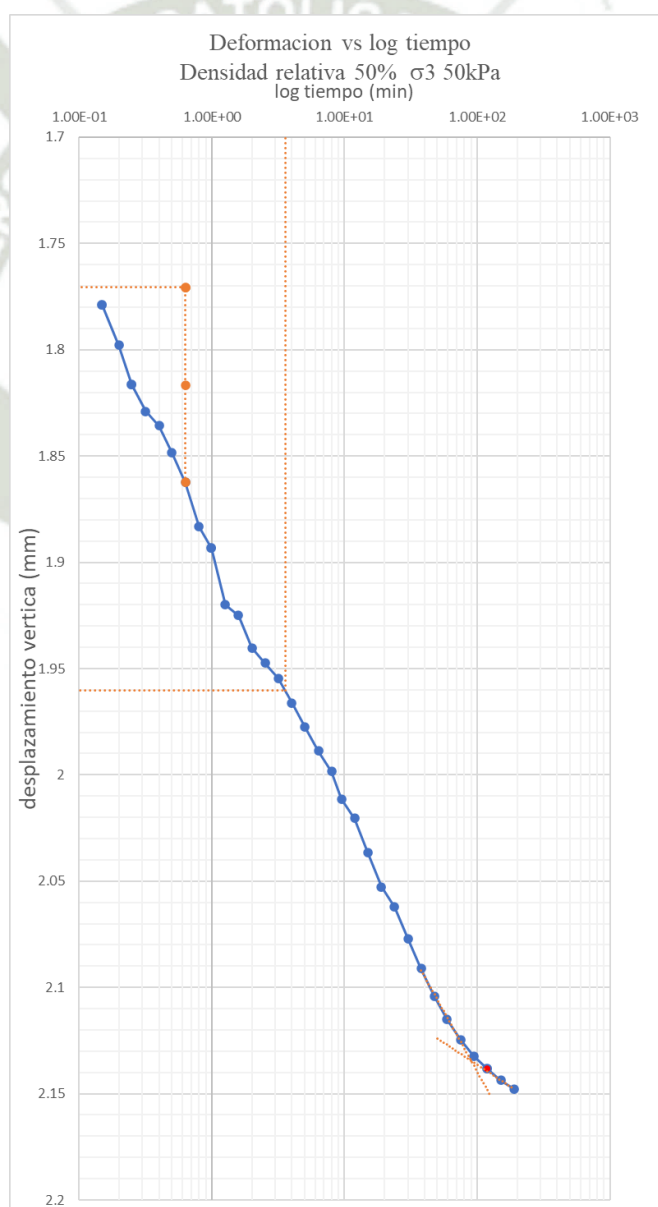
Cu: Coeficiente de uniformidad, $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

4.8.1. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 50% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 50%, ensayados a una velocidad de corte de 0.10 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio

Figura 43.

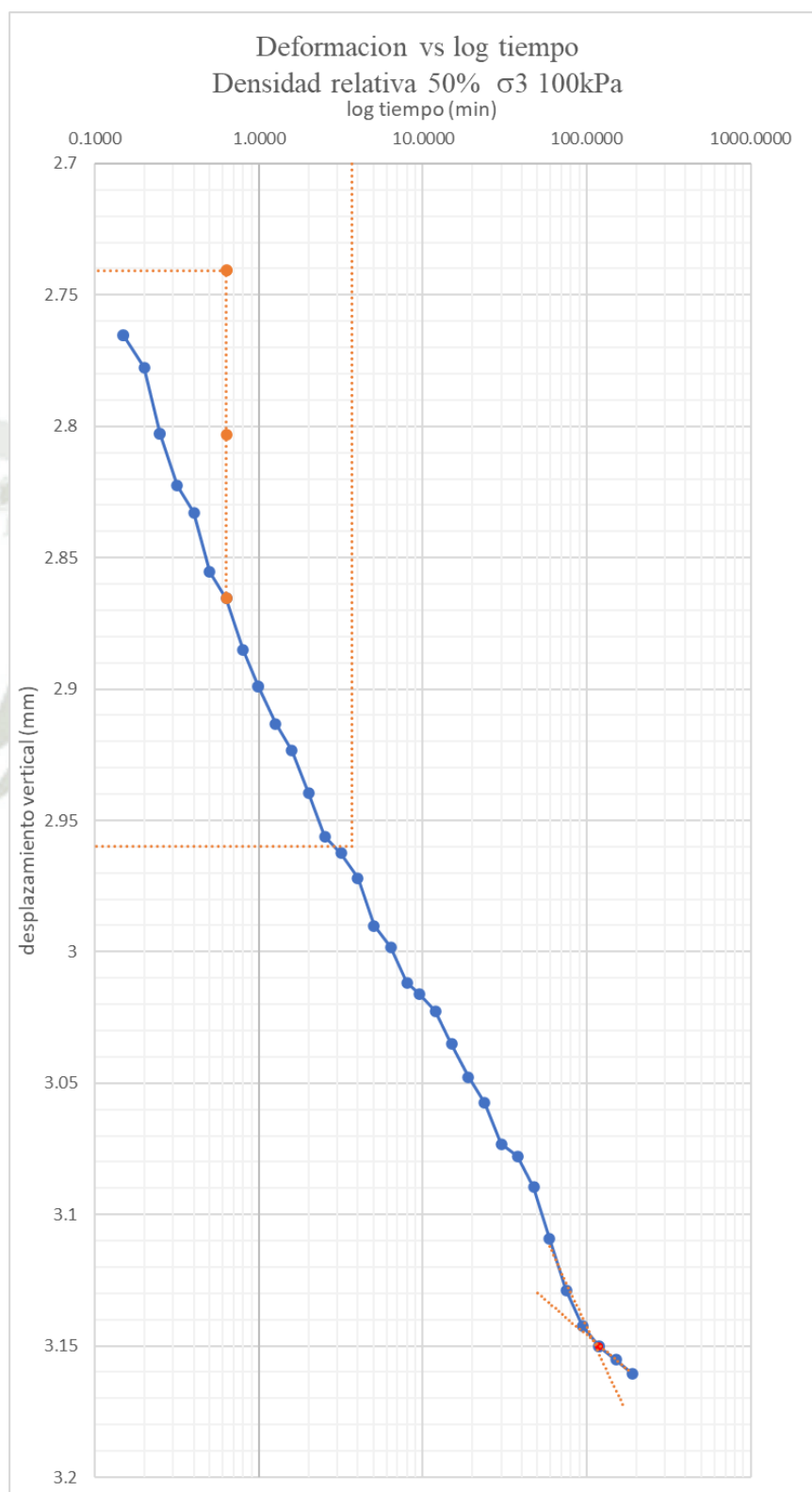
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 44.

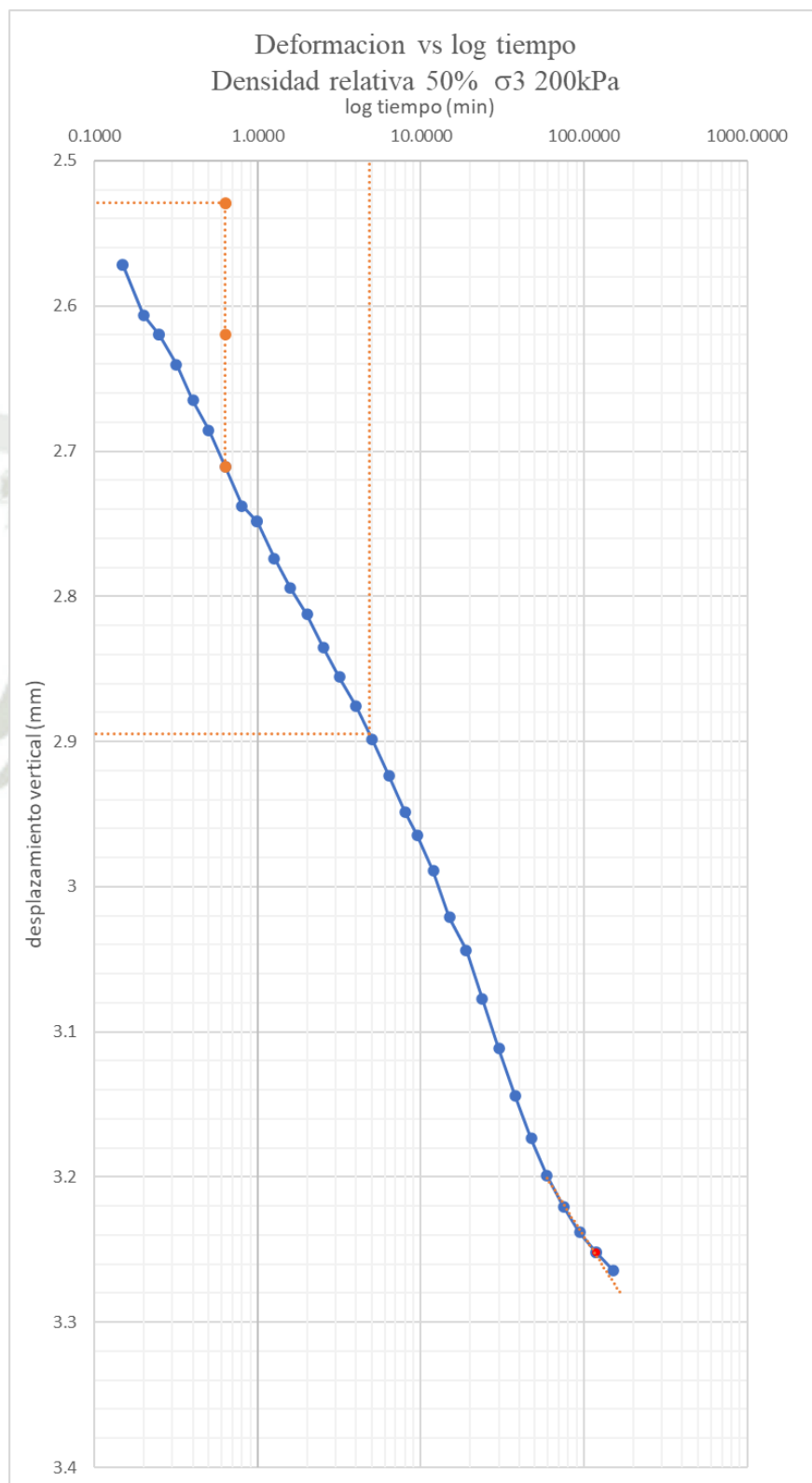
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 45.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 50% y σ_3 200 kPa



En la figura 43, 44 y 45 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra M-1 con densidad relativa de 50% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 50.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 50%

t_{50} Casa grande								
50 kPa			100 kPa			200 kPa		
d0	1.77	mm	d0	2.74	mm	d0	2.53	mm
d100	2.15	mm	d100	3.15	mm	d100	3.26	mm
d50	1.96	mm	d50	2.96	mm	d50	2.89	mm
t_{50}	3.58	min	t_{50}	3.67	min	t_{50}	4.82	min
Df	4%		Df	4%		Df	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.16	mm/min	vel	0.16	mm/min	vel	0.12	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 50 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.10 mm/min para los ensayos triaxiales a diferentes densidades.

Tabla 51.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 50% y velocidad 0.1mm/min

DENSIDAD RELATIVA 50%					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Área (mm ²)	4004.39	Área (mm ²)	3971.15	Área (mm ²)	3796.50
β	94.60%	β	94.80%	β	94.79%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.73	γ_d (g/cm ³)	1.73	γ_d (g/cm ³)	1.73
γ_t (g/cm ³)	1.82	γ_t (g/cm ³)	1.82	γ_t (g/cm ³)	1.82
Después de la consolidación					
Humedad	16.80%	Humedad	16.60%	Humedad	17.10%
γ_d (g/cm ³)	1.72	γ_d (g/cm ³)	1.67	γ_d (g/cm ³)	1.75
γ_t (g/cm ³)	2.01	γ_t (g/cm ³)	1.95	γ_t (g/cm ³)	2.05

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

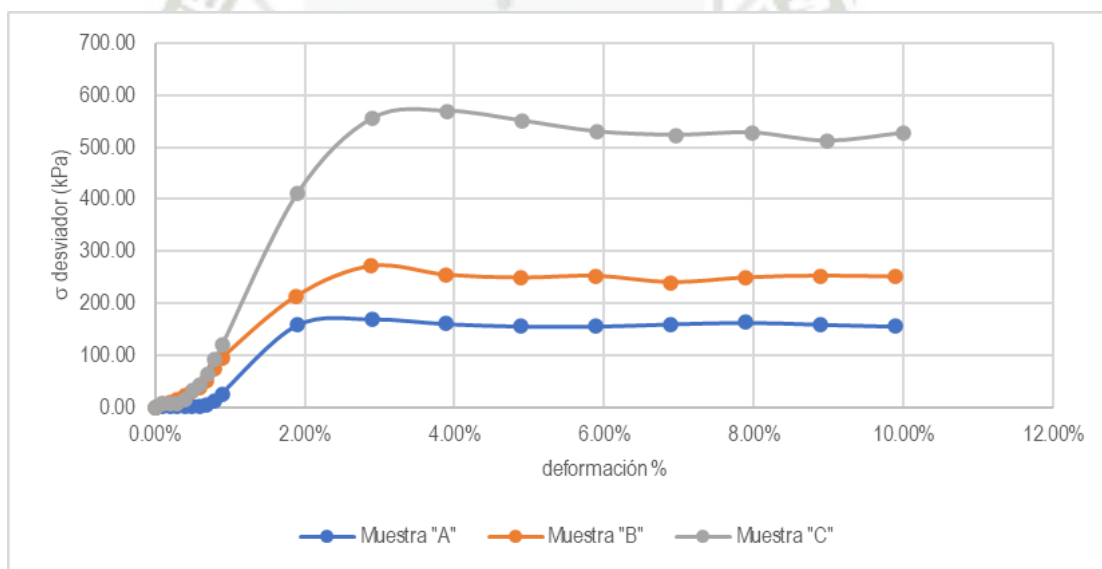
En la tabla 51 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 50% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.10 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el

agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 52 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 50% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 47 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 27.4° y un parámetro de cohesión de 6.52 kPa.

Figura 46.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 52.

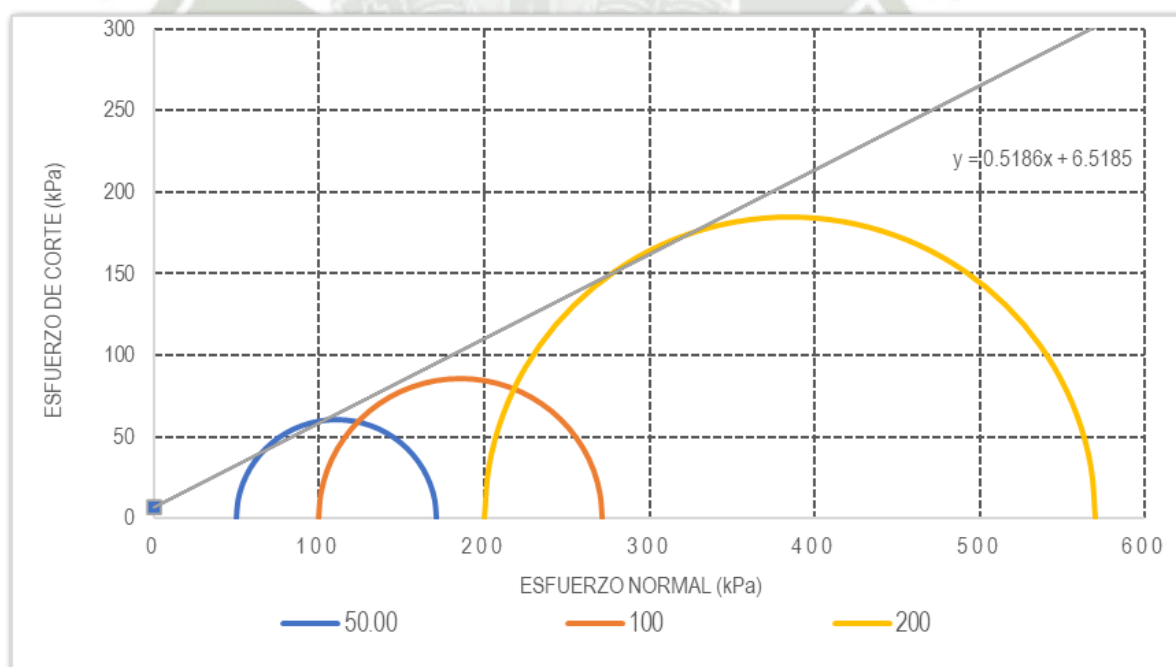
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	170.52
100.00	271.40
200.00	569.54

Nota: Elaboración propia

Figura 47.

Envolvente de falla y círculos de Morh Coulomb en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 53.

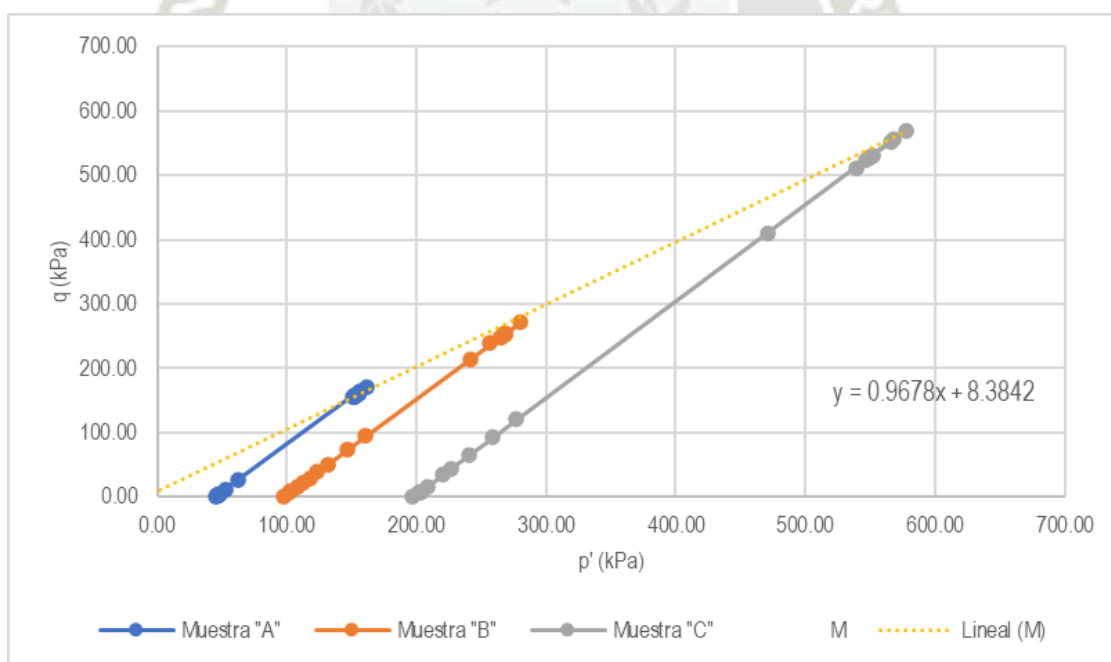
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.5186
Cohesión (kPa):	6.52
Angulo de fricción:	27.4

Nota: Elaboración propia

Figura 48.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 50% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 48 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento. La gráfica muestra que " p " aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

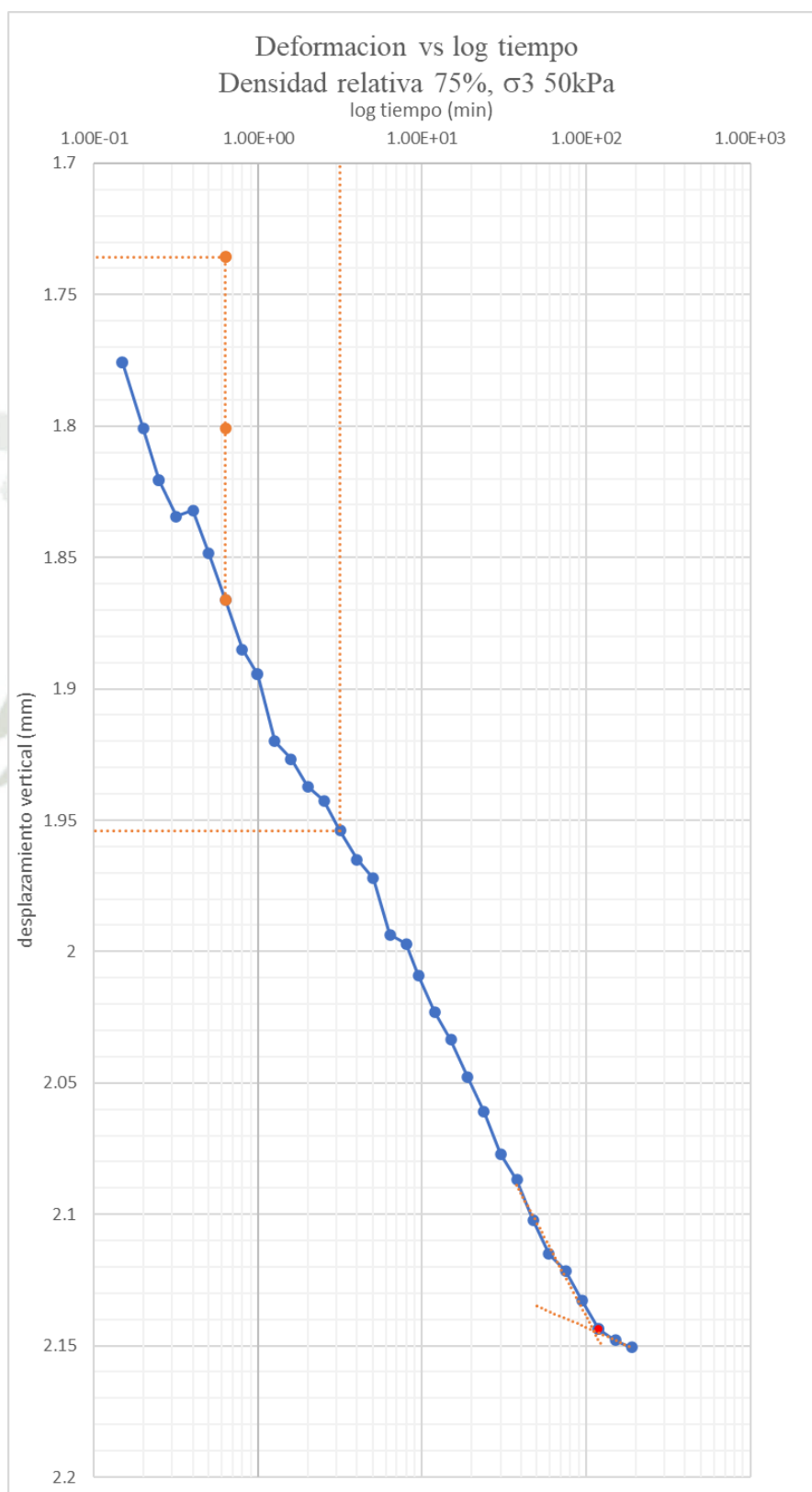
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.2. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 75% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 75%, ensayados a una velocidad de corte de 0.10 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 49.

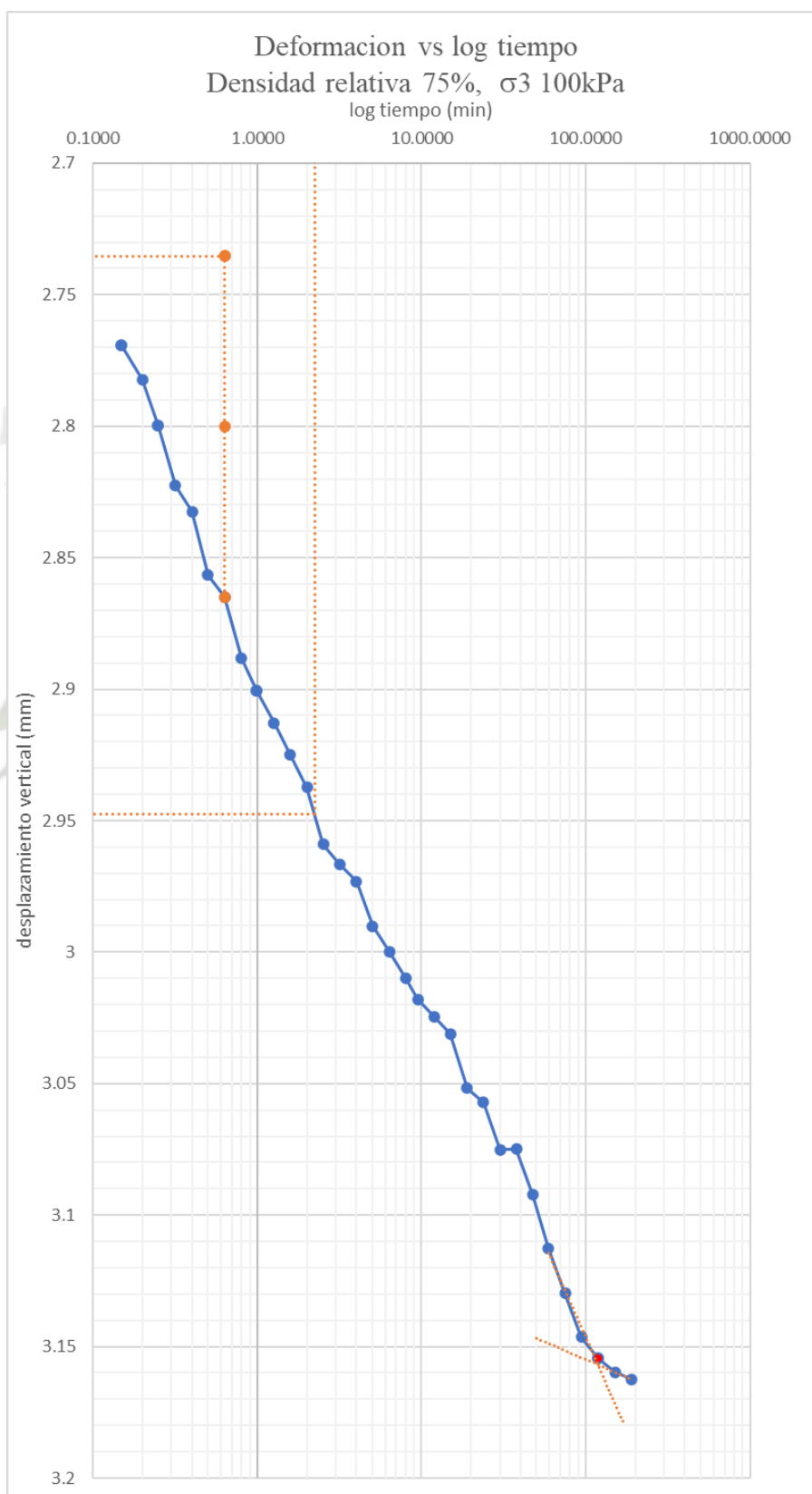
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 50.

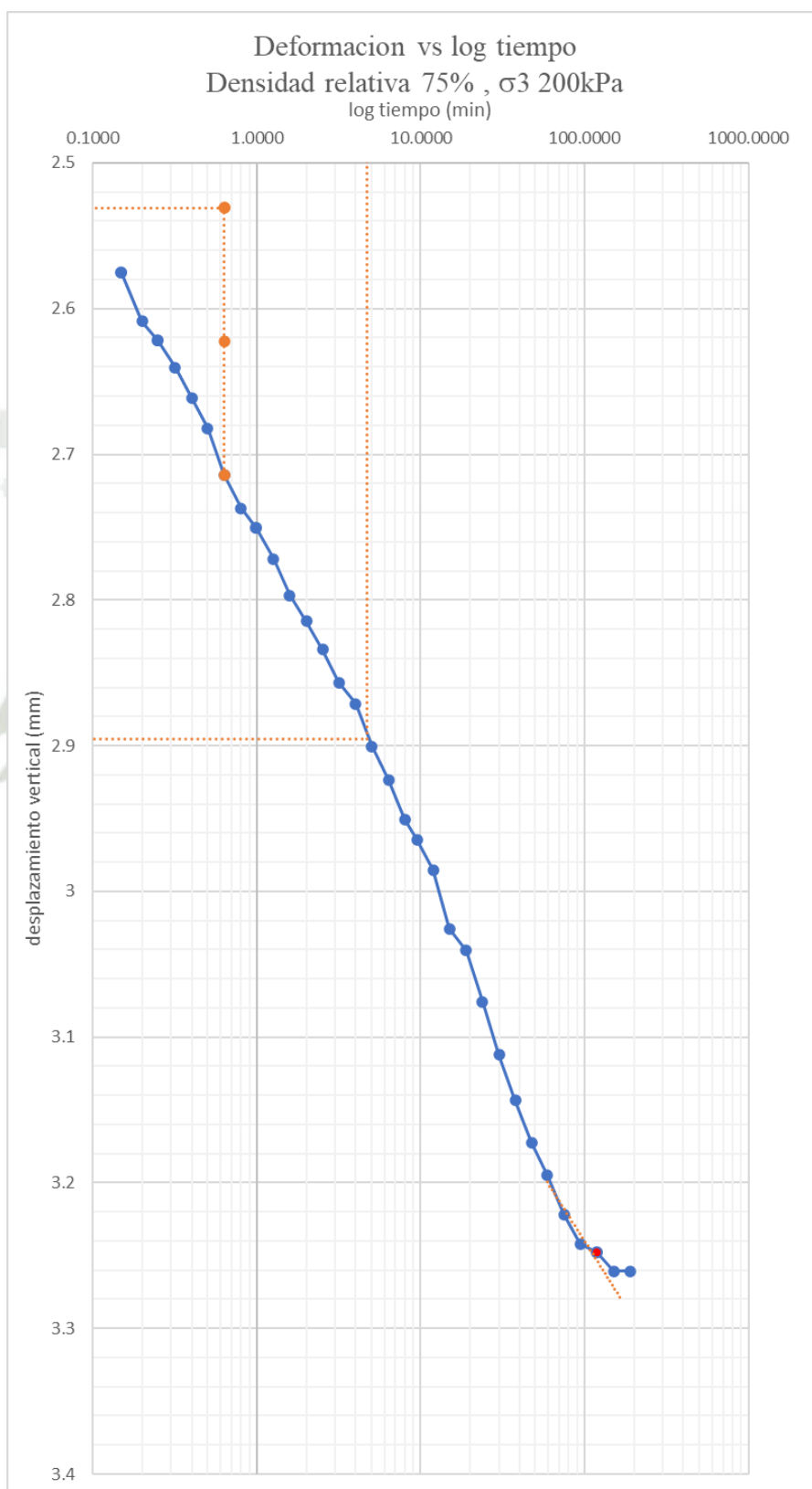
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 51.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 75% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 49, 50 y 51 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 75% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que están resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 54.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 75%

t₅₀ Casa grande								
50 kPa			50 kPa			50 kPa		
d ₀	1.74	mm	d ₀	2.74	mm	d ₀	2.53	mm
d ₁₀₀	2.15	mm	d ₁₀₀	3.16	mm	d ₁₀₀	3.26	mm
d ₅₀	1.95	mm	d ₅₀	2.95	mm	d ₅₀	2.90	mm
t ₅₀	3.17	min	t ₅₀	2.24	min	t ₅₀	4.73	min
falla	4%		falla	4%		falla	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.18	mm/min	vel	0.26	mm/min	vel	0.12	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegue a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 54 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.10 mm/min para los ensayos triaxiales a diferentes densidades.

Tabla 55.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 75% y velocidad 0.1mm/min

DENSIDAD RELATIVA 75%					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Área (mm ²)	4007.59	Área (mm ²)	4005.19	Área (mm ²)	4004.39
β	95.18%	β	94.84%	β	95.84%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.80	γ_d (g/cm ³)	1.80	γ_d (g/cm ³)	1.80
γ_t (g/cm ³)	1.90	γ_t (g/cm ³)	1.90	γ_t (g/cm ³)	1.90
Después de la consolidación		Después de la consolidación		Después de la consolidación	
Humedad	16.10%	Humedad	16.20%	Humedad	16.00%
γ_d (g/cm ³)	1.81	γ_d (g/cm ³)	1.81	γ_d (g/cm ³)	1.81
γ_t (g/cm ³)	2.10	γ_t (g/cm ³)	2.11	γ_t (g/cm ³)	2.10

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

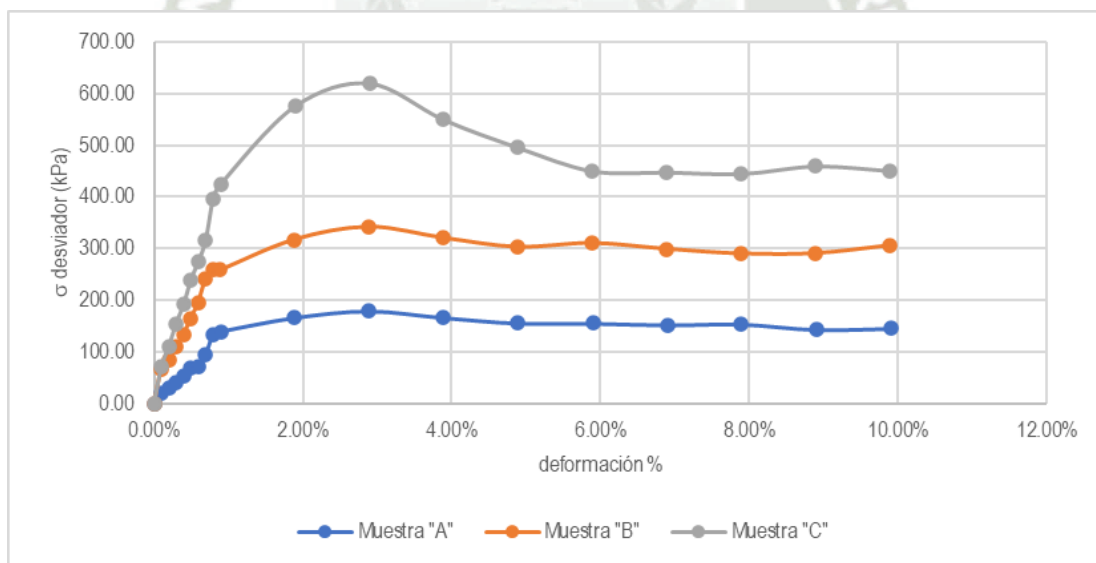
En la tabla 55 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 75% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.10 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación

de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 57 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 75% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 53 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 29.3° y un parámetro de cohesión de 11.81 kPa.

Figura 52.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 56.

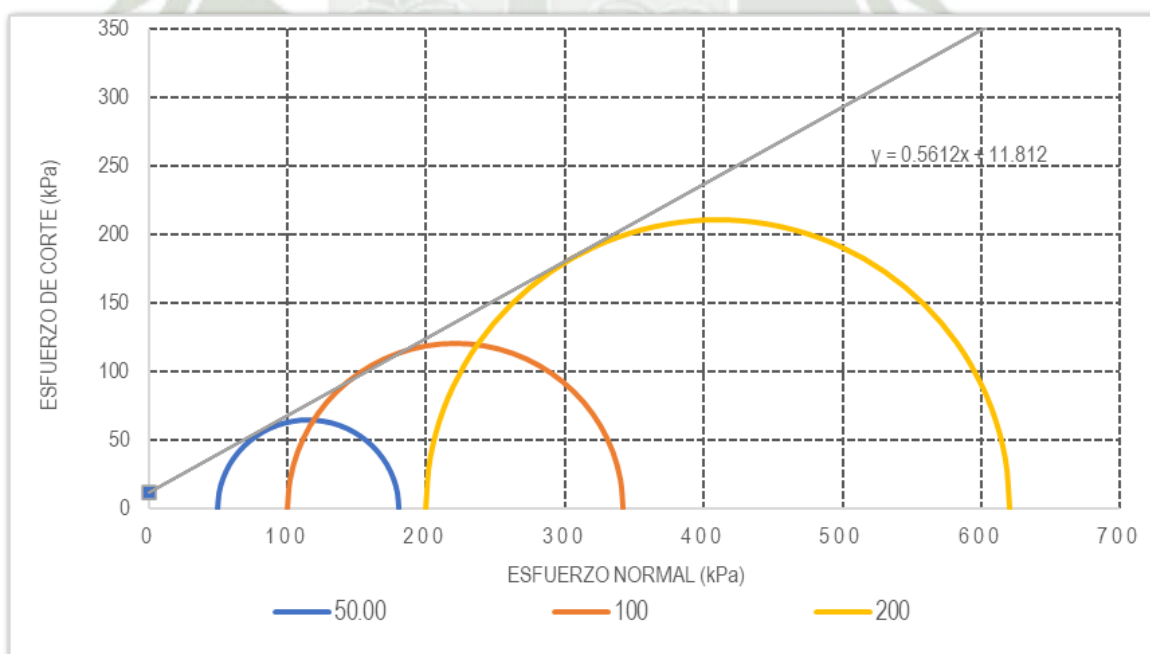
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	179.86
100.00	341.55
200.00	620.56

Nota: Elaboración propia

Figura 53.

Envolvente de falla y círculos de Morh Coulomb en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 57.

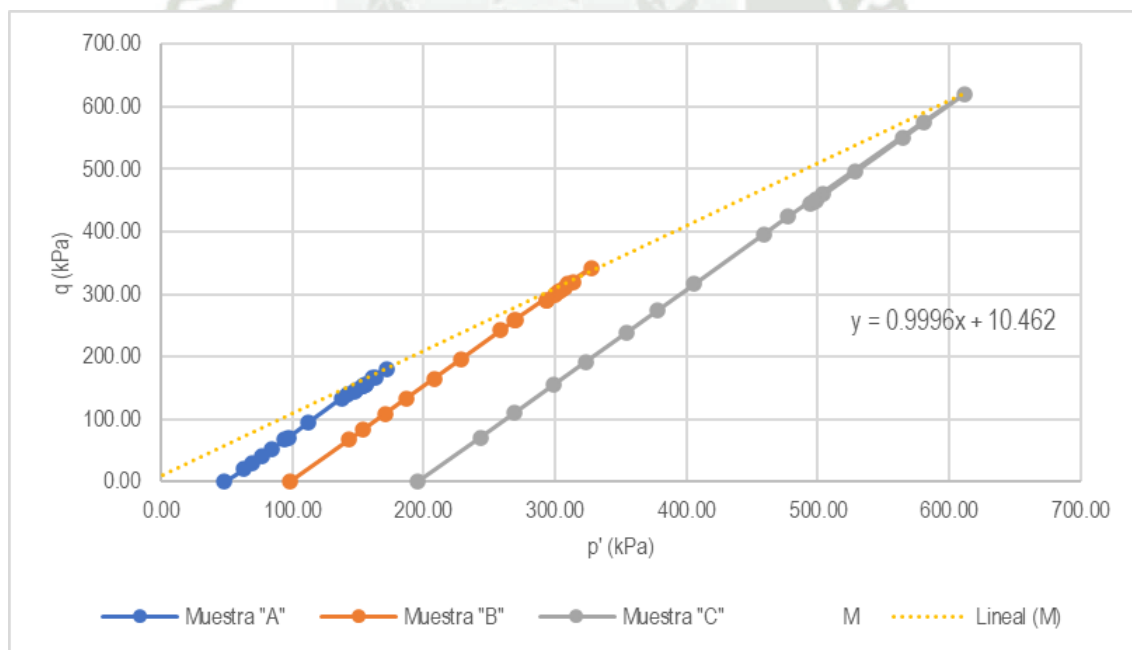
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.5612
Cohesión (kPa):	11.81
Angulo de fricción:	29.3

Nota: Elaboración propia

Figura 54.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 75% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 54 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento inicial. La gráfica muestra que " p " aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

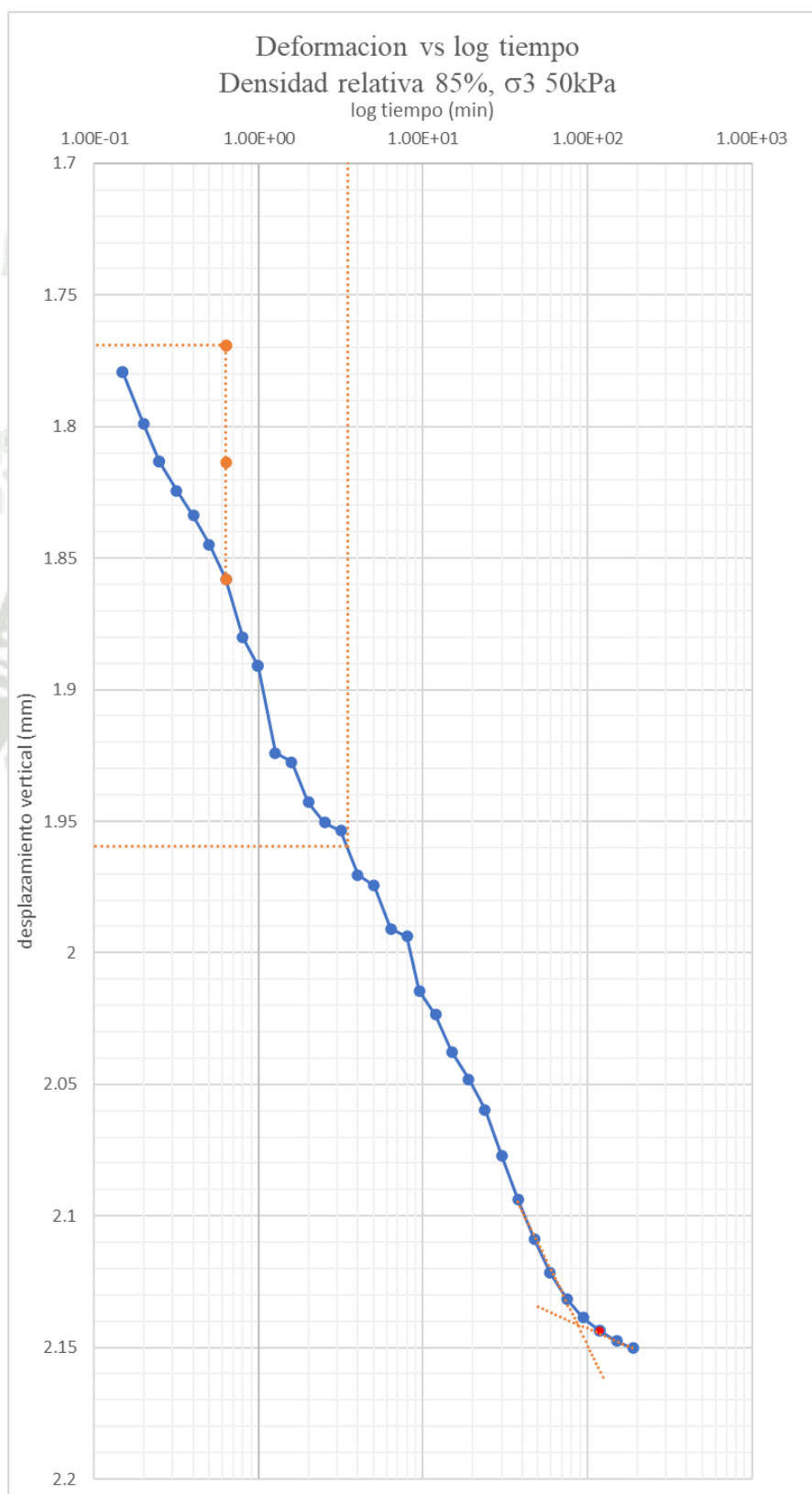
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.3. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 85% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 85%, ensayados a una velocidad de corte de 0.10 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio

Figura 55.

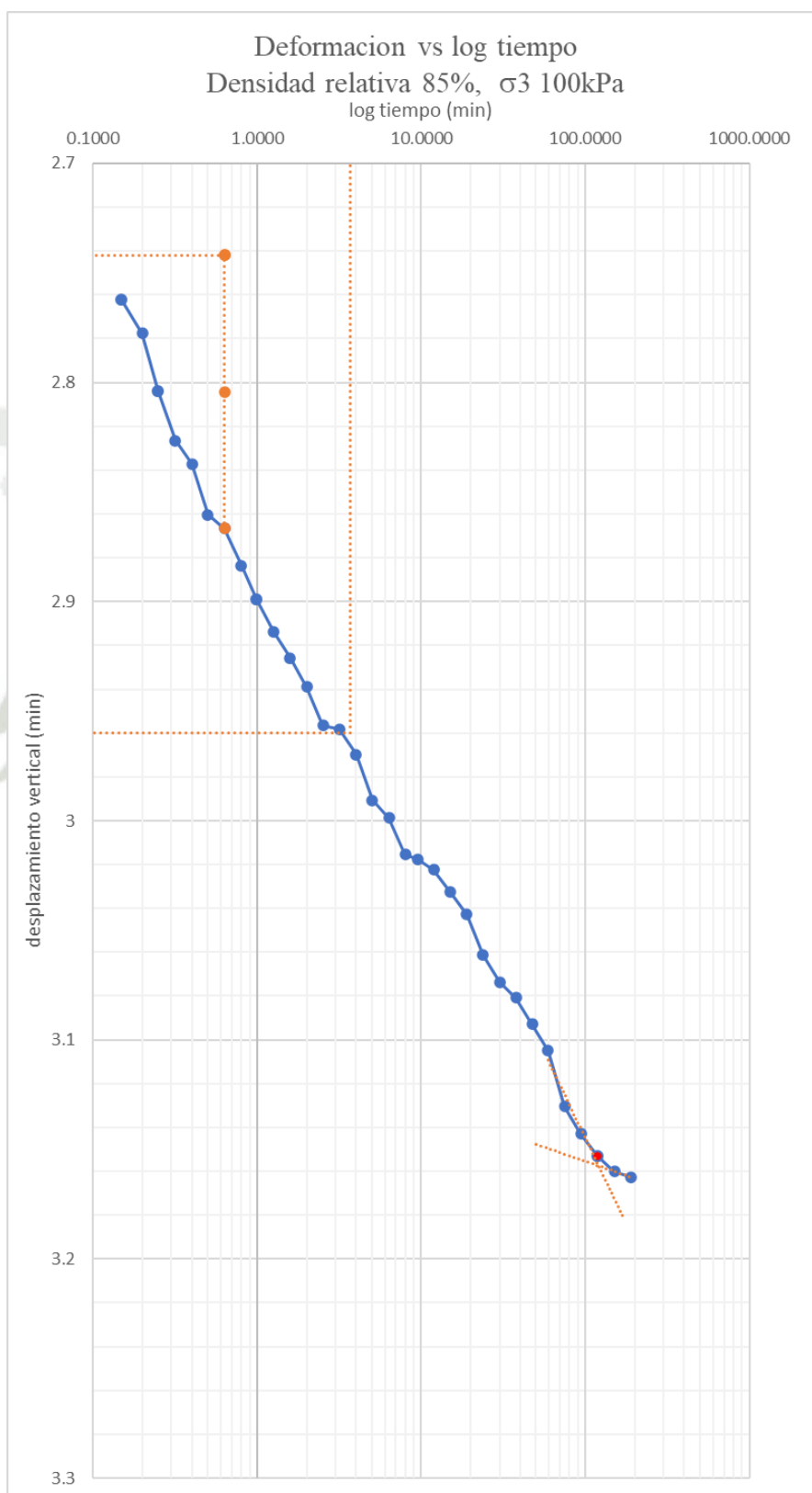
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 56.

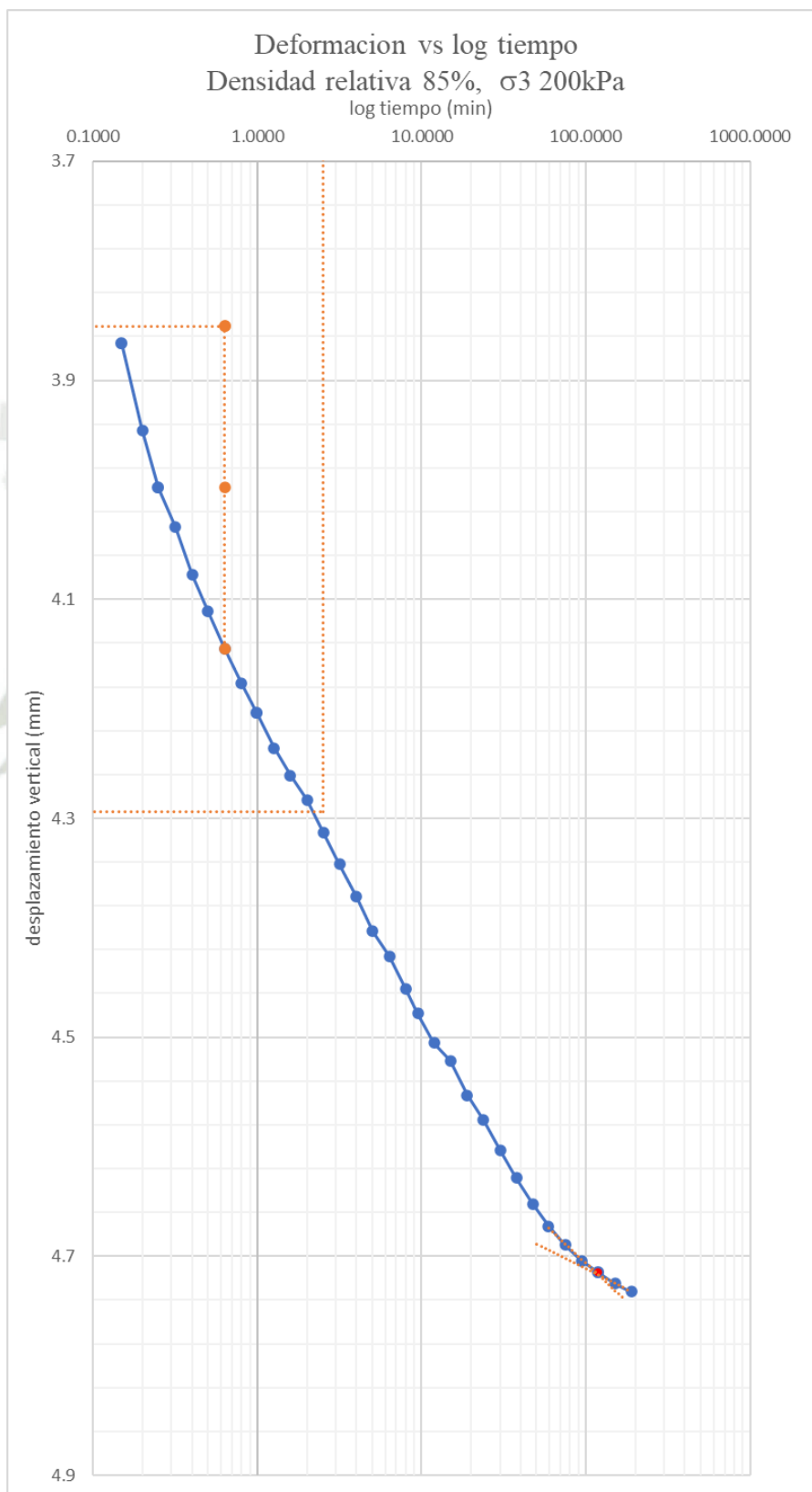
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 57.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 85% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 55, 56 y 57 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 85% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 58.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 85%

t₅₀ Casa grande								
50 kPa			100 kPa			200 kPa		
d ₀	1.77	mm	d ₀	2.74	mm	d ₀	3.85	mm
d ₁₀₀	2.15	mm	d ₁₀₀	3.15	mm	d ₁₀₀	4.70	mm
d ₅₀	1.96	mm	d ₅₀	2.96	mm	d ₅₀	4.29	mm
t ₅₀	3.47	min	t ₅₀	3.67	min	t ₅₀	2.51	min
falla	4%		falla	4%		falla	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.17	mm/min	vel	0.16	mm/min	vel	0.23	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegue a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 58 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.10 mm/min para los ensayos triaxiales a diferentes densidades.

Tabla 59.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 85% y velocidad 0.1mm/min

DENSIDAD RELATIVA 85%					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Área (mm ²)	4013.99	Área (mm ²)	4010.38	Área (mm ²)	4012.38
β	95.35%	β	94.69%	β	96.24%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.83	γ_d (g/cm ³)	1.83	γ_d (g/cm ³)	1.83
γ_t (g/cm ³)	1.93	γ_t (g/cm ³)	1.93	γ_t (g/cm ³)	1.93
Después de la consolidación		Después de la consolidación		Después de la consolidación	
Humedad	15.20%	Humedad	15.70%	Humedad	16.00%
γ_d (g/cm ³)	1.84	γ_d (g/cm ³)	1.84	γ_d (g/cm ³)	1.84
γ_t (g/cm ³)	2.12	γ_t (g/cm ³)	2.13	γ_t (g/cm ³)	2.13

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

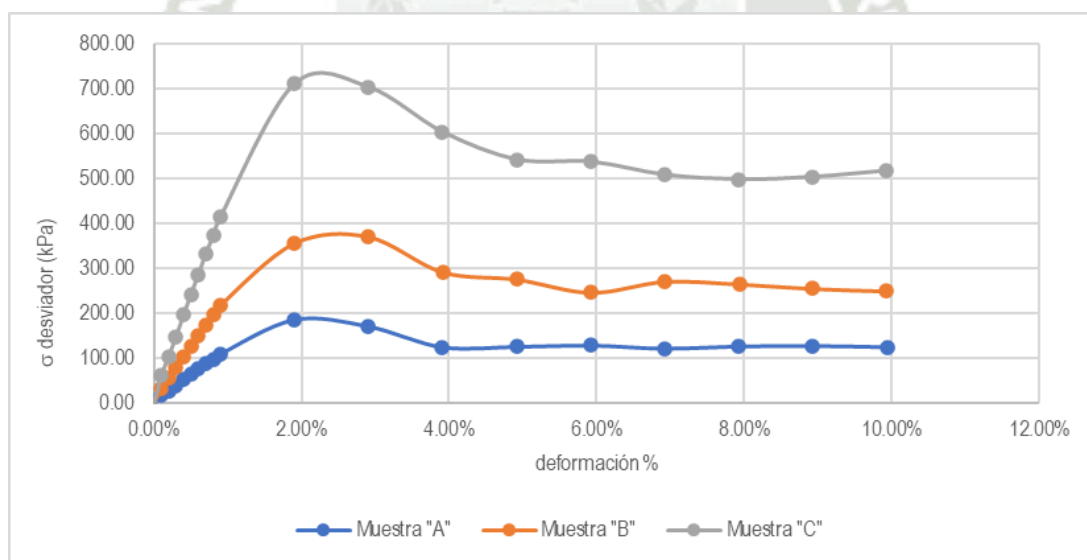
En la tabla 59 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 85% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.10 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación

de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 61 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 85% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 59 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 33.6° y un parámetro de cohesión de 3.98 kPa.

Figura 58.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 60.

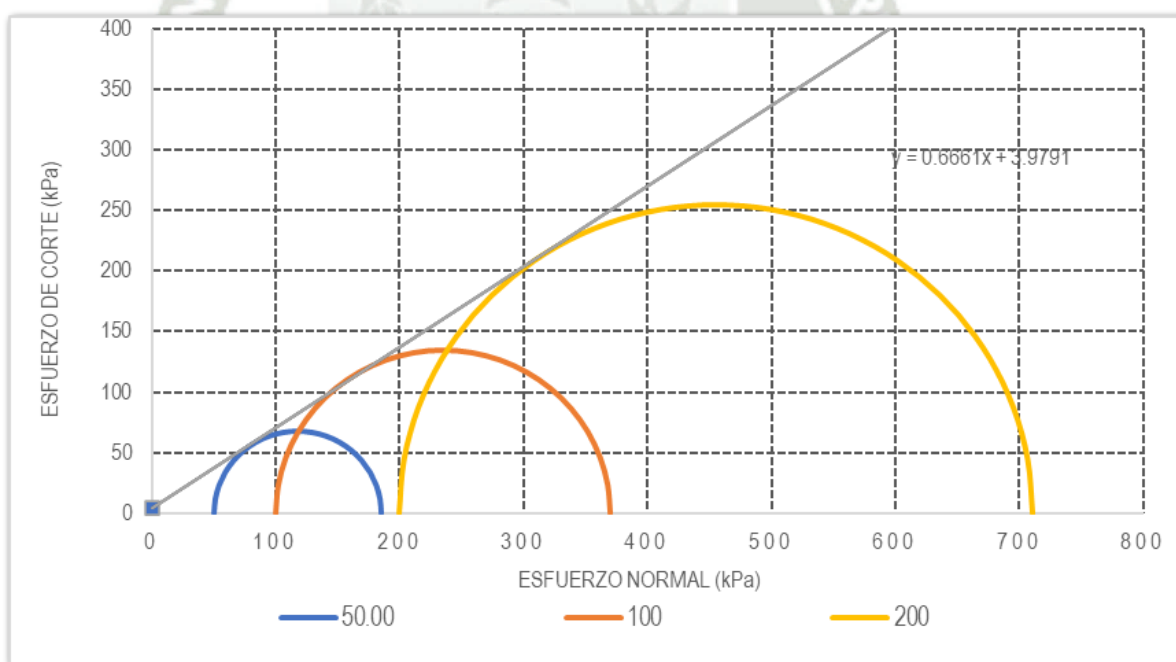
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD para 85% de densidad relativa y velocidad de 0.10 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	185.07
100.00	369.93
200.00	710.34

Nota: Elaboración propia

Figura 59.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 61.

Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 85% y velocidad de 0.10 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.661
Cohesión (kPa):	3.98
Angulo de fricción:	33.7

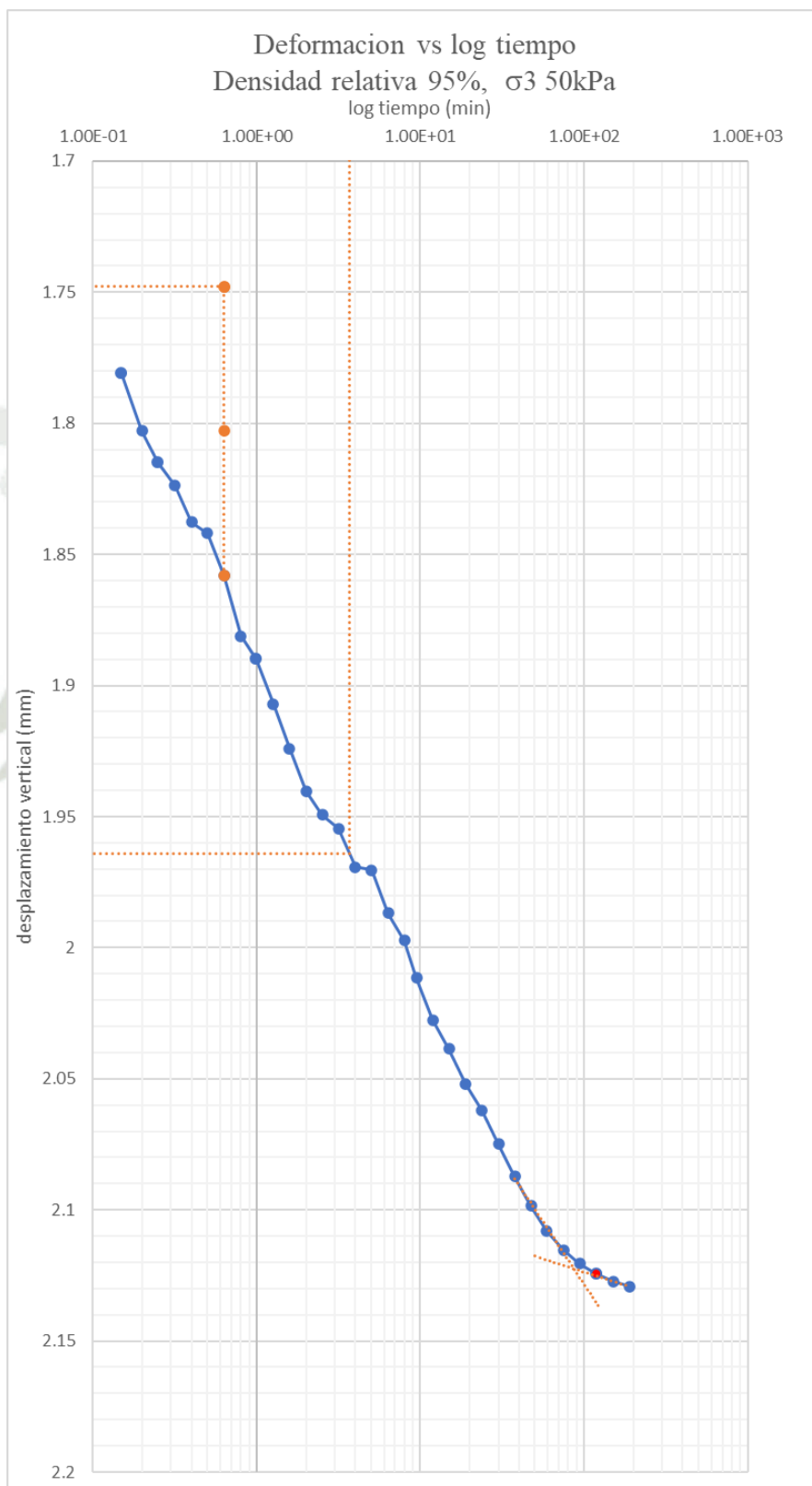
Nota: Elaboración propia

4.8.4. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.1 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.10 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 60.

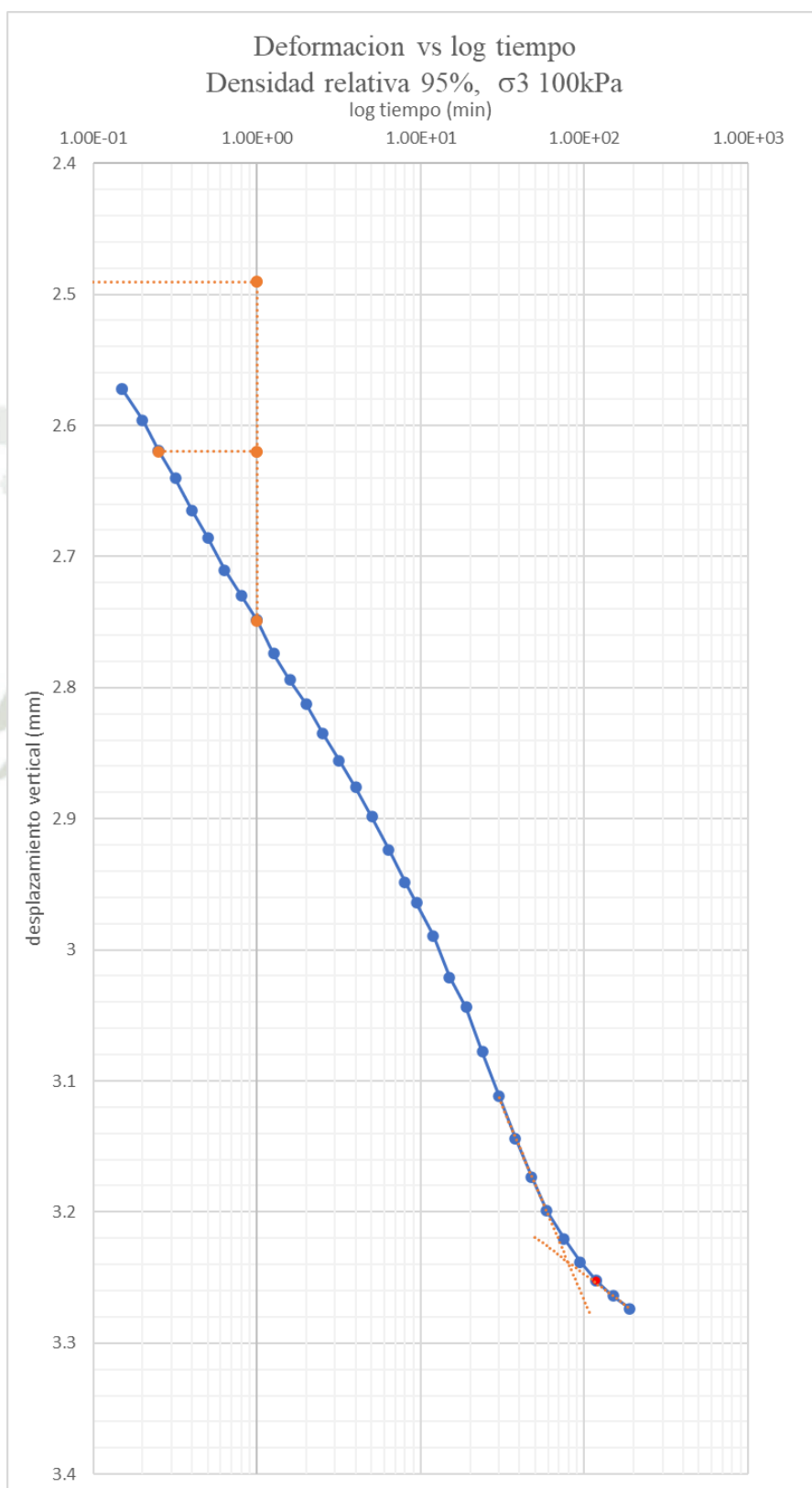
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 61.

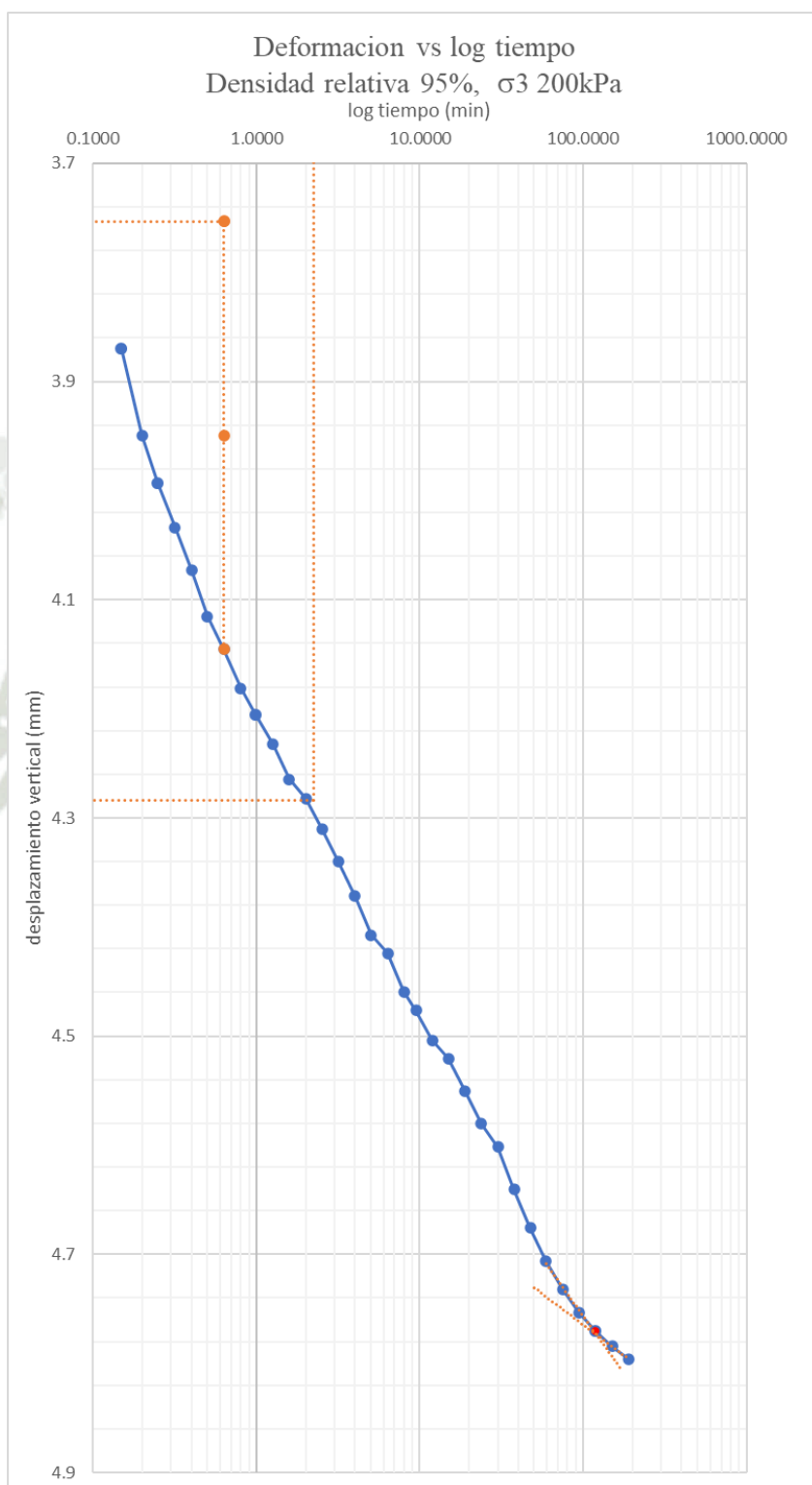
Deformación vs logaritmo de tiempo para con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 62.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 60, 61 y 62 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 62.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%

t₅₀ Casa grande								
	50 kPa			100 kPa			200 kPa	
d ₀	1.75	mm		d ₀	2.49	mm	d ₀	3.78 mm
d ₁₀₀	2.15	mm		d ₁₀₀	3.27	mm	d ₁₀₀	4.75 mm
d ₅₀	1.96	mm		d ₅₀	2.88	mm	d ₅₀	4.28 mm
t ₅₀	3.70	min		t ₅₀	4.28	min	t ₅₀	2.23 min
falla	4%			falla	4%		falla	4%
H	143.1	mm		H	143.1	mm	H	143.1 mm
def	5.73	mm		def	5.73	mm	def	5.73 mm
vel	0.15	mm/min		vel	0.13	mm/min	vel	0.26 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegue a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 63 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.10 mm/min para los ensayos triaxiales a diferentes densidades.

Tabla 63.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.1mm/min

DENSIDAD RELATIVA 95%					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Área (mm ²)	4012.38	Área (mm ²)	4011.20	Área (mm ²)	4012.81
β	95.30%	β	95.59%	β	95.12%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97
Después de la consolidación					
Humedad	15.60%	Humedad	14.20%	Humedad	15.80%
γ_d (g/cm ³)	1.78	γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.78
γ_t (g/cm ³)	2.05	γ_t (g/cm ³)	2.16	γ_t (g/cm ³)	2.06

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

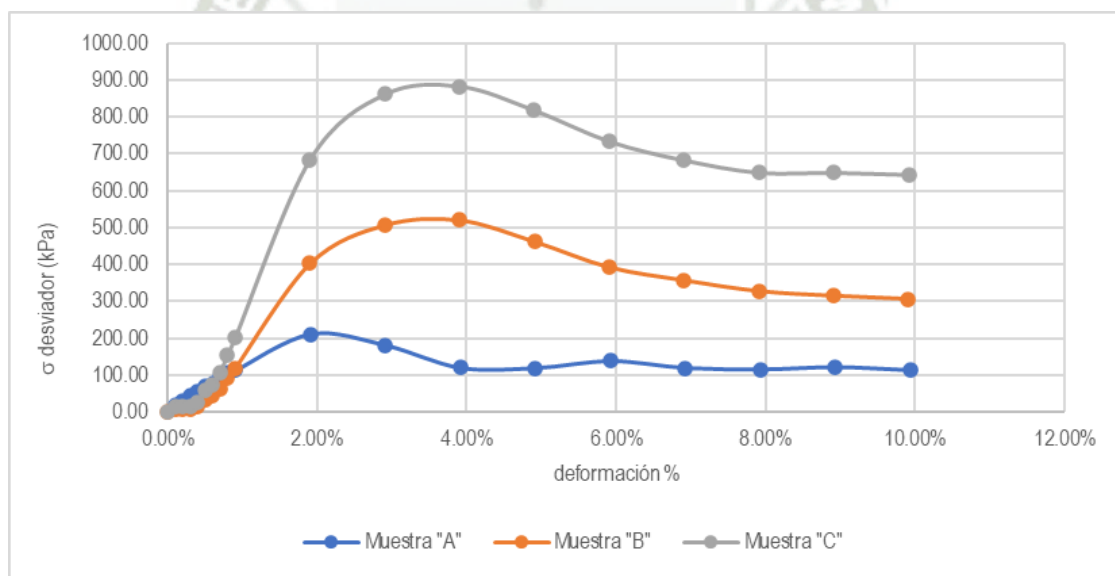
En la tabla 64 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 95% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.10 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el

agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 65 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 64 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 38.9° y un parámetro de cohesión de 6.77 kPa.

Figura 63.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 64.

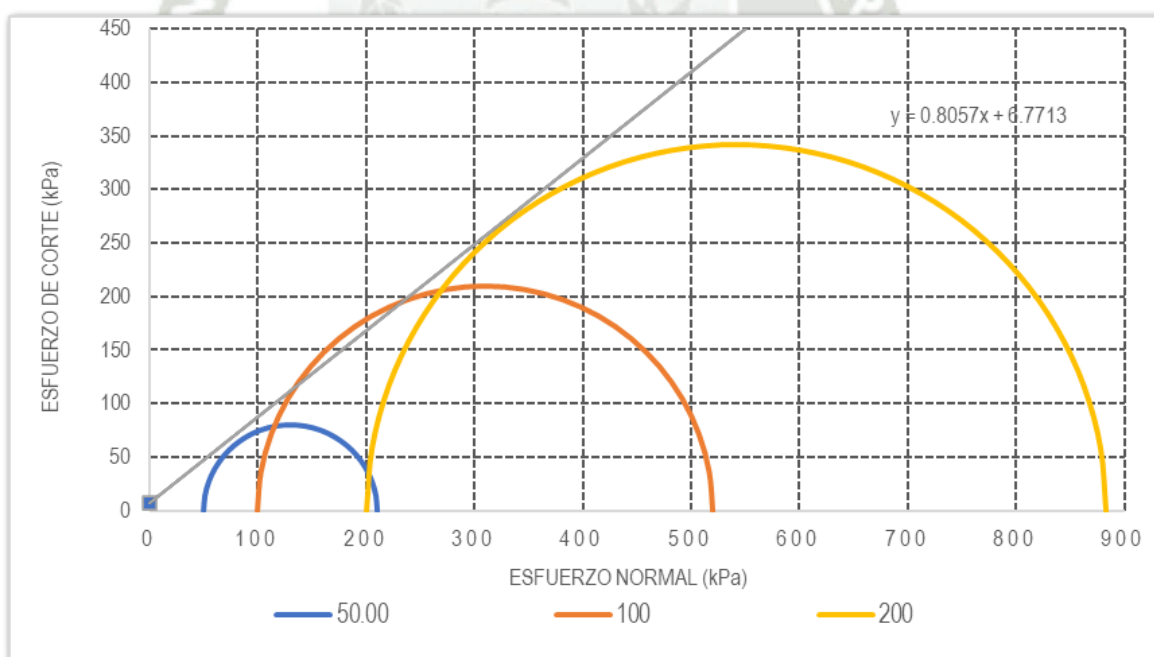
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	209.99
100.00	520.12
200.00	883.49

Nota: Elaboración propia

Figura 64.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 65.

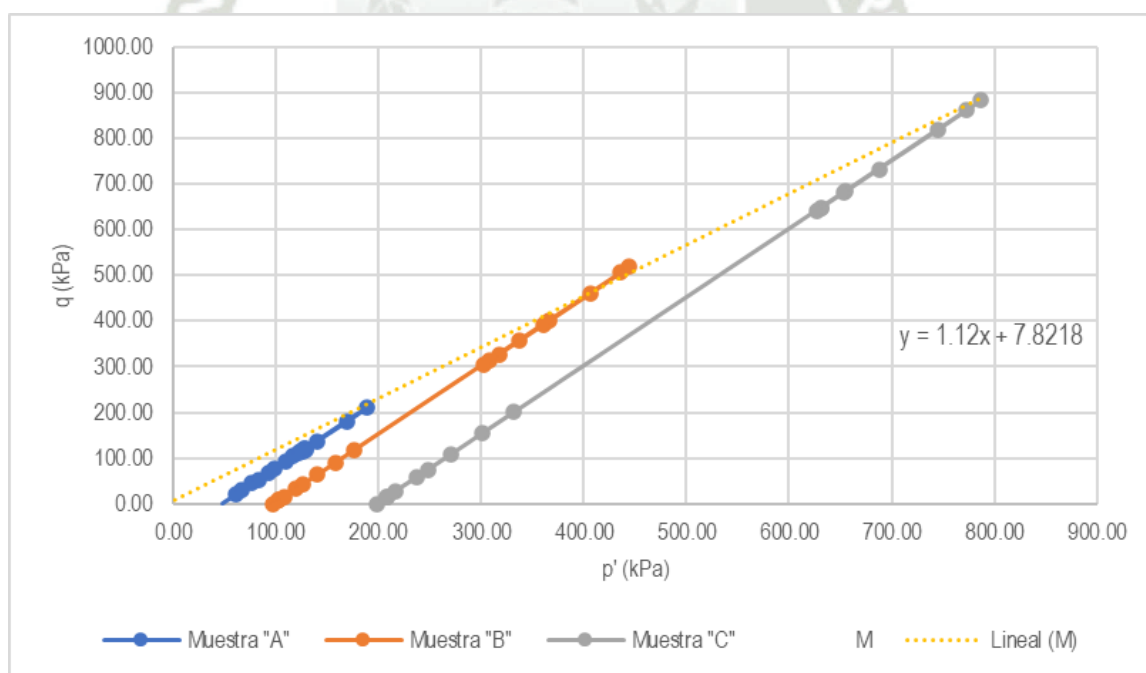
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.8057
Cohesión (kPa):	6.77
Angulo de fricción:	38.9

Nota: Elaboración propia

Figura 65.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 65 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento. La gráfica muestra que " p' " aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

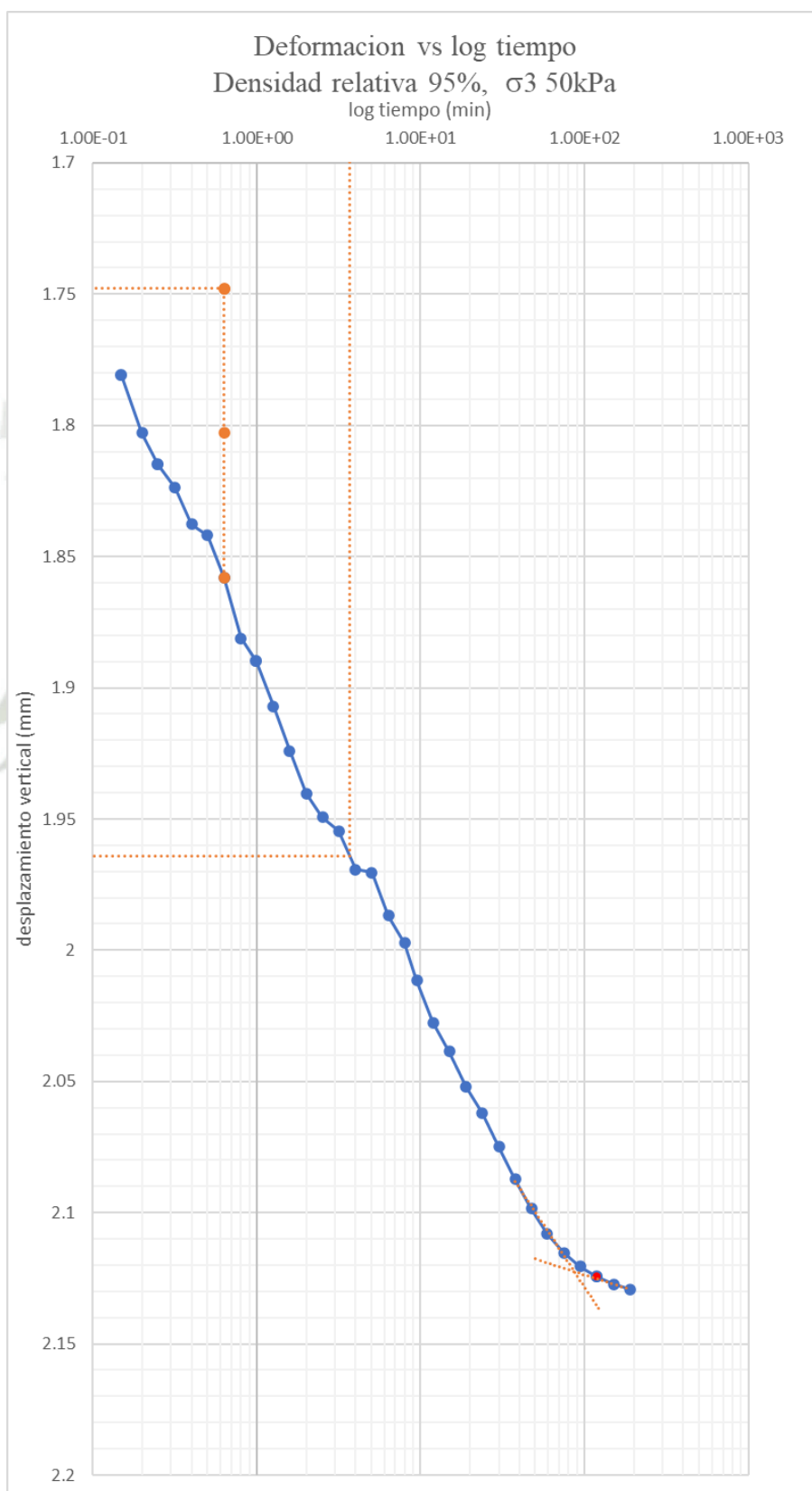
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.5. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.45 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 66.

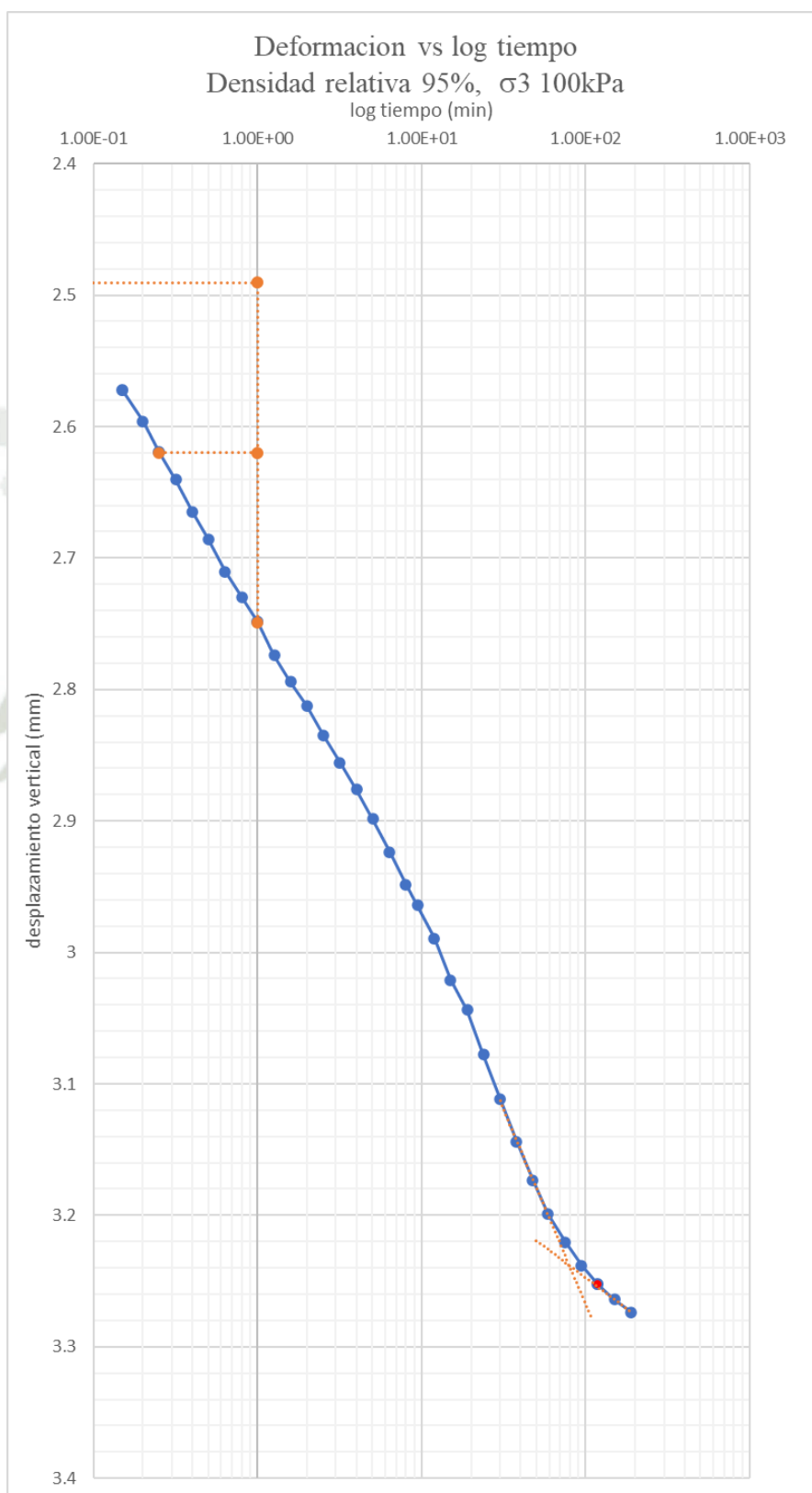
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 67.

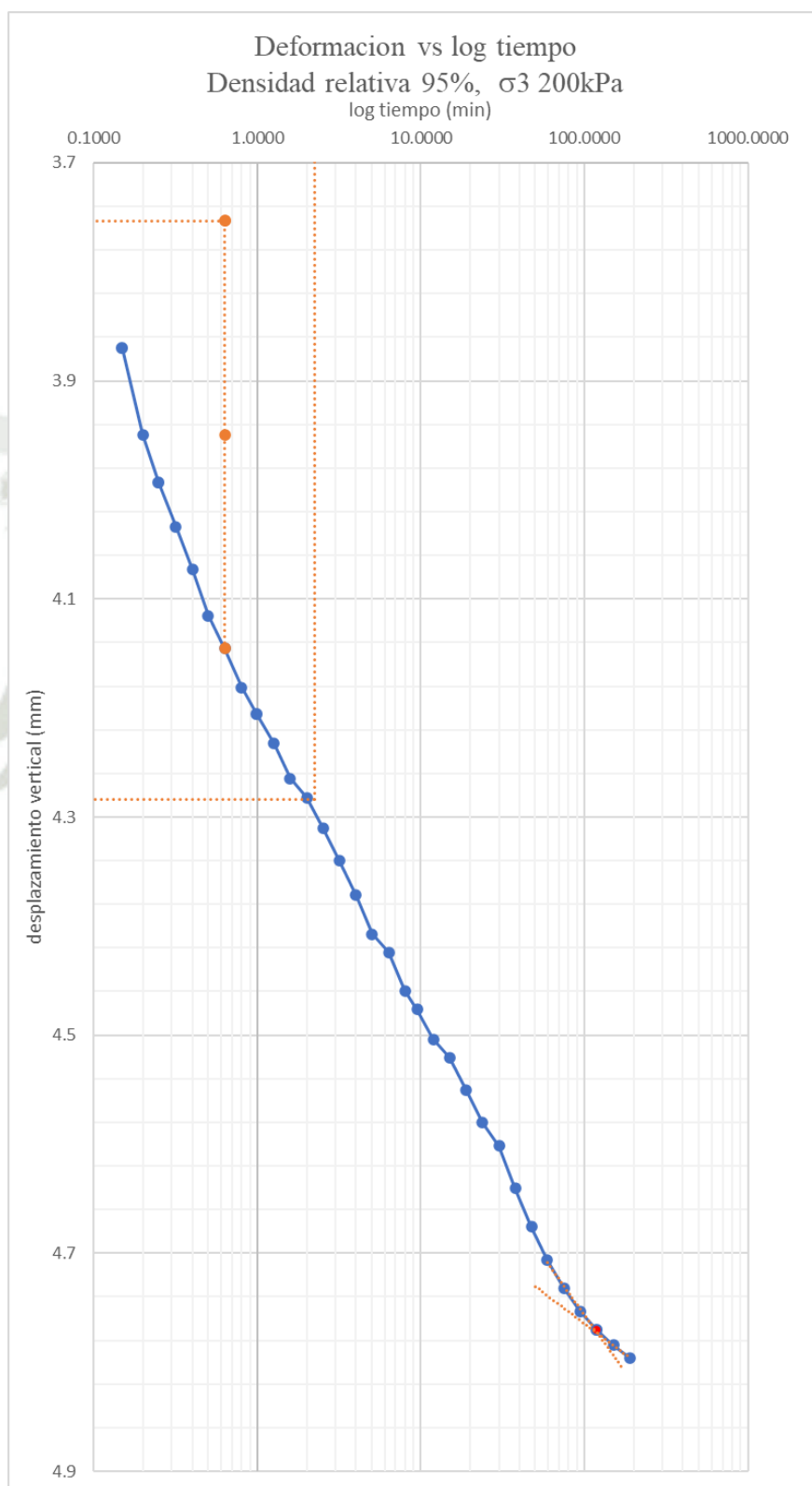
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 68.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 66, 67 y 68 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 66.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%

t₅₀ Casa grande								
50 kPa			100 kPa			200 kPa		
d ₀	1.75	mm	d ₀	2.49	mm	d ₀	3.78	mm
d ₁₀₀	2.15	mm	d ₁₀₀	3.27	mm	d ₁₀₀	4.75	mm
d ₅₀	1.96	mm	d ₅₀	2.88	mm	d ₅₀	4.28	mm
t ₅₀	3.70	min	t ₅₀	4.28	min	t ₅₀	2.23	min
falla	4%		falla	4%		falla	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.15	mm/min	vel	0.13	mm/min	vel	0.26	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegue a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 67 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010 mm/min. Para este ensayo se utilizó 0.45 mm/min como velocidad de deformación.

Tabla 67.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.45 mm/min

DENSIDAD RELATIVA 95% VELOCIDAD 0.45 MM/MIN					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.45 mm/min					
Área (mm ²)	4010.60	Área (mm ²)	4007.40	Área (mm ²)	4006.59
β	96.48%	β	95.05%	β	96.08%
Condiciones iniciales					
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97
Después de la consolidación					
Humedad	15.36%	Humedad	15.54%	Humedad	15.60%
γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.90
γ_t (g/cm ³)	2.18	γ_t (g/cm ³)	2.19	γ_t (g/cm ³)	2.19

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

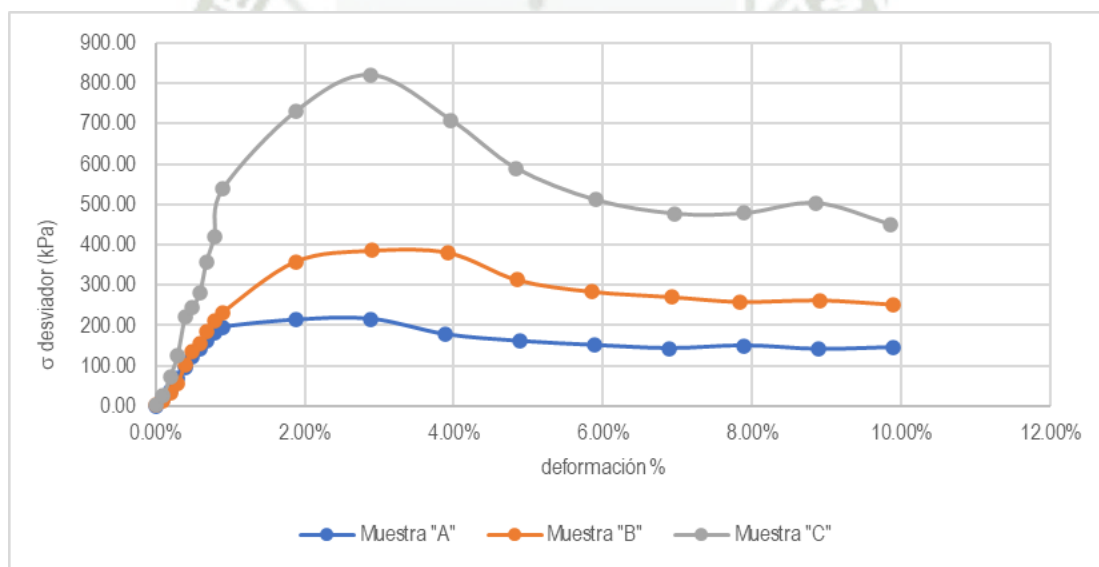
En la tabla 68 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 95% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.45 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el

agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 69 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con velocidad cortante tangencial de 0.45 mm/min y se muestra en la figura 69 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 38.9° y un parámetro de cohesión de 6.77 kPa.

Figura 69.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 68.

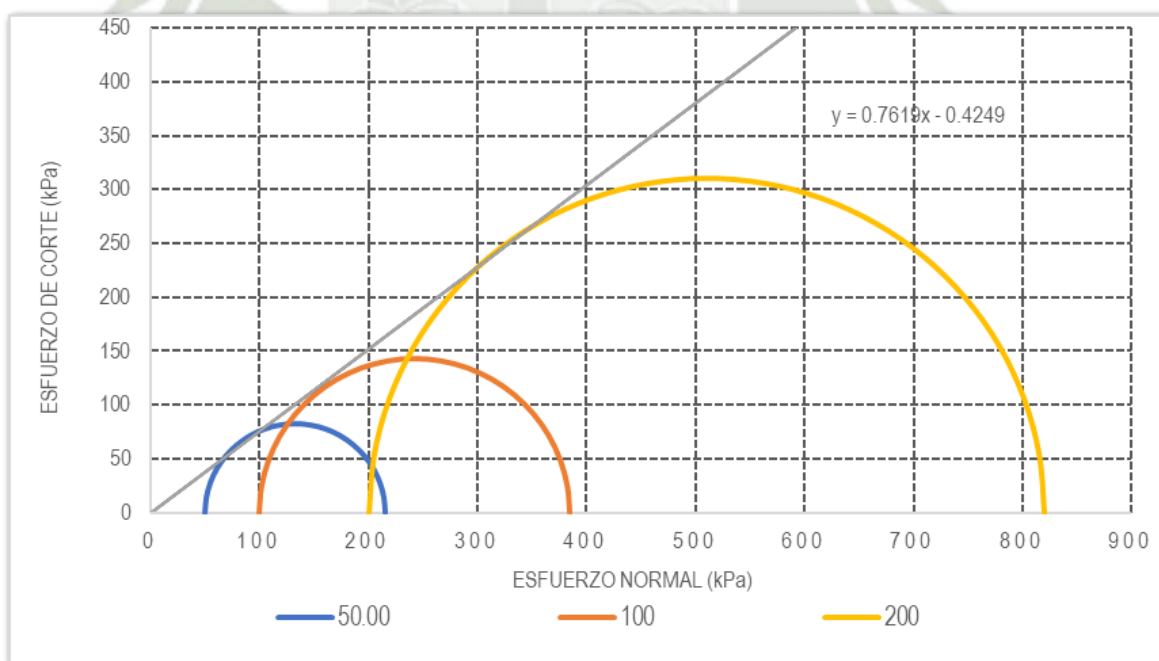
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	240.66
100.00	459.81
200.00	919.93

Nota: Elaboración propia

Figura 70.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 69.

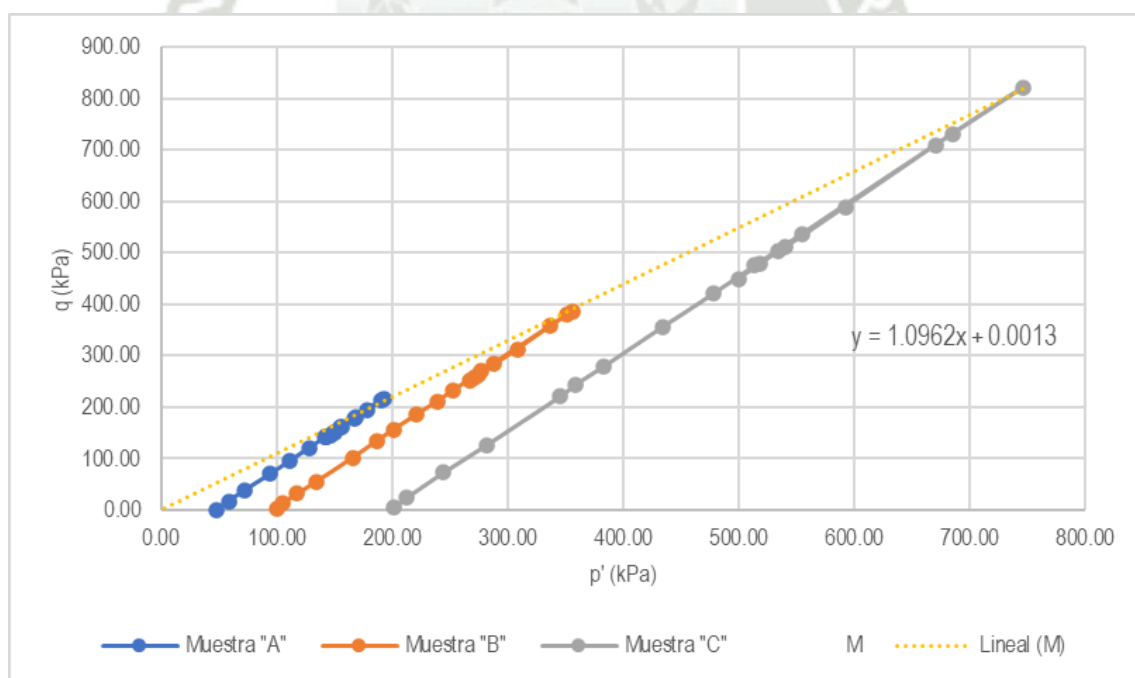
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.7619
Cohesión (kPa):	0.00
Angulo de fricción:	37.3

Nota: Elaboración propia

Figura 71.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.45 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 71 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo

de confinamiento. La grafica muestra que “p” aumenta linealmente, esto se da en los ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

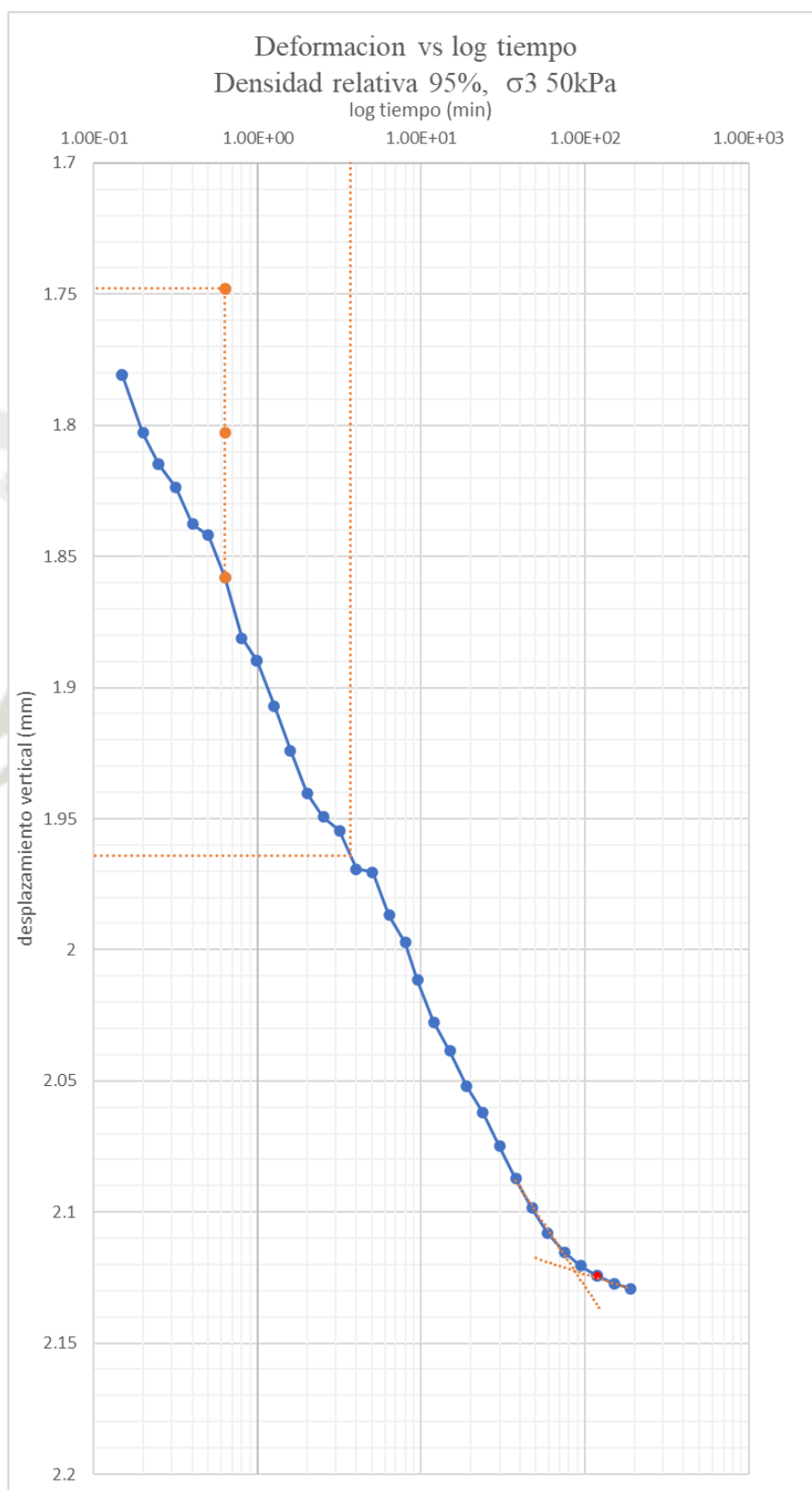
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.6. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.25 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 72.

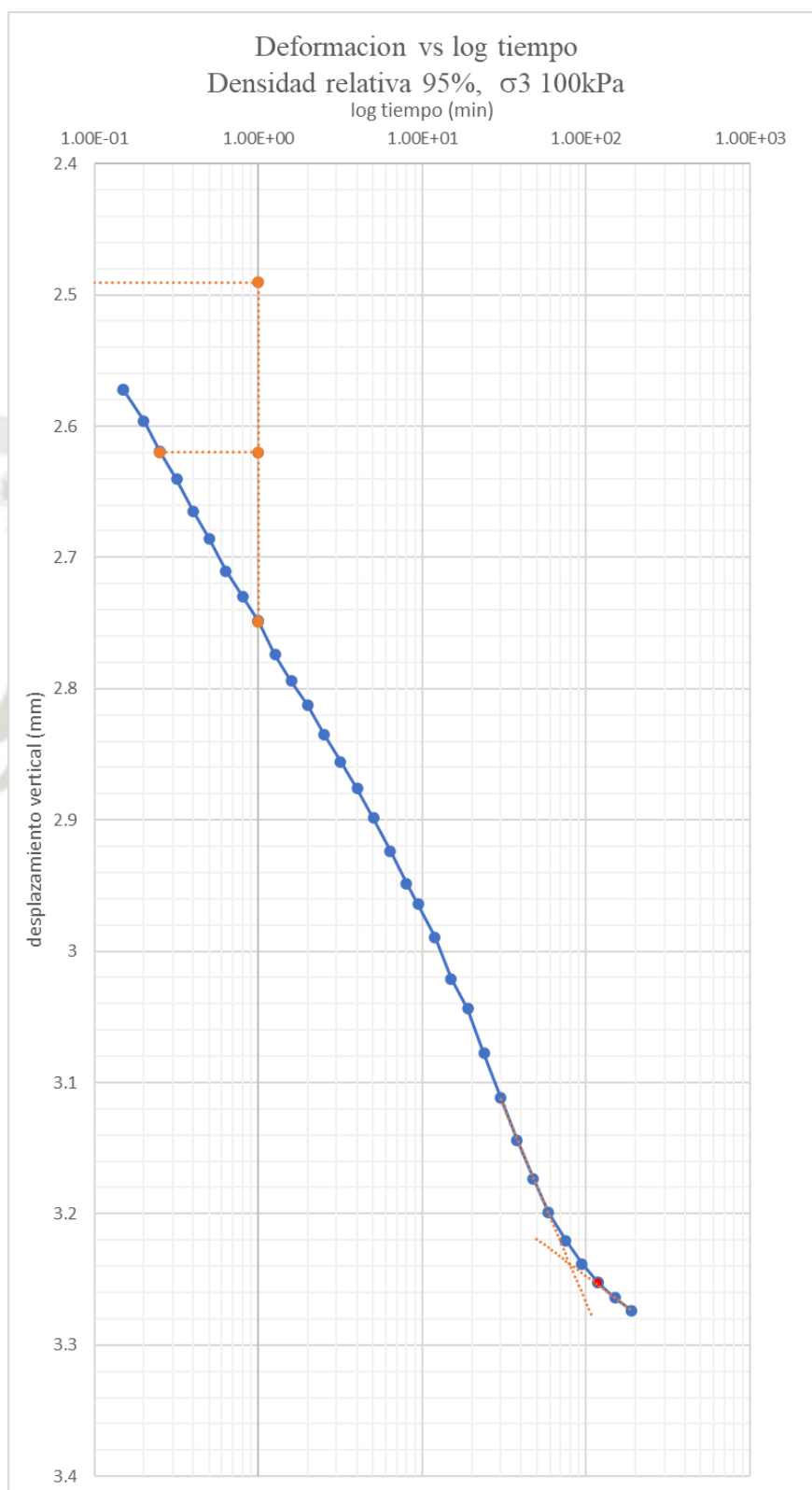
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 73.

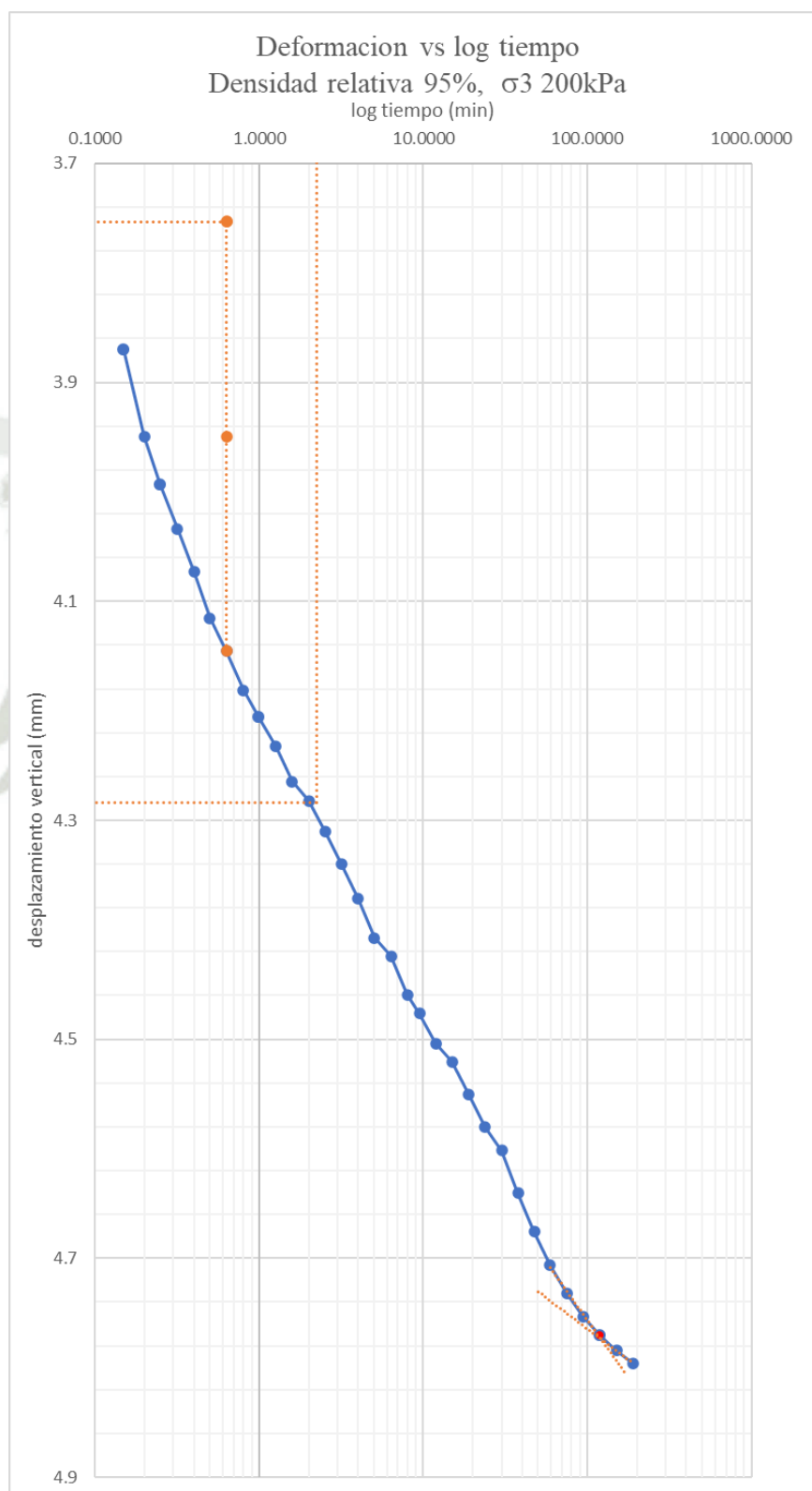
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 74.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 72, 73 y 74 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 70.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%

t₅₀ Casa grande								
50 kPa			100 kPa			200 kPa		
d ₀	1.75	mm	d ₀	2.49	mm	d ₀	3.78	mm
d ₁₀₀	2.15	mm	d ₁₀₀	3.27	mm	d ₁₀₀	4.75	mm
d ₅₀	1.96	mm	d ₅₀	2.88	mm	d ₅₀	4.28	mm
t ₅₀	3.70	min	t ₅₀	4.28	min	t ₅₀	2.23	min
falla	4%		falla	4%		falla	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.15	mm/min	vel	0.13	mm/min	vel	0.26	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 71 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010 mm/min. Para este ensayo se utilizó una velocidad de deformación de 0.25 mm/min.

Tabla 71.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.25 mm/min

DENSIDAD RELATIVA 95% VELOCIDAD 0.25 MM/MIN					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.25 mm/min					
Área (mm ²)	4015.19	Área (mm ²)	4011.18	Área (mm ²)	4006.59
β	95.88%	β	96.17%	β	96.89%
Condiciones iniciales					
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97
Después de la consolidación					
Humedad	15.80%	Humedad	15.02%	Humedad	15.22%
γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.90
γ_t (g/cm ³)	2.19	γ_t (g/cm ³)	2.17	γ_t (g/cm ³)	2.19

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro B de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

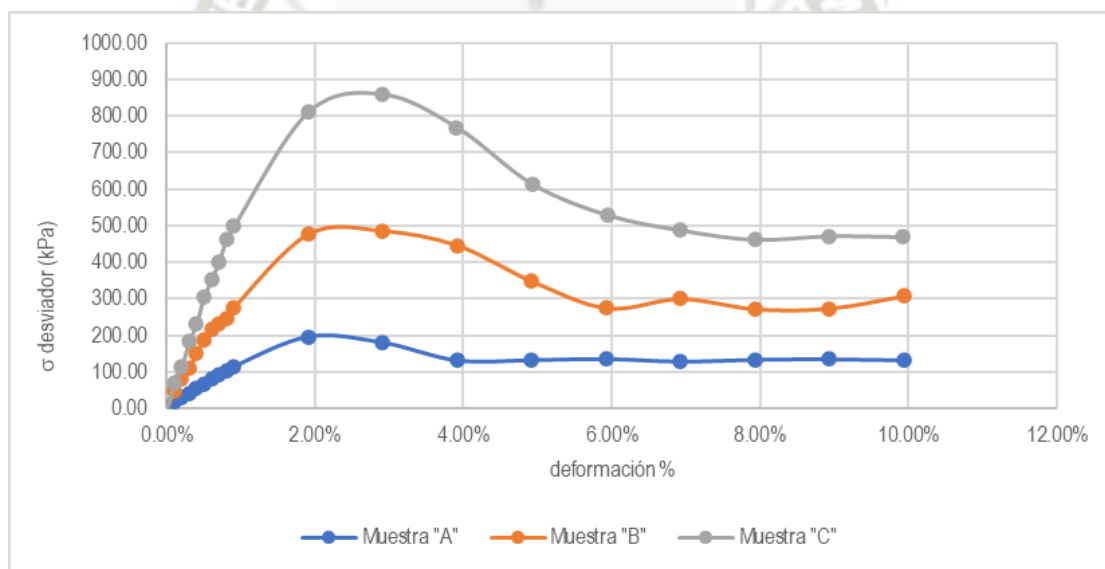
En la tabla 72 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 95% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.25 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el

agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 73 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.25 mm/min y en la figura 76 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 38.7° y un parámetro de cohesión de 2.09 kPa.

Figura 75.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 72.

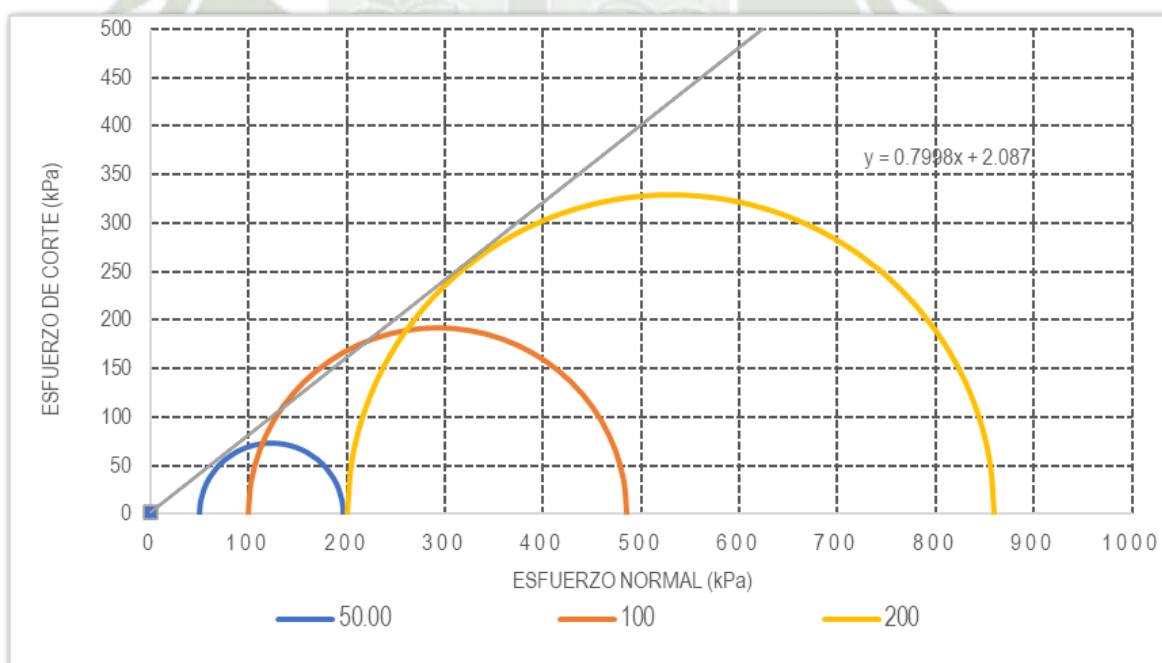
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	195.75
100.00	485.36
200.00	859.50

Nota: Elaboración propia

Figura 76.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 73.

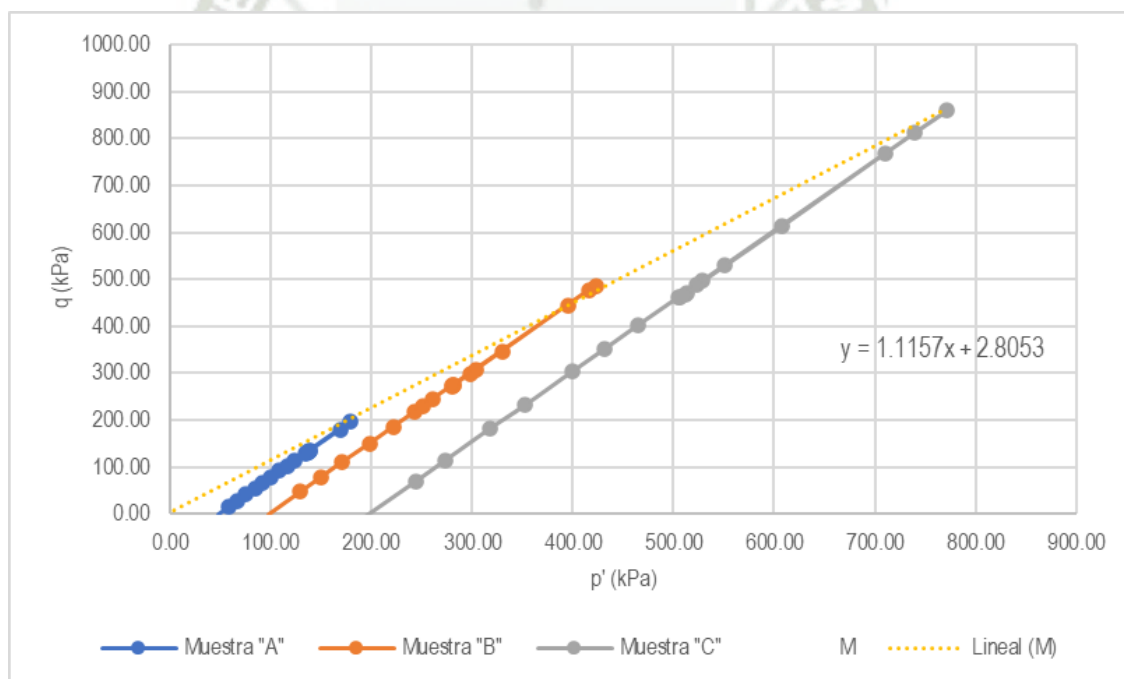
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.7998
Cohesión (kPa):	2.09
Angulo de fricción:	38.7

Nota: Elaboración propia

Figura 77.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.25 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 77 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento. La gráfica muestra que " p " aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

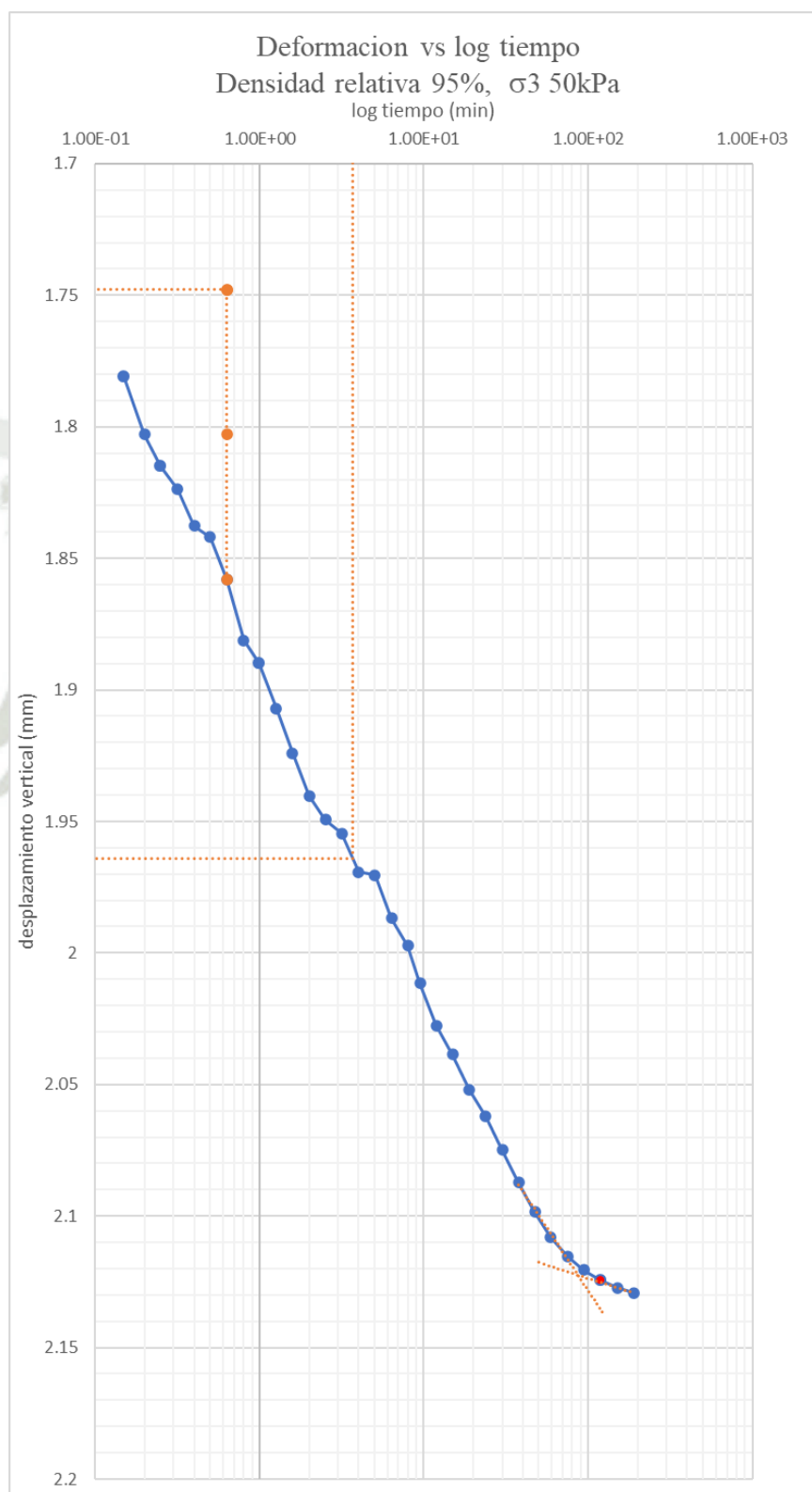
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.6. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95% y velocidad 0.05 mm/min en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.05 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 78.

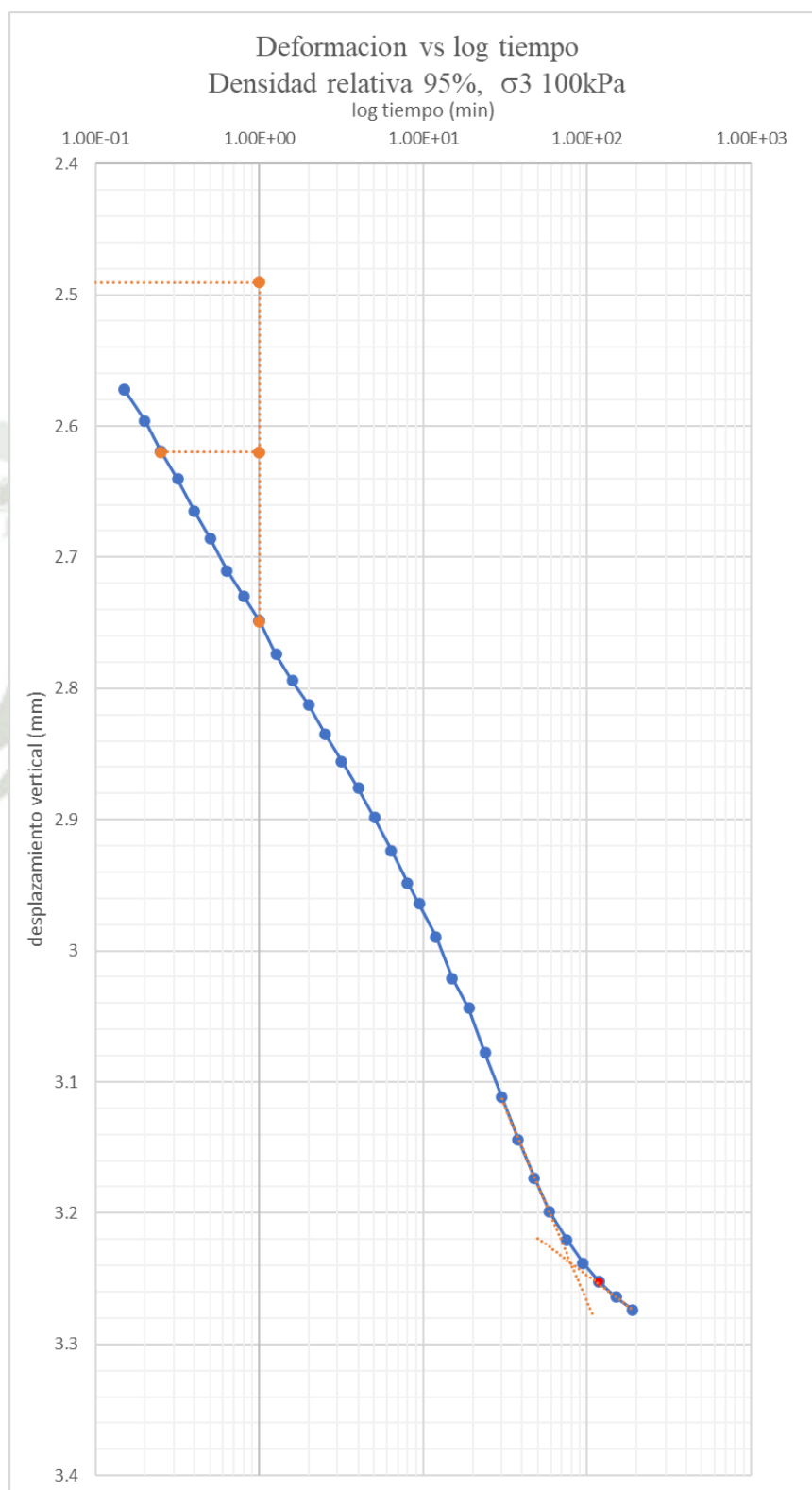
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 79.

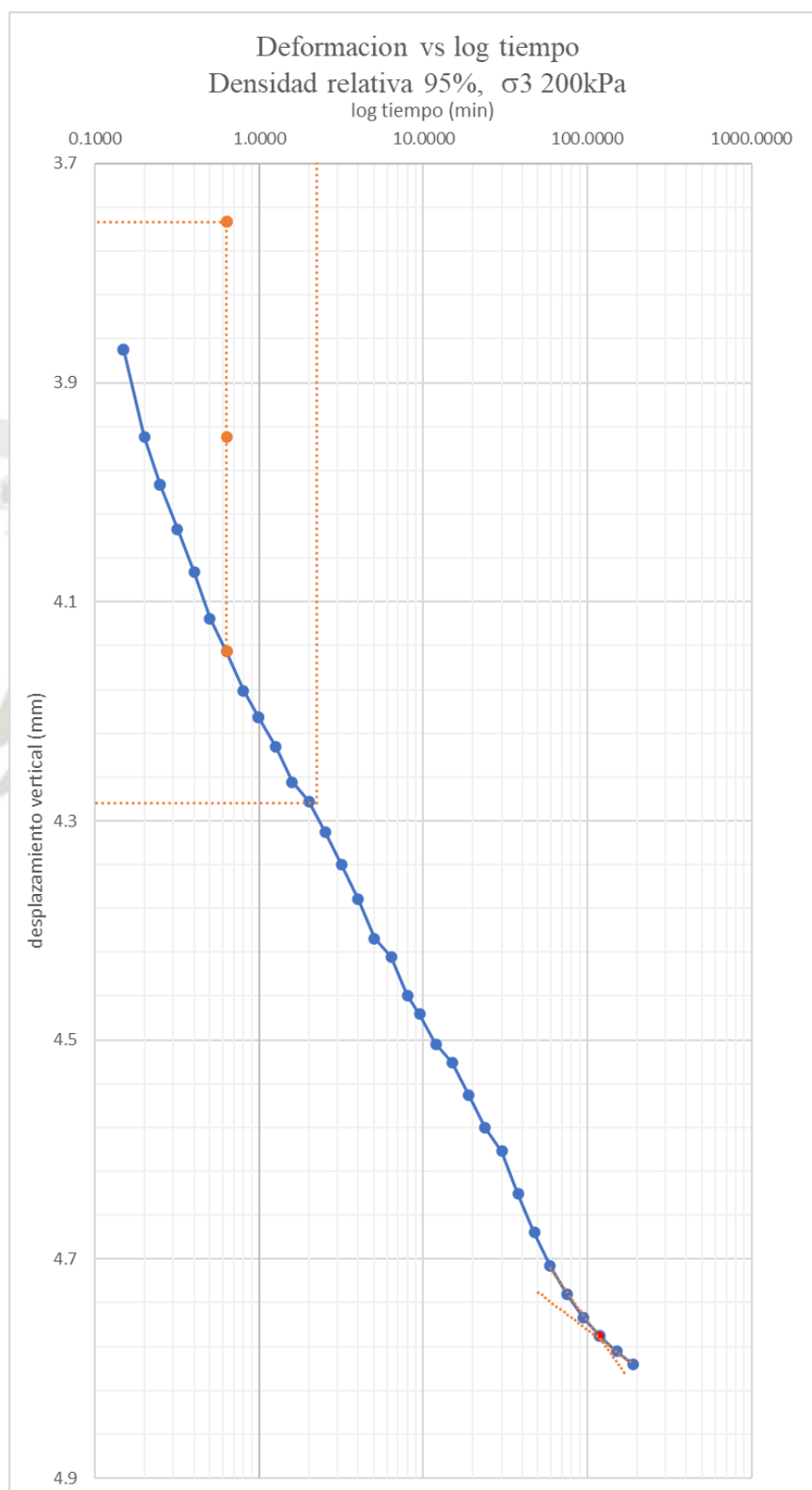
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 80.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 78, 79 y 80 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 74.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%

t_{50} Casa grande								
50 kPa			100 kPa			200 kPa		
d0	1.75	mm	d0	2.49	mm	d0	3.78	mm
d100	2.15	mm	d100	3.27	mm	d100	4.75	mm
d50	1.96	mm	d50	2.88	mm	d50	4.28	mm
t_{50}	3.70	min	t_{50}	4.28	min	t_{50}	2.23	min
falla	4%		falla	4%		falla	4%	
H	143.1	mm	H	143.1	mm	H	143.1	mm
def.	5.73	mm	def.	5.73	mm	def.	5.73	mm
vel	0.15	mm/min	vel	0.13	mm/min	vel	0.26	mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegue a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 75 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010 mm/min. Para este ensayo se utilizó una velocidad de deformación de 0.05 mm/min.

Tabla 75.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95% y velocidad 0.05 mm/min

DENSIDAD RELATIVA 95% VELOCIDAD 0.05 MM/MIN					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.05 mm/min					
Área (mm ²)	4009.17	Área (mm ²)	4008.78	Área (mm ²)	4009.17
β	96.10%	β	96.08%	β	95.09%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97
Después de la consolidación					
Humedad	14.80%	Humedad	14.11%	Humedad	14.02%
γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.89	γ_d (g/cm ³)	1.90
γ_t (g/cm ³)	2.17	γ_t (g/cm ³)	2.16	γ_t (g/cm ³)	2.16

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro B de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

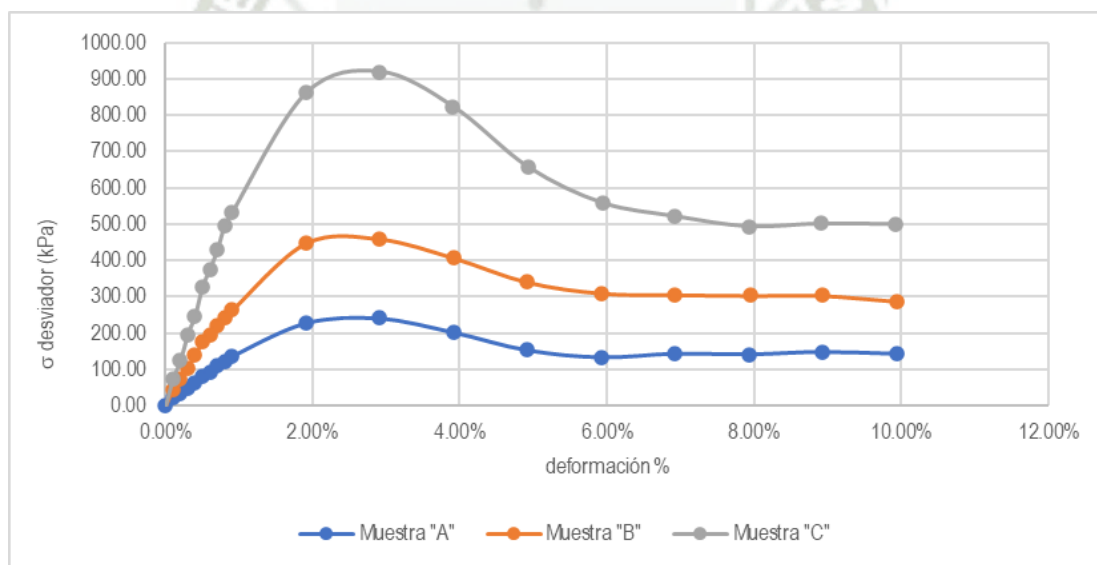
En la tabla 76 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 95% de densidad relativa y con velocidad de deformación de 0.05 mm/min. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95% aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el

agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 77 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.05 mm/min y en la figura 82 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 39.7° y un parámetro de cohesión de 2.49 kPa.

Figura 81.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 76.

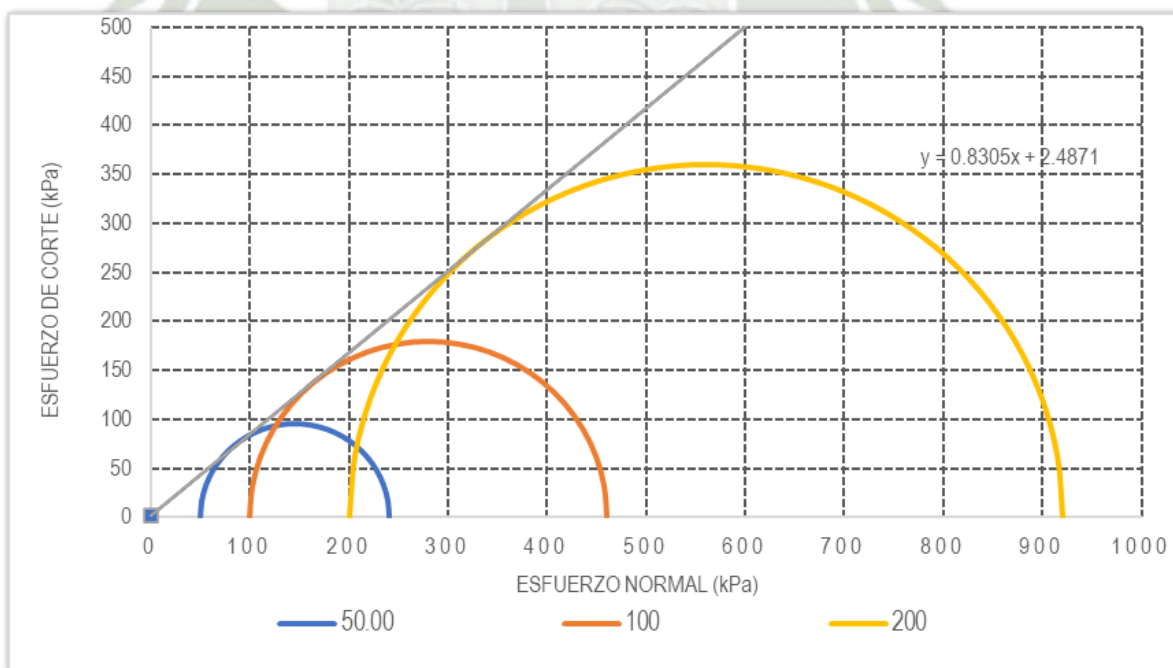
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	240.66
100.00	459.81
200.00	919.93

Nota: Elaboración propia

Figura 82.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 77.

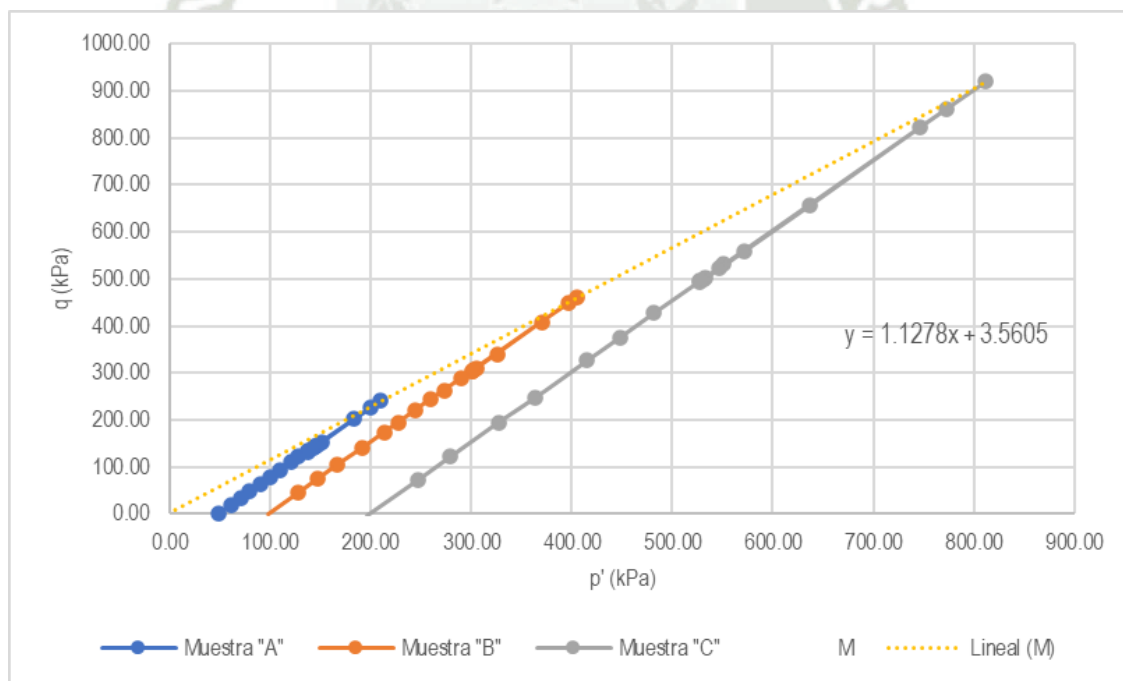
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.8305
Cohesión (kPa):	2.49
Angulo de fricción:	39.7

Nota: Elaboración propia

Figura 83.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95% y velocidad de 0.05 mm/min



Nota: Elaboración propia

En la figura 83 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, los valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento. La gráfica muestra que " p' " aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

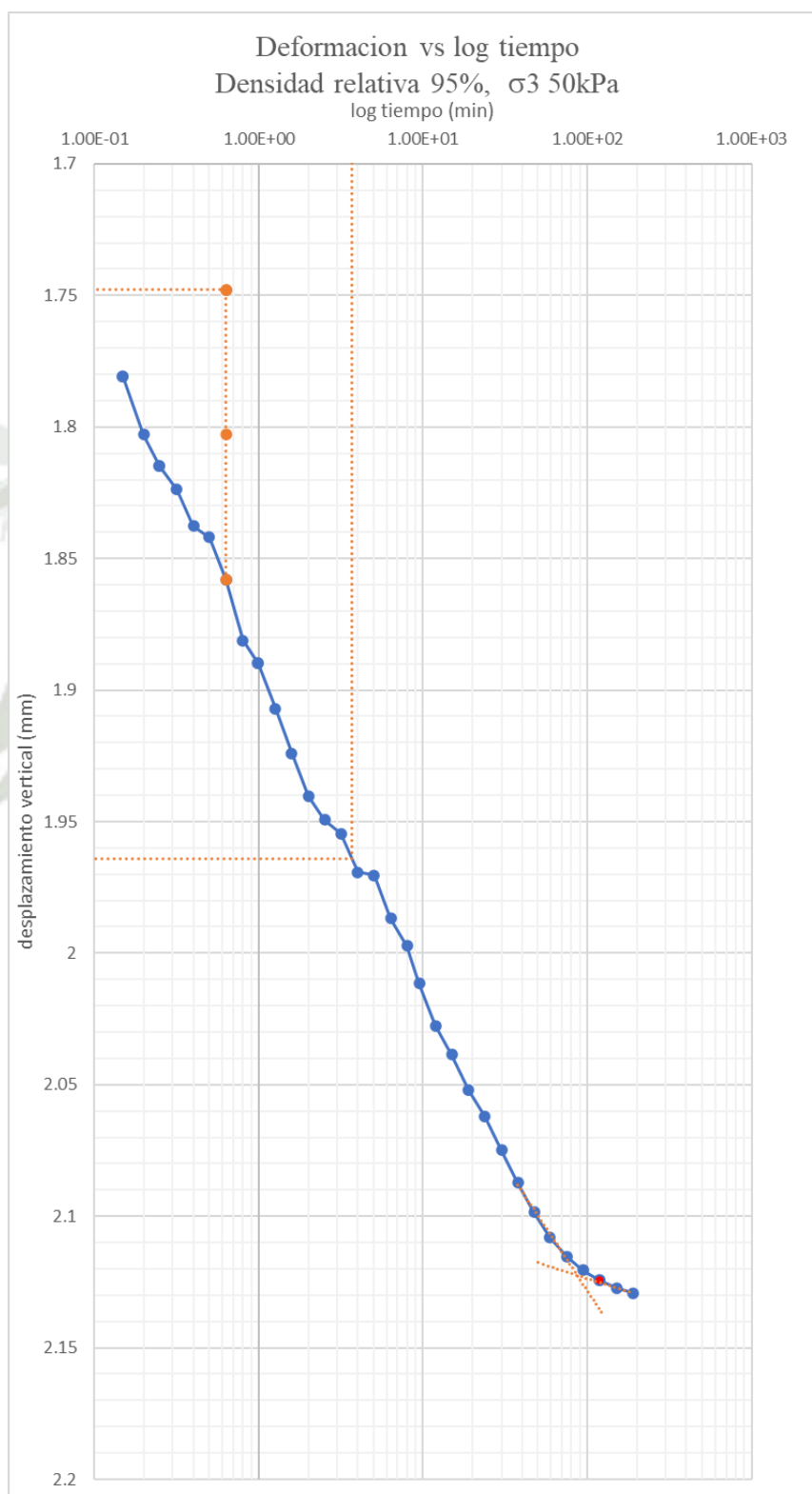
q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.8.8. Ensayo triaxial consolidado drenado con densidad relativa 95%, velocidad 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48 en muestra M-1

En esta sección se muestra los resultados del ensayo de triaxial consolidado - drenado con densidad relativa de 95%, ensayados a una velocidad de corte de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad de 4.48, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Figura 84.

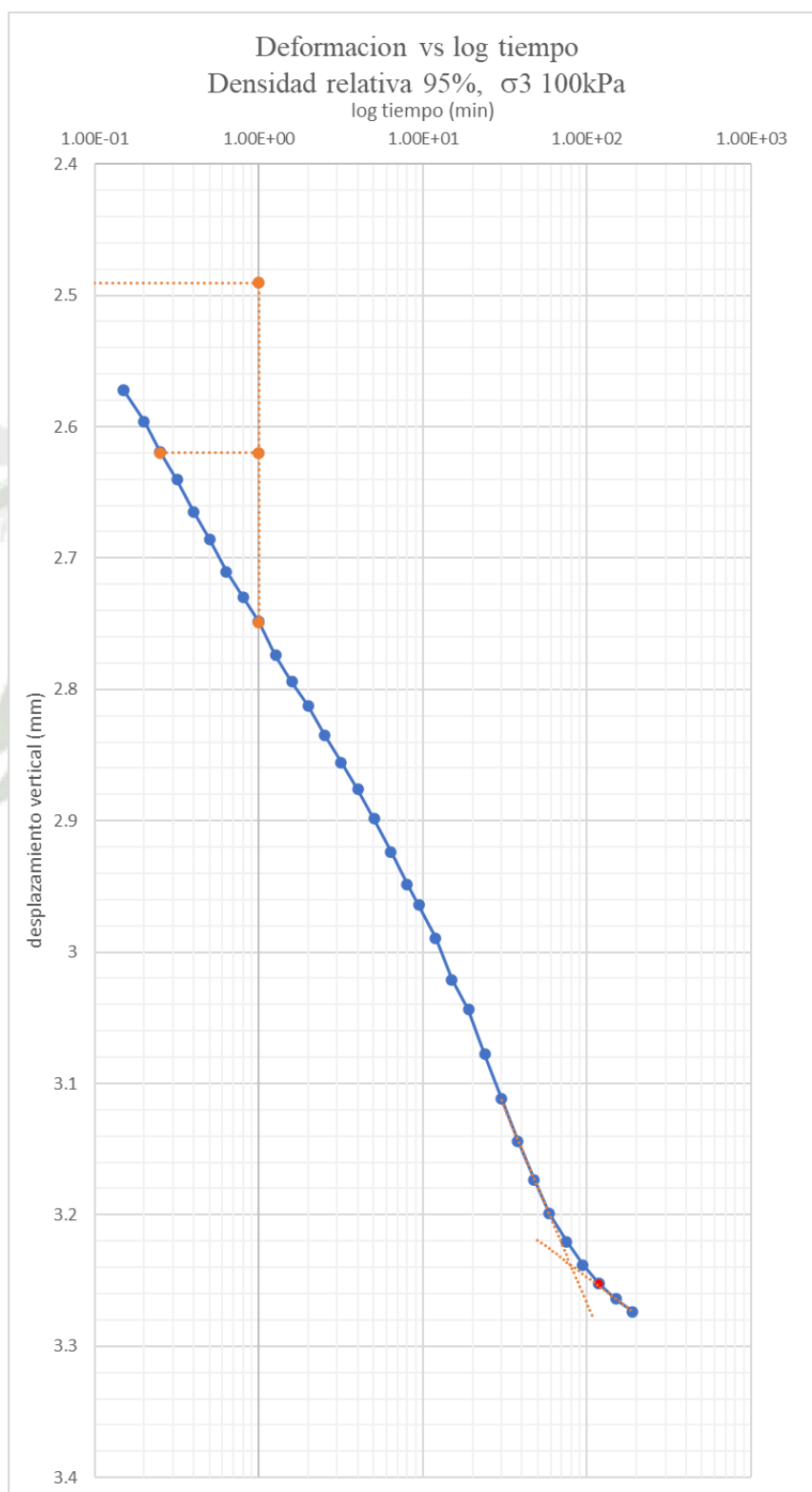
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 50 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 85.

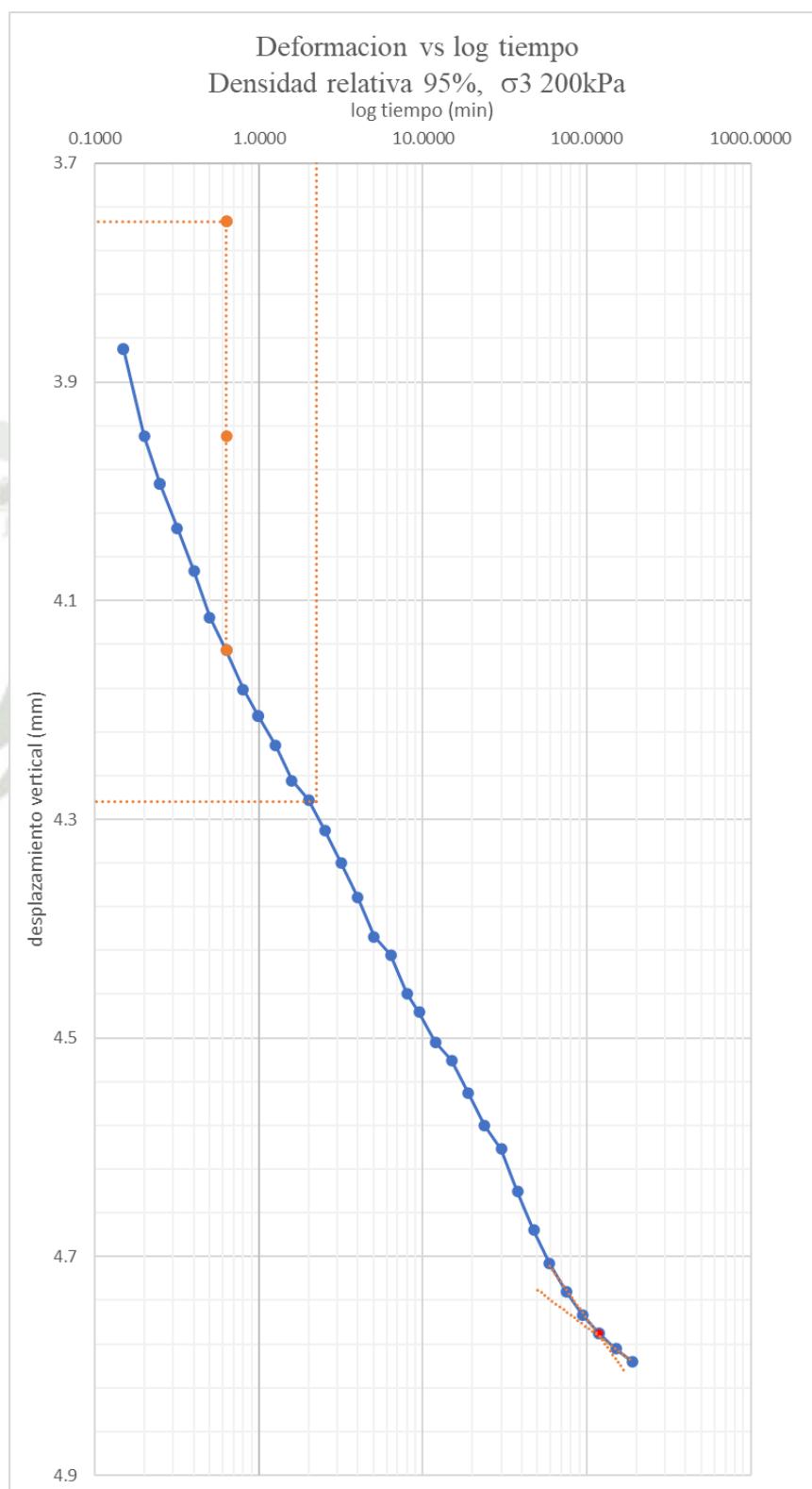
Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 100 kPa



Nota: Elaboración propia

Figura 86.

Deformación vs logaritmo de tiempo con densidad relativa 95% y σ_3 200 kPa



Nota: Elaboración propia

En la figura 84, 85 y 86 se aprecia los resultados de los ensayos de consolidación unidimensional en la muestra con densidad relativa de 95% extraído de la muestra M-1 de la calicata C-1, como es de esperarse para suelos arenosos la consolidación primaria se dio en poco tiempo. De estos ensayos mediante el método de Casa Grande (Deformación vs logaritmo de tiempo) se obtuvo gráficamente los valores de t_{50} correspondiente a un 50% de consolidación de acuerdo a la norma NTP 339.154 que está resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 78.

Resultados de ensayo de consolidación en ensayo triaxial con densidad relativa 95%

t₅₀ Casa grande								
	50 kPa			100 kPa			200 kPa	
d ₀	1.75	mm		d ₀	2.49	mm	d ₀	3.78 mm
d ₁₀₀	2.15	mm		d ₁₀₀	3.27	mm	d ₁₀₀	4.75 mm
d ₅₀	1.96	mm		d ₅₀	2.88	mm	d ₅₀	4.28 mm
t ₅₀	3.70	min		t ₅₀	4.28	min	t ₅₀	2.23 min
falla	4%			falla	4%		falla	4%
H	143.1	mm		H	143.1	mm	H	143.1 mm
def.	5.73	mm		def.	5.73	mm	def.	5.73 mm
vel	0.15	mm/min		vel	0.13	mm/min	vel	0.26 mm/min

Nota: Elaboración propia

Donde:

t_{50} : Tiempo necesario en minutos, con la finalidad que la muestra llegué a 50% de consolidación primaria

df: estimación del desplazamiento horizontal en la falla, según la norma NTP 339.166 la falla se da a un 4% de deformación.

vel: Velocidad de corte en mm/min, según la norma NTP 339.166 $vel = \frac{4\%}{10t_{50}}$

Como se puede observar en la tabla 79 las velocidades de deformación calculadas con el método Casa Grande dan como resultado aproximadamente 010 mm/min. Es por eso que se trabajó con velocidades de corte de 0.10 mm/min para los ensayos triaxiales a diferentes densidades.

Tabla 79.

Parámetros del ensayo triaxial con densidad relativa 95%, velocidad 0.1mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48

DENSIDAD RELATIVA 95% VELOCIDAD 0.10 MM/MIN					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Área (mm ²)	4013.99	Área (mm ²)	4012.39	Área (mm ²)	4010.78
β	96.14%	β	95.16%	β	96.86%
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97
Después de la consolidación					
Humedad	15.66%	Humedad	13.02%	Humedad	14.32%
γ_d (g/cm ³)	1.99	γ_d (g/cm ³)	1.99	γ_d (g/cm ³)	2.00
γ_t (g/cm ³)	2.30	γ_t (g/cm ³)	2.25	γ_t (g/cm ³)	2.29

Nota: Elaboración propia

Donde:

β : parámetro b de Skempton, $B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$ durante el proceso de saturación.

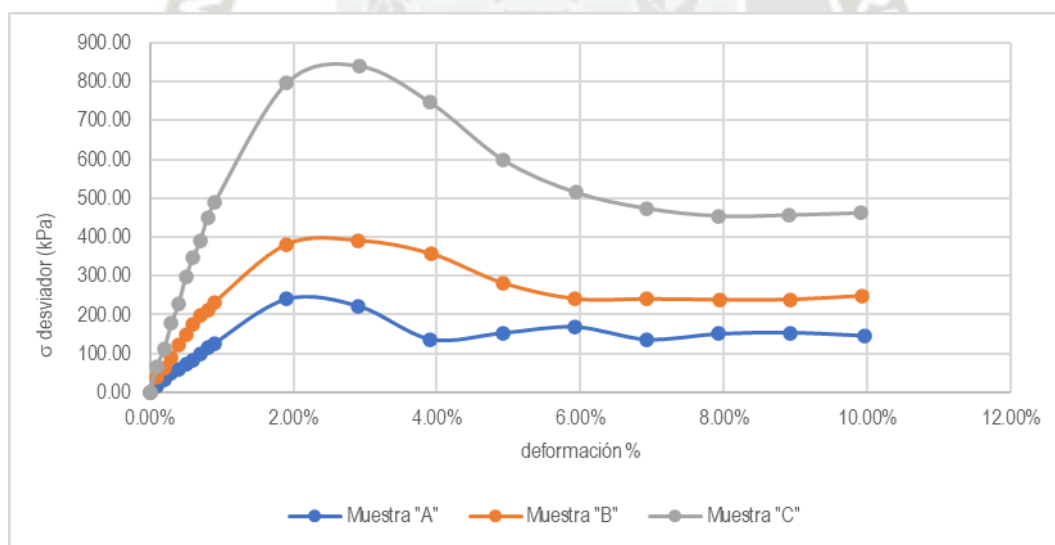
En la tabla 80 se muestran los parámetros iniciales del ensayo triaxial en condiciones consolidadas drenadas para la muestra M-1, obtenida de la calicata C-1 con 95% de densidad relativa, con velocidad de deformación de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad Cu 4.48. Se puede apreciar el parámetro β de Skempton en los tres cortes es de 95%

aproximadamente, lo que indica que la variación de la presión de poro debido a un aumento de esfuerzo σ_3 , es similar, esto debido a que el agua ocupó todos los vacíos de la muestra y se puede decir que la muestra alcanzó la saturación.

En la tabla 81 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en los ensayos triaxiales CD en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa, con Coeficiente de uniformidad C_u 4.48 y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 88 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 37.3° y un parámetro de cohesión de 3.68 kPa.

Figura 87.

Curva esfuerzo deformación en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48



Nota: Elaboración propia

Tabla 80.

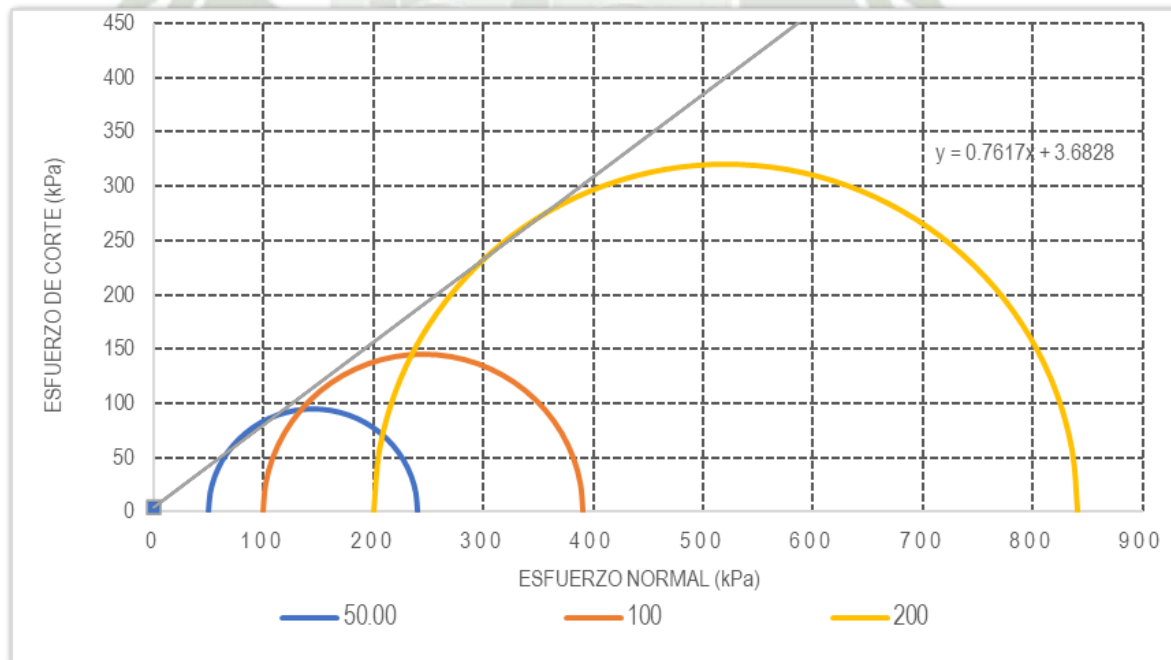
Esfuerzo de confinamiento y desviador en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	239.89
100.00	390.50
200.00	840.55

Nota: Elaboración propia

Figura 88.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48



Nota: Elaboración propia

Tabla 81.

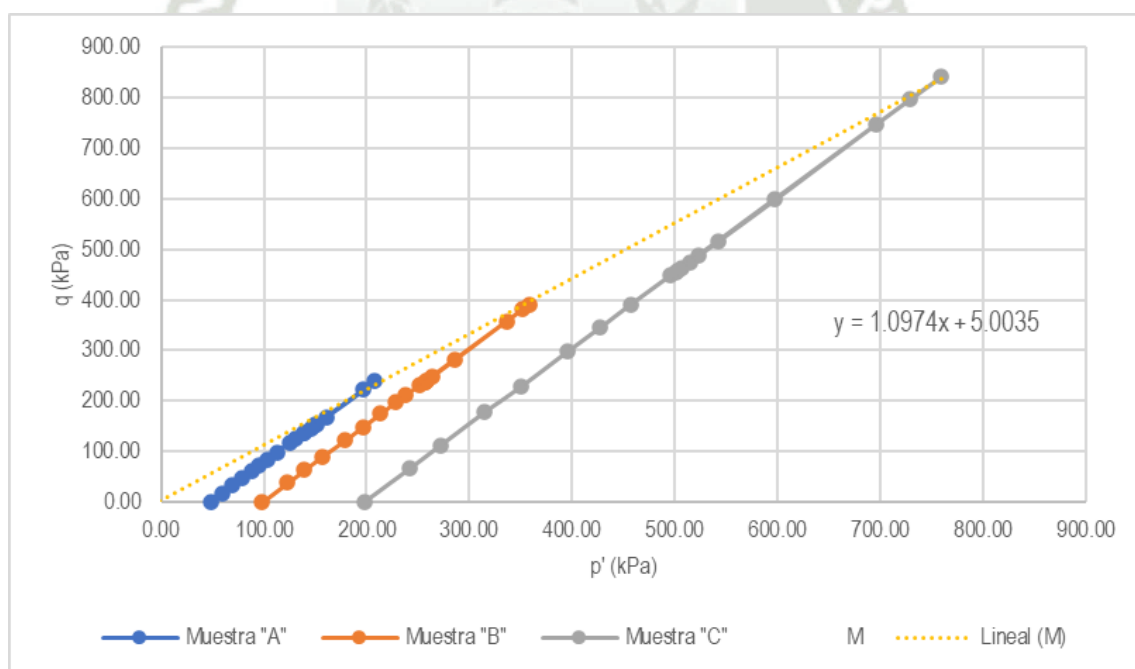
Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial CD con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48

RESULTADOS	
Pendiente:	0.7617
Cohesión (kPa):	3.68
Angulo de fricción:	37.3

Nota: Elaboración propia

Figura 89.

Trayectoria de esfuerzos p' - q notación Cambridge con densidad relativa 95%, velocidad de 0.10 mm/min y Coeficiente de uniformidad 4.48



Nota: Elaboración propia

En la figura 89 se muestra diagrama de trayectoria de esfuerzos p' - q mediante la notación Cambridge y la línea M de falla, lo valores iniciales de q representan el esfuerzo de confinamiento. La grafica muestra que “ p' ” aumenta linealmente, esto se da en los

ensayos triaxiales en condiciones drenadas, debido a que se permite el drenaje no hay incremento de presión de poro u y por lo tanto el esfuerzo de confinamiento σ_3 no se reduce.

Donde:

$$p' = \frac{2\sigma_1 + \sigma_3}{3}$$

q : esfuerzo desviador, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

4.9. Ensayo Triaxial No Consolidado No Drenado NTP 339.164 con densidad relativa 95% y velocidad 0.10 mm/min en muestra M-1

Aplicando la normativa NTP 339.164, se realizó un ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU), con densidad relativa de 95%, ensayado a una velocidad de corte de 0.10 mm/min, en la muestra de arena M-1 perteneciente a la calicata C-1, remoldeada en laboratorio.

Tabla 82.

Parámetros del ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad 0.1mm/min

DENSIDAD RELATIVA 95%					
Confinamiento	50 kPa	Confinamiento	100 kPa	Confinamiento	200 kPa
Velocidad de corte 0.10 mm/min					
Condiciones iniciales		Condiciones iniciales		Condiciones iniciales	
Humedad	5.50%	Humedad	5.50%	Humedad	5.50%
γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87	γ_d (g/cm ³)	1.87
γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97	γ_t (g/cm ³)	1.97

Nota: Elaboración propia

Tabla 83.

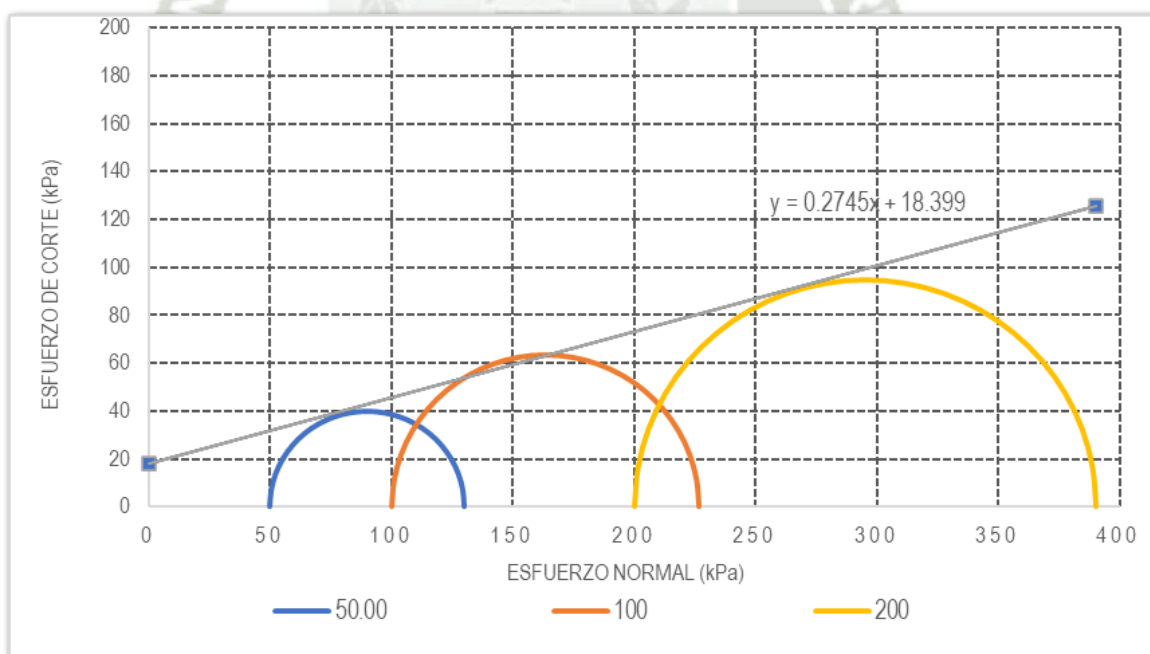
Esfuerzo de confinamiento y esfuerzo desviador en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	130.05
100.00	226.57
200.00	390.15

Nota: Elaboración propia

Figura 90.

Envolvente de falla y círculos de Mohr en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min



Nota: Elaboración propia

Tabla 84.

Cohesión y ángulo de fricción en ensayo triaxial UU con densidad relativa 95% y velocidad de 0.10 mm/min

RESULTADOS	
Pendiente:	0.2745
Cohesión (kPa):	18.40
Angulo de fricción:	15.3°

Nota: Elaboración propia

En la tabla 85 se muestran los resultados de esfuerzo desviador máximo calculados en el ensayo triaxial UU en la muestra M-1 de la calicata C-1 remoldeada con 95% de densidad relativa y ensayada con una velocidad de corte de 0.10 mm/min y en la figura 90 se muestra la envolvente de falla dando como resultado un ángulo de fricción de 15.3° y un parámetro de cohesión de 18.40 kPa. Como se puede la cohesión es mayor que en los ensayos drenados sin embargo el ángulo de fricción es menor.

4.10. Cálculo de la capacidad de carga

Aplicando la ecuación de Vesic (1975) se calculó la capacidad de carga considerando un factor de seguridad FS de 3, considerando una zapata cuadrada de ancho B=1.5 m y una profundidad de desplante Df de 1.5 m.

Ecuación 6 Capacidad de carga de Vesic 1975

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + 0.5\gamma B'N_y s_y d_y$$

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

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1)\tan(\phi)$$

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

Donde:

q_{ult} : Capacidad de carga última

C : Parámetro cohesivo

ϕ : ángulo de fricción interna

N_c , N_q y N_{γ} : Factores de carga

s_c , s_q y s_{γ} : Factores de forma

d_c , d_q y d_{γ} : Factores de profundidad

Tabla 85.

Resumen de los resultados de capacidad de carga ultima en la muestra M-1 de la calicata C-1

Ítem	Descripción		
1	Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas		
	Característica	q_{ult} (kPa)	q_{adm} (kPa)
1.1	Dr=50%, Vel=0.45mm/min	589.25	196.42
1.2	Dr=75%, Vel=0.45mm/min	975.69	325.23
1.3	Dr=85%, Vel=0.45mm/min	1531.19	510.40
1.4	Dr=95%, Vel=0.45mm/min	2496.72	832.24
1.5	Dr=95%, Vel=1.00mm/min	1884.71	628.24
1.6	Dr=95%, Vel=0.80mm/min	2210.41	736.80
1.7	Dr=95%, Vel=0.25mm/min	3073.04	1024.35
1.8	Dr=95%, Vel=0.45mm/min y $C_u=4.48$	2095.26	698.42

2 Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado			
	Característica	q ult (kPa)	q adm (kPa)
2.1	Dr=50%, Vel=0.10mm/min	784.26	261.42
2.2	Dr=75%, Vel=0.10mm/min	987.72	329.24
2.3	Dr=85%, Vel=0.10mm/min	1719.87	573.29
2.4	Dr=95%, Vel=0.10mm/min	3491.55	1163.85
2.5	Dr=95%, Vel=0.45mm/min	2787.05	929.02
2.6	Dr=95%, Vel=0.25mm/min	3393.16	1131.05
2.7	Dr=95%, Vel=0.05mm/min	3919.35	1306.45
2.8	Dr=95%, Vel=0.10mm/min y Cu=4.48	2787.05	929.02
3 Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado			
3.1	Dr=95% Vel=0.10mm/min	582.41	194.14

Nota: Elaboración propia

Donde:

Dr: Densidad relativa

Vel: Velocidad de corte

Cu: Coeficiente de uniformidad, $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

q adm: Capacidad de carga admisible

q ult: Capacidad de carga última

En la tabla 85 se muestran el resumen de los resultados del cálculo de capacidad de carga de todos los ensayos de corte realizados en kPa.

4.11. Resumen de los resultados obtenidos

En esta sección se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de corte directo, ensayos triaxiales Consolidados Drenados y no drenados en la muestra M-1 perteneciente a la calicata C-1.

Tabla 86.

Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia en la muestra M-1 de la calicata C-1

Descripción				Normativa	
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas				NTP 339.171	
Densidad relativa (%)	Velocidad de corte (mm/min)	Coefficiente de uniformidad	ángulo de fricción	Cohesión (kPa)	q adm (kPa)
50.00%	0.45	10.64	25.0	0.00	196.42
75.00%	0.45	10.64	29.2	0.00	325.23
85.00%	0.45	10.64	32.8	0.00	510.40
95.00%	0.45	10.64	36.5	0.00	832.24
95.00%	1.00	10.64	34.4	0.00	628.24
95.00%	0.80	10.64	35.6	0.00	736.80
95.00%	0.25	10.64	38.0	0.00	1024.35
95.00%	1.00	4.48	35.2	0.00	698.42
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado				NTP 339.166	
Densidad relativa (%)	Velocidad de corte (mm/min)	Coefficiente de uniformidad	ángulo de fricción	Cohesión (kPa)	q adm (kPa)
50.00%	0.10	10.64	27.4	6.52	261.42
75.00%	0.10	10.64	29.3	11.81	329.24
85.00%	0.10	10.64	33.7	3.98	573.29
95.00%	0.10	10.64	38.9	6.77	1163.85
95.00%	0.45	10.64	37.3	0.00	929.02
95.00%	0.25	10.64	38.7	2.09	1131.05
95.00%	0.05	10.64	39.7	2.49	1306.45
95.00%	0.10	4.48	37.3	3.68	929.02

Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado					NTP 339.164
Densidad relativa (%)	Velocidad de corte mm/min	Coeficiente de uniformidad	ángulo de fricción	Cohesión (kPa)	q adm (kPa)
95.00%	0.10	10.64	15.3	18.40	194.14

Nota: Elaboración propia

Donde:

q adm: Capacidad de carga admisible





CAPÍTULO V

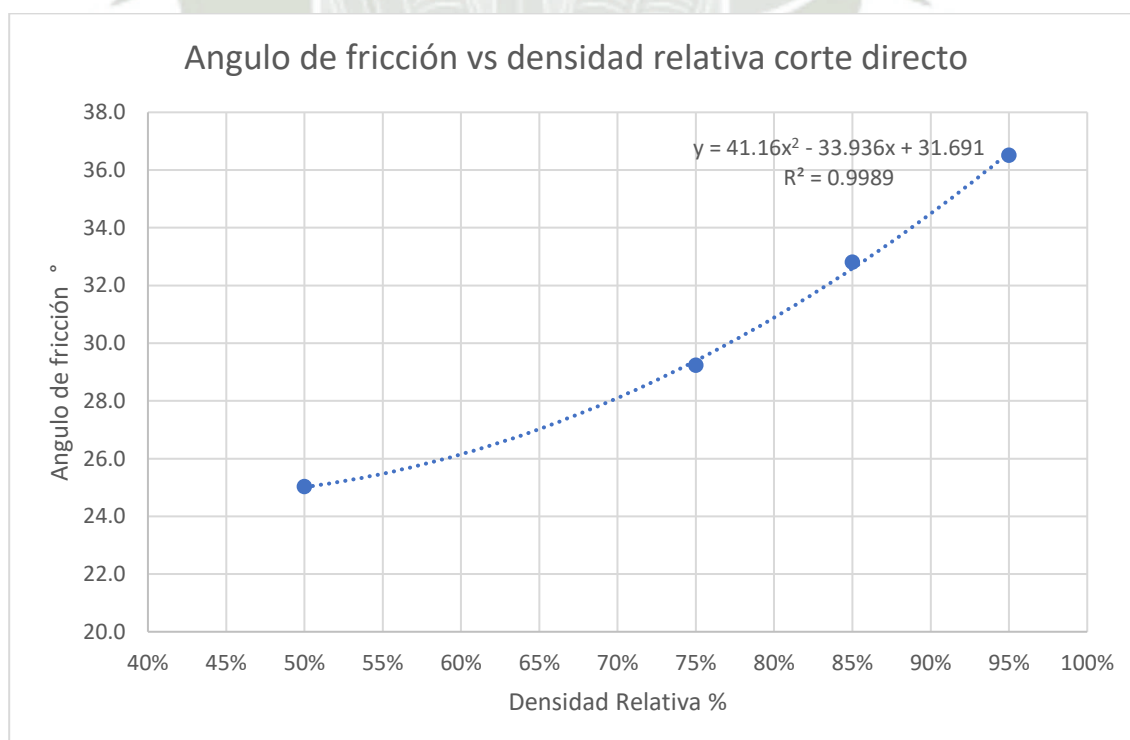
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Influencia de la densidad relativa en el ángulo de fricción en la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1

En la figura 91 se puede apreciar la variación del ángulo de fricción con respecto a la densidad relativa del suelo de la muestra M-1 obtenido de la calicata C-1, como resultado de los ensayos de corte directo con la misma velocidad de corte de 0.45 mm/min. Se observa que las muestras ensayadas a densidades relativas de 50%, 75%, 85%, 95% presentan parámetros de ángulos de fricción de 25.0°, 29.2°, 32.8°, 36.5° respectivamente, se puede observar un aumento de hasta 11.5° de la muestra con densidad relativa de 50% con la muestra con densidad relativa de 95%.

Figura 91.

Influencia de la densidad relativa en el parámetro de ángulo de fricción para la muestra M-1 de la calicata C-1, ensayada por medio de corte directo

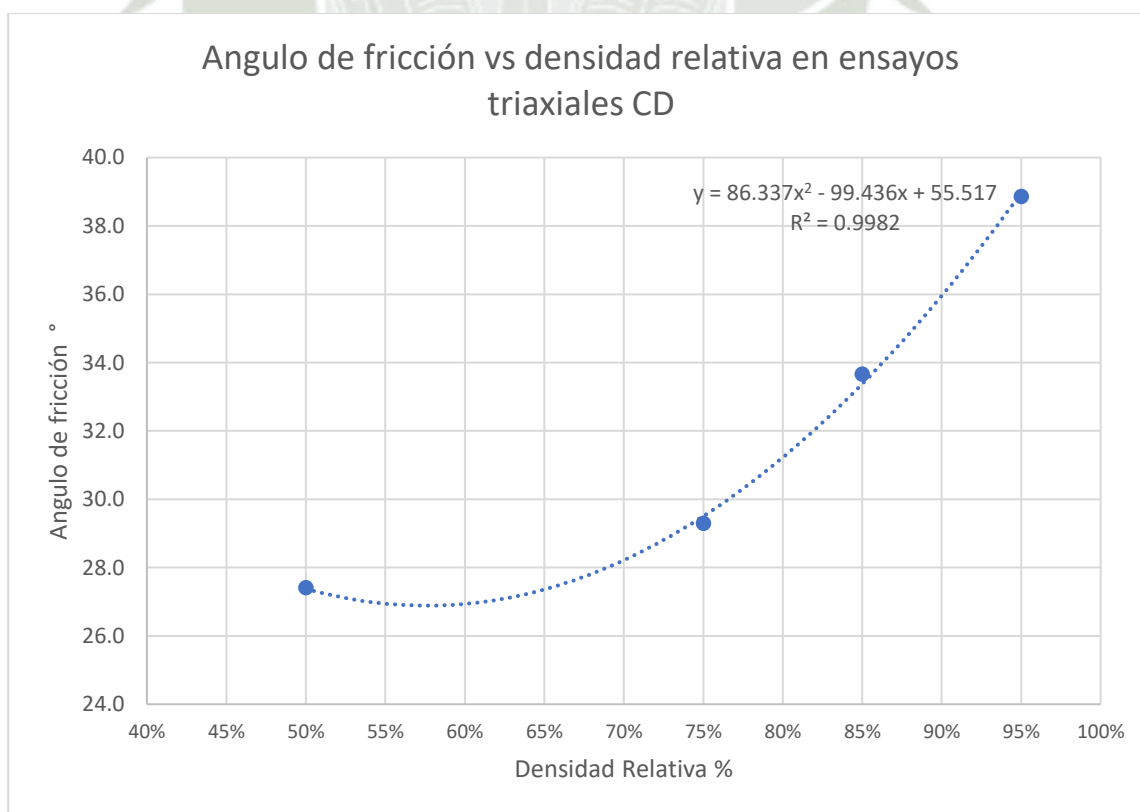


Nota: Elaboración propia

En la figura 92 se expone la incidencia del ángulo de fricción con respecto a la densidad relativa de la muestra de suelo M-1 correspondiente a la calicata C-1, como resultado de los ensayos triaxiales consolidados drenados, ensayados a la misma velocidad tangencial de 0.10 mm/min, en arenas remodeladas. Se aprecia que las muestras ensayadas a densidades relativas de 50%, 75%, 85%, 95% presentan parámetros de ángulos de fricción de 27.4°, 29.3°, 33.7°, 38.9° respectivamente. Se aprecia una variación (aumento) de hasta 11.4° de la muestra con densidad relativa de 50% con la muestra con densidad relativa de 95%.

Figura 92.

Influencia de la densidad relativa en el parámetro de ángulo de fricción para la arena de la muestra M-1 procedente de la calicata C-1, remodelada ensayada por medio de ensayos triaxiales CD



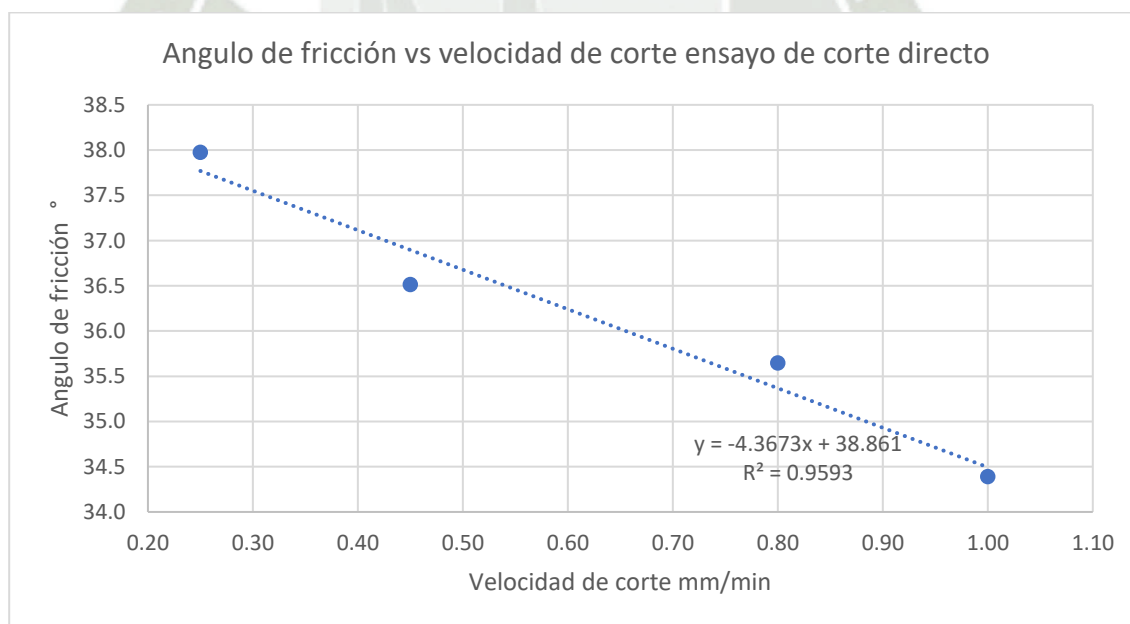
Nota: Elaboración propia

5.2. Influencia de la velocidad de corte en el ángulo de fricción en la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1

En la figura 93 se expone la incidencia del ángulo de fricción con respecto a la velocidad tangencial en el suelo arenoso de la muestra M-1 procedente de la calicata C-1. Los resultados de ensayos de corte directo a la misma densidad relativa de 95%. Se aprecia que las muestras cortadas a velocidades de 1.00 mm/min, 0.8 mm/min, 0.45 mm/min, 0.25 mm/min, presentan ángulos de fricción de 34.4°, 35.6°, 36.5°, 38.0° respectivamente, obteniéndose un aumento de hasta 3.6° de la muestra ensayada a 1.00 mm/min con la muestra ensayada a 0.25 mm/min.

Figura 93.

Influencia de la velocidad de corte en el parámetro de ángulo de fricción para la muestra M-1 de la calicata C-1, remodelada y ensayada por medio del ensayo de corte directo



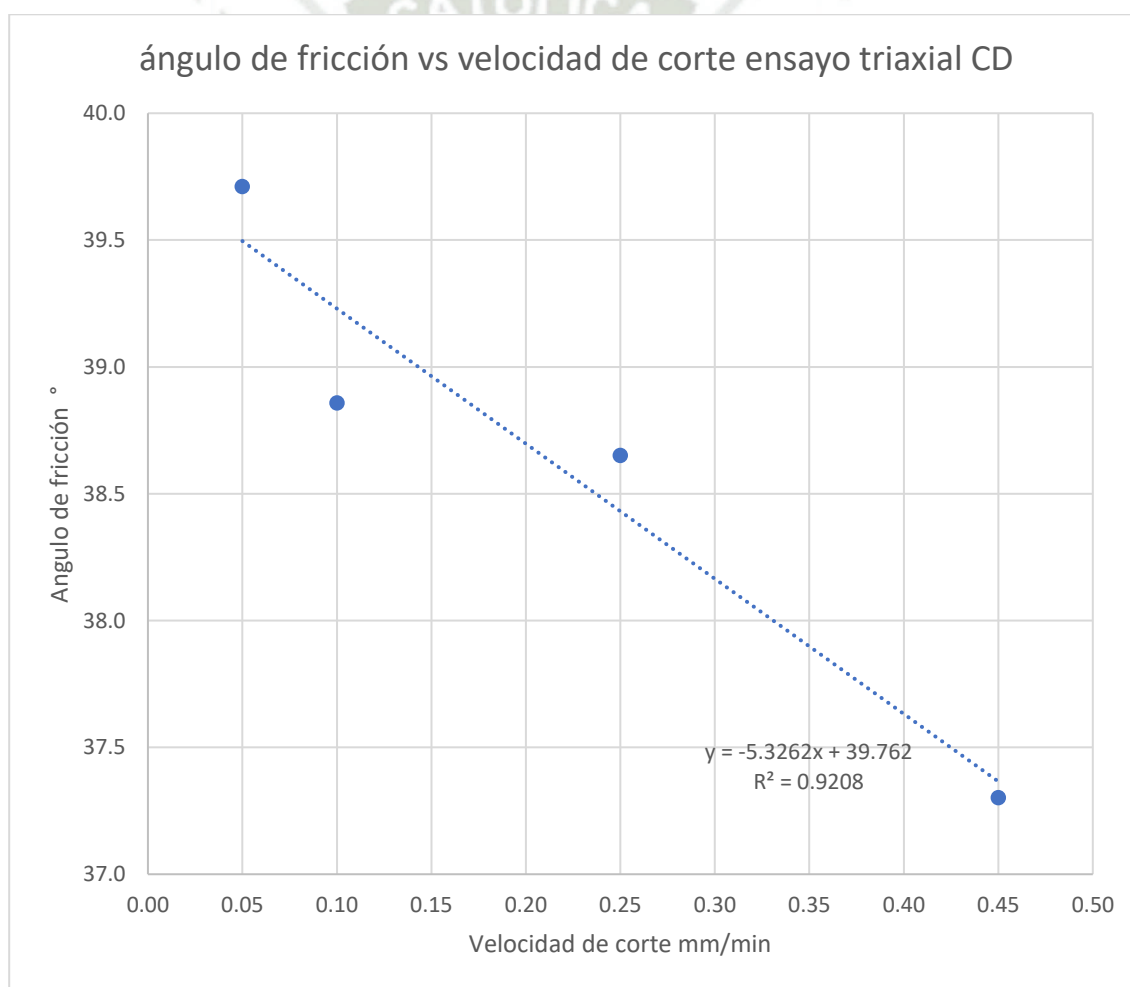
Nota: Elaboración propia

En la figura 94 se expone la incidencia del ángulo de fricción con respecto a la velocidad tangencial del suelo, como resultado de los ensayos triaxiales consolidados drenados ensayados a la misma densidad relativa de 95%, en arenas remodeladas. Se aprecia

que las muestras ensayadas a velocidades de 0.45 mm/min, 0.25 mm/min, 0.10 mm/min, 0.05 mm/min presentan parámetros de ángulos de fricción de 37.3°, 38.7°, 38.9°, 39.7° respectivamente. Se aprecia una variación (aumento) de hasta 2.4° de la muestra con velocidad de corte de 0.45 mm/min con la muestra con velocidad de corte de 0.05 mm/min.

Figura 94.

Influencia de la velocidad de corte en el parámetro de ángulo de fricción para muestra M-1 de la calicata C-1 ensayada por medio de ensayos triaxiales CD



Nota: Elaboración propia

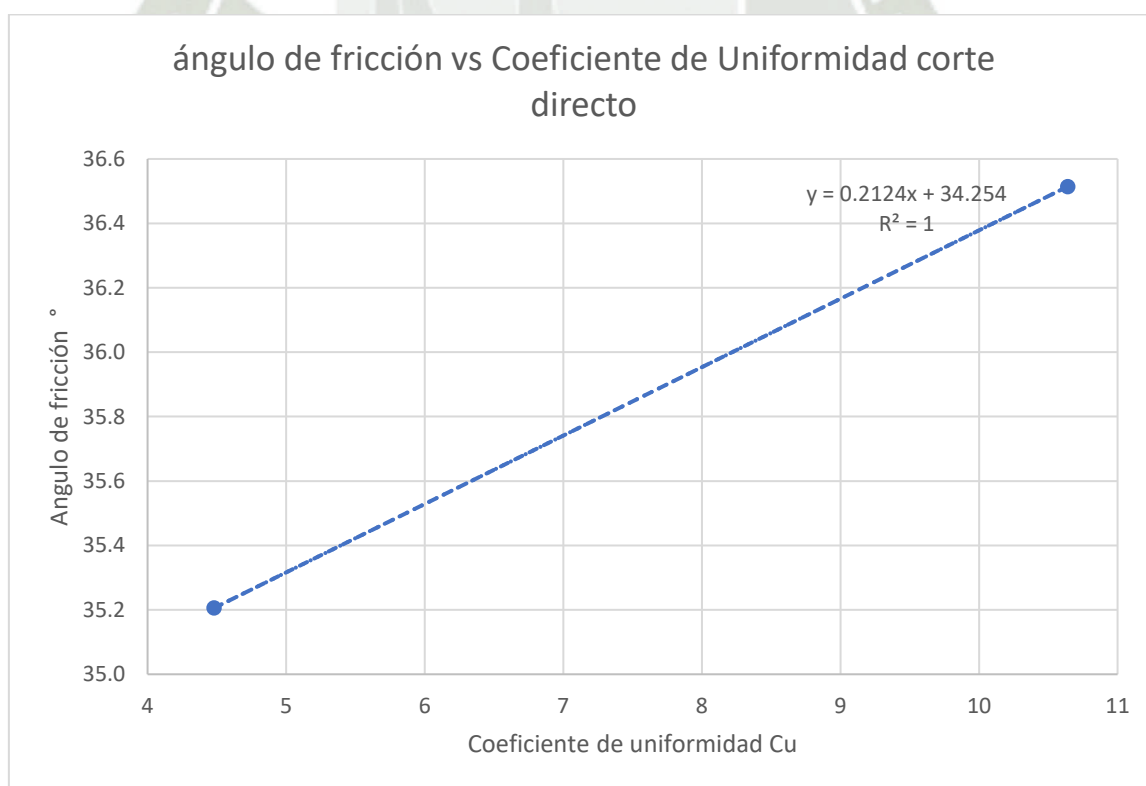
5.3. Influencia de la gradación en el ángulo de fricción interno del suelo de la muestra

M-1 proveniente a la calicata C-1

En la figura 95 se expone la incidencia del ángulo de fricción con respecto al coeficiente de uniformidad en el suelo arenoso de la muestra M-1 perteneciente a la calicata C-1, ensayados a la misma velocidad de corte de 0.45 mm/min y la masa densidad relativa de 95%, por medio de ensayos de corte directo. Se observa que la muestra cortada con un coeficiente de uniformidad de 10.64 y 4.48, presentan ángulos de fricción de 36.5° y 35.2° ° respectivamente, obteniéndose una disminución de hasta 1.3° de la muestra ensayada con CU 10.64 con la muestra ensayada con CU de 4.48.

Figura 95.

Influencia del coeficiente de uniformidad en el ángulo de fricción para el suelo arenoso M-1 de la calicata C-1 ensayada por medio del ensayo de corte directo

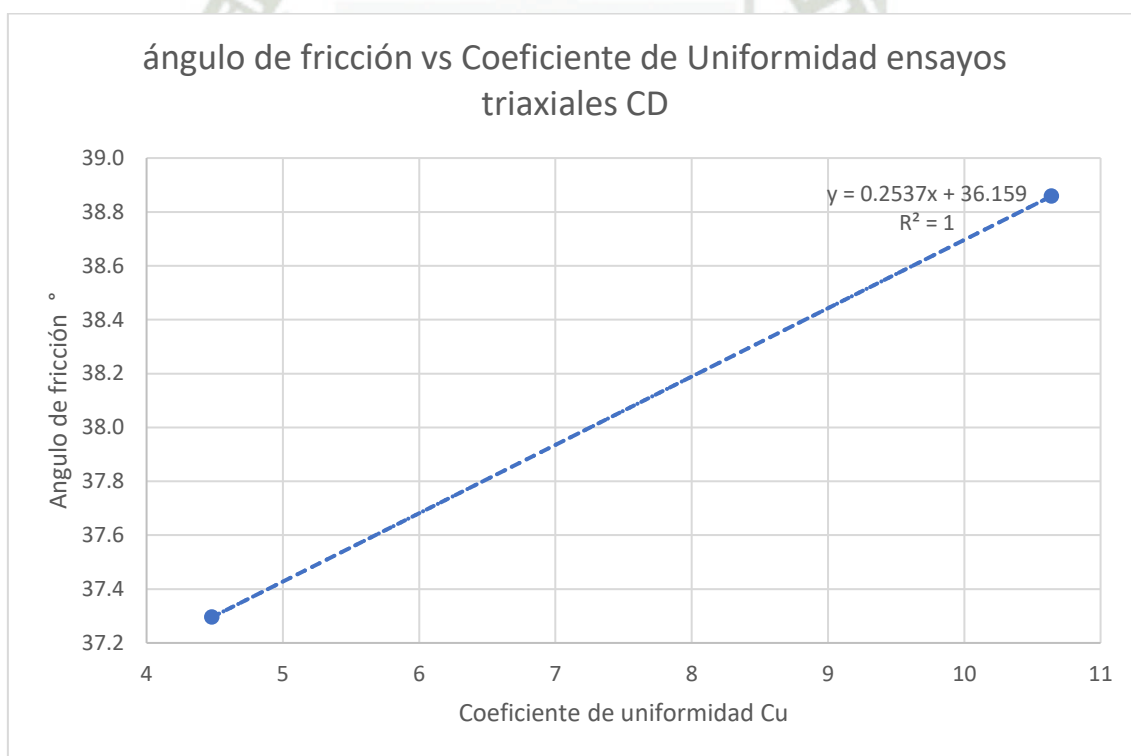


Nota: Elaboración propia

En la figura 96 se aprecia la variación del ángulo de fricción con respecto al coeficiente de uniformidad del suelo, como resultado de los ensayos triaxiales consolidados drenados ensayados a la misma densidad relativa de 95% y a la misma velocidad de corte de 1.00 mm/min, en arenas remodeladas. Se aprecia que las muestras ensayadas con un coeficiente de uniformidad de 10.64 y 4.48, presentan ángulos de fricción de 38.9° y 37.3° ° respectivamente, obteniéndose una disminución de hasta 1.6° de la muestra ensayada con CU 10.64 con la muestra ensayada con CU de 4.48.

Figura 96.

Influencia del coeficiente de uniformidad en el ángulo de fricción para el suelo arenoso M-1 de la calicata C-1 ensayada por medio ensayos triaxiales CD



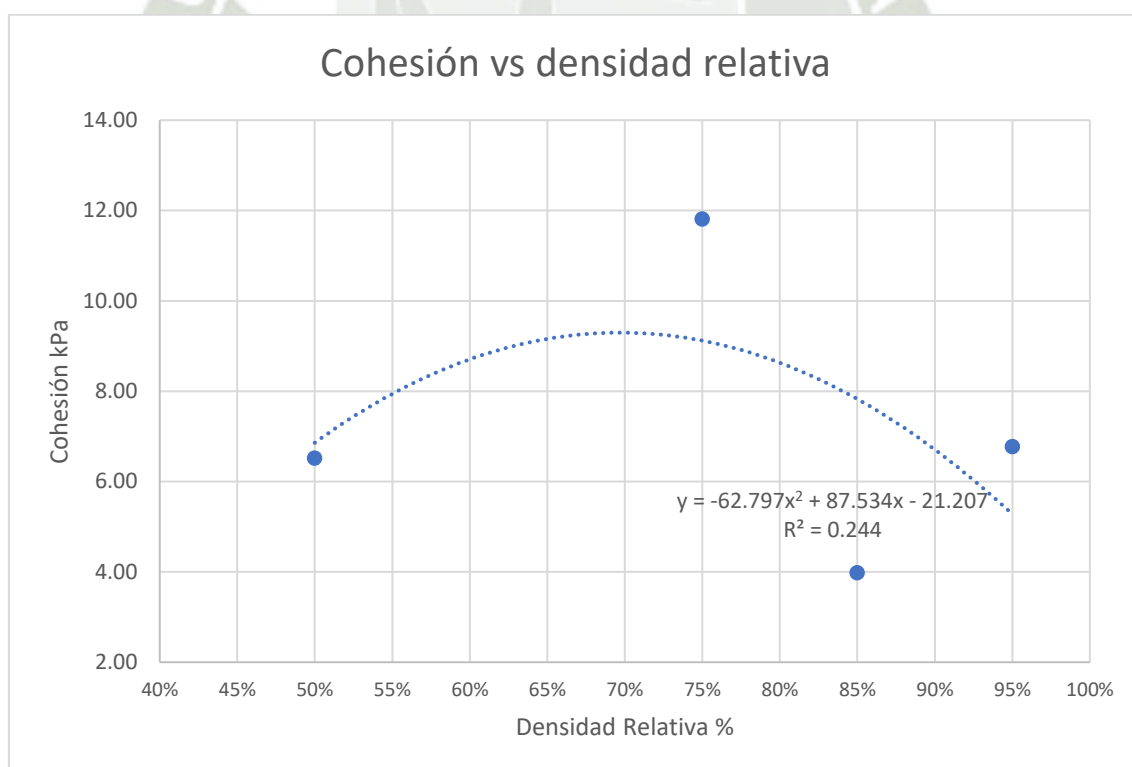
Nota: Elaboración propia

5.4. Influencia de la densidad relativa en el parámetro de cohesión del suelo de la muestra M-1 proveniente a la calicata C-1

En la figura 97 se expone la incidencia de la cohesión con respecto a la densidad relativa del suelo de la muestra M-1 proveniente de la calicata C-1, como resultado de los ensayos triaxiales consolidados drenados ensayados a la misma velocidad de corte de 1 mm/min, en arenas remodeladas. Se aprecia que las muestras ensayadas a densidades relativas de 50%, 75%, 85%, 95% presentan parámetros de cohesión de 6.52 kPa, 11.81 kPa, 3.98 kPa, 6.77 kPa respectivamente. Se observa una variación (aumento) de hasta 0.30 kPa de la muestra con densidad relativa de 50% con la muestra con densidad relativa de 95%.

Figura 97.

Influencia de la densidad relativa en el parámetro de cohesión para la arena M-1 de la calicata C-1, ensayada por medio de ensayos triaxiales CD



Nota: Elaboración propia

5.5. Parámetros de resistencia en ensayos corte directo vs ensayos triaxiales CD en la muestra de arena M-1 de la calicata C-1

En la figura 98 se observa los resultados de los ensayos de corte directo y triaxiales consolidados drenados para la muestra de arena M-1 de la calicata C-1, ensayada a velocidades de corte constante y variando la densidad relativa. Se puede observar que el ángulo de fricción en los ensayos triaxiales es mayor que el obtenido en los ensayos de corte directo.

Figura 98.

Influencia de la densidad en el ángulo de fricción en ensayos de corte directo y triaxial CD

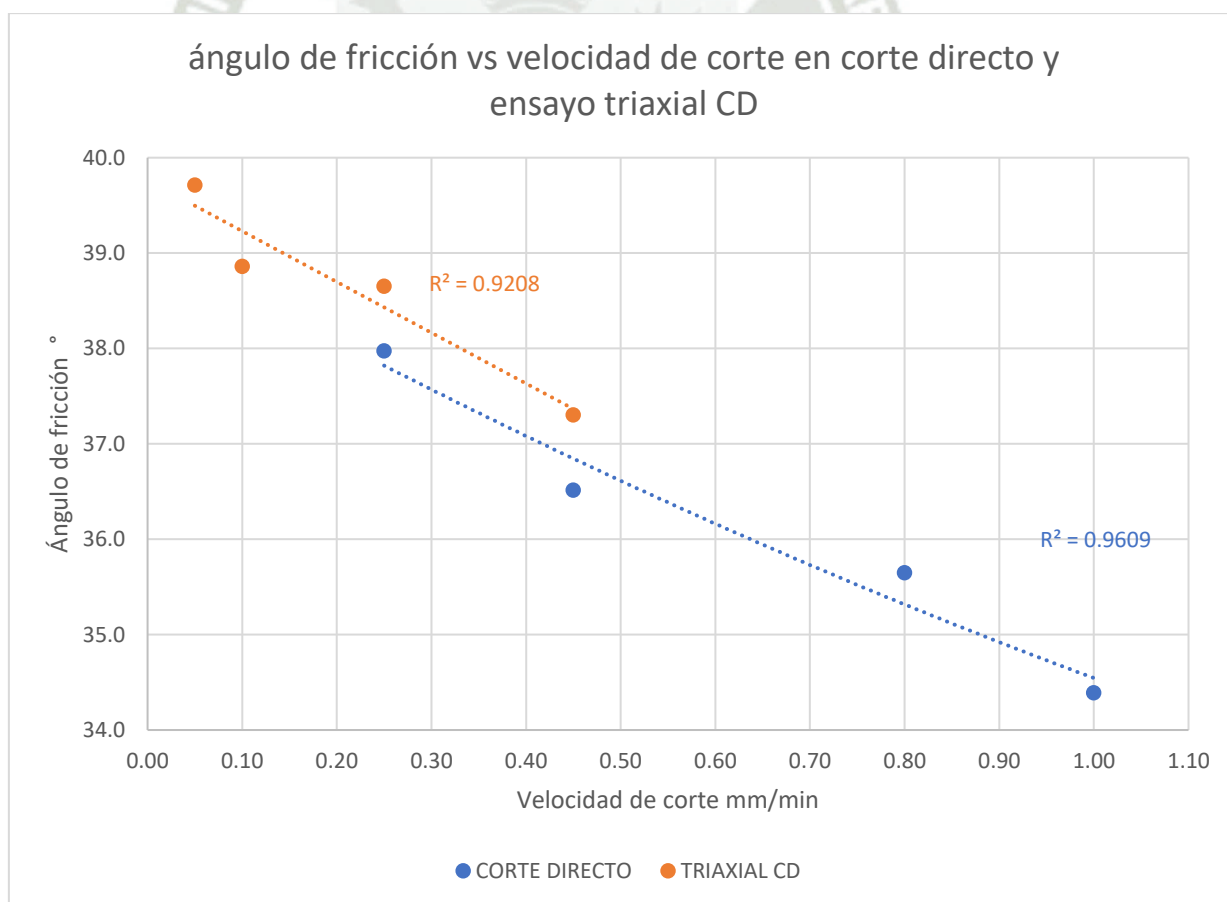


Nota: Elaboración propia

En la figura 99 se muestran los resultados de los ensayos de corte directo y triaxiales consolidados drenados para la muestra de arena M-1 de la calicata C-1, ensayada a diferentes velocidades de corte y con densidad relativa de 95%. Se puede observar que en los ensayos con velocidad de 0.25 mm/min, el ensayo de corte directo da como resultado 38.0° mientras el ensayo triaxial CD da 38.7° como resultado, mostrando un aumento de 0.7° en el ensayo triaxial con respecto al corte directo. En los ensayos con velocidad de 0.45 mm/min el ensayo de corte directo da como resultado 36.5° mientras el ensayo triaxial CD da 37.3° como resultado, obteniendo un aumento de 0.8° en el ensayo triaxial.

Figura 99.

Influencia de la velocidad de corte en el ángulo de fricción en ensayos de corte directo y triaxial CD



Nota: Elaboración propia

5.6. Parámetros de resistencia en ensayo triaxial CD vs ensayo triaxial UU en la muestra de arena M-1 de la calicata C-1

En la tabla 88 se presenta los resultados de ensayos triaxiales Consolidado Drenado y No consolidado No drenado, en la muestra de arena M-1 proveniente de la calicata C-1, con densidad relativa de 95% y velocidad de deformación de 0.10 mm/min. Se observa que los ensayos triaxiales CD y UU presentan ángulos de fricción de 38.9° y 15.3° respectivamente, mostrando un aumento de 23.6° en el ensayo triaxial CD con respecto del ensayo triaxial UU. Se observa también que los ensayos triaxiales CD y UU presentan parámetros de cohesión de 6.77 kPa y 18.40 kPa respectivamente, mostrando una disminución de 11.60 kPa en el ensayo triaxial CD con respecto del ensayo triaxial UU.

Tabla 87.

Resistencia de ensayo triaxial consolidado drenado y no consolidado no drenado

Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado – drenado		
Característica	Ángulo de fricción	Cohesión (kPa)
Dr=95% y Vel=0.10mm/min	38.9	6.77
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado – no drenado		
Característica	Ángulo de fricción	Cohesión (kPa)
Dr=95% y Vel=0.10mm/min	15.3	18.40

Nota: Elaboración propia

Donde:

Dr: Densidad relativa

Vel: Velocidad de corte

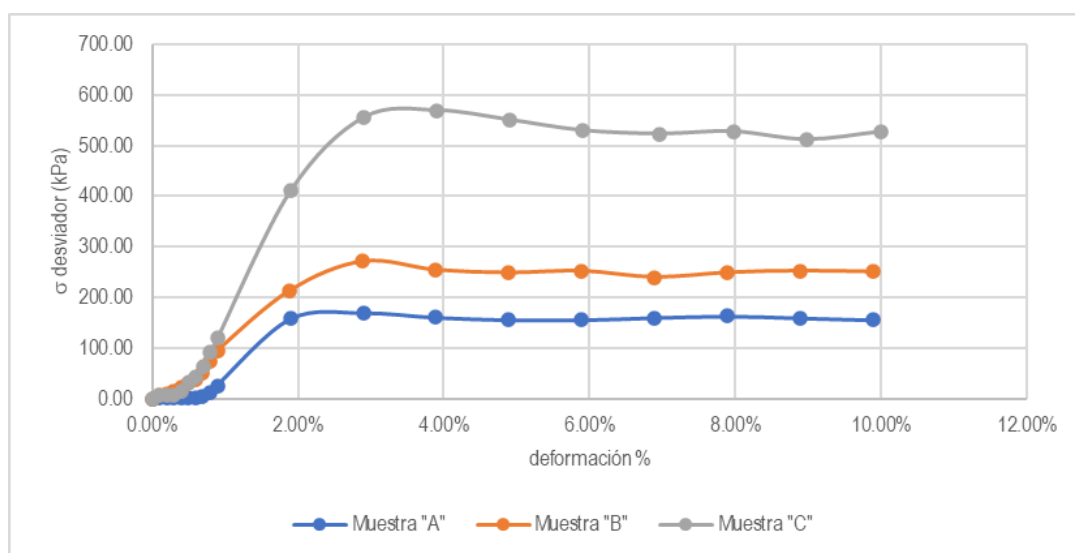
5.7. Comportamiento de muestras densas y sueltas de la arena M-1 de la calicata C-1

En la figura 100 y 101 se puede apreciar que los suelos densos, ensayados en condiciones consolidadas – drenadas, tienen a presentar un comportamiento frágil, caída

abrupta de la resistencia en poco tiempo. Sin embargo, los suelos sueltos presentan un comportamiento dúctil con tendencia a un endurecimiento.

Figura 100.

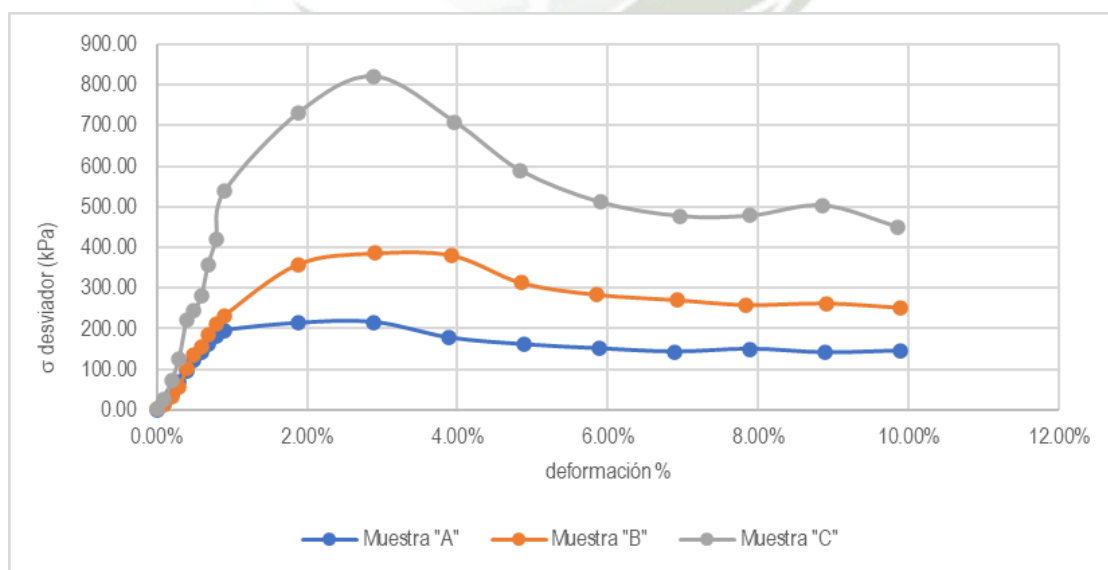
Esfuerzo –Deformación de la muestra con densidad relativa 50%



Nota: Elaboración propia

Figura 101.

Esfuerzo –Deformación de la muestra con densidad relativa 95%



Nota: Elaboración propia

CONCLUSIONES

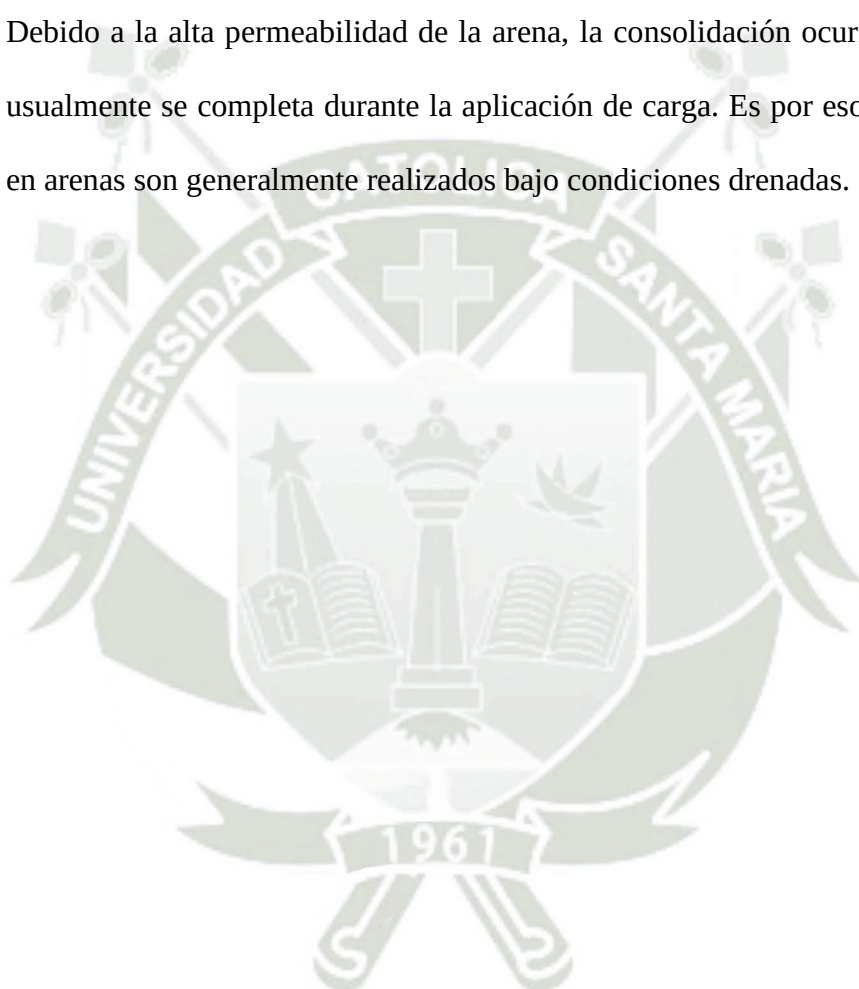
- 1- Del presente trabajo se concluye que las características físicas como la densidad, gradación y velocidad de corte influye en la resistencia cortante del suelo. Los suelos con mayor densidad presentan mayor resistencia, los suelos bien gradados presentan mayor resistencia que los suelos mal gradados y los suelos ensayados a menor velocidad de corte, presentan mayores resistencias cortantes en condiciones drenadas.
- 2- La densidad relativa de los suelos influye en gran medida en el parámetro de ángulo de fricción de los suelos arenosos, los suelos más densos presentan mayor ángulo de fricción interna, es así que se puede observar una variación de hasta 11.5° de la muestra con densidad relativa de 50% con la muestra con densidad relativa de 95% en los ensayos de corte directo y se observa una variación (aumento) de hasta 11.4° de la muestra con densidad relativa de 50% con la muestra con densidad relativa de 95%.
- 3- La velocidad de corte influye en el parámetro de ángulo de fricción en suelos arenosos sin embargo en menor medida que la densidad relativa. Los suelos ensayados a menor velocidad de corte presentan mayor ángulo de fricción en condiciones drenadas – consolidadas. Es así que se observa una disminución de 3.6° de la muestra ensayada a 1.00 mm/min con respecto a la muestra ensayada a 0.25 mm/min en ensayos de corte directo y una disminución de 2.4° de la muestra con velocidad de corte de 0.45 mm/min con la muestra con velocidad de corte de 0.05 mm/min en ensayos triaxiales drenados.
- 4- La gradación de los suelos influye en su ángulo de fricción interna, los suelos bien gradados tienen mayor ángulo de fricción interna que los suelos mal gradados. Es así que se observa una disminución de hasta 1.3° de la muestra ensayada con Coeficiente

de uniformidad (Cu) de 10.64 con la muestra ensayada con Cu de 4.48 en ensayos de corte directo y una disminución de hasta 1.6° de la muestra ensayada con Cu de 10.64 con la muestra ensayada con Cu de 4.48 en ensayos triaxiales drenados.

- 5- Del presente trabajo de investigación se concluye que caracterizar correctamente los parámetros físicos como densidad, gradación y velocidad de corte es fundamental para el cálculo de la resistencia de un suelo, debido a que la resistencia del suelo varía en gran medida conforme a estos parámetros. Esto debido a que se presentó una variación de hasta 46% de la muestra con densidad relativa de 50% con respecto a la muestra con densidad relativa de 95% y se presentó una variación 10.4% de la muestra ensayada con velocidad de corte de 1mm/min con respecto a la muestra ensayada con velocidad de 0.25 mm/min.
- 6- La cohesión del suelo arenoso se comporta de forma variada debido a que aumenta hasta 5.29 kPa en suelos con densidades relativas de 50% con respecto a muestras con densidades relativas de 75% y aumenta hasta 0.30 kPa en suelos con densidades relativas de 50% con respecto a muestras con densidades relativas de 95%. Por lo tanto, se concluye que la cohesión en suelos arenosos en condiciones drenadas tiene variaciones inesperadas y se recomienda no tomar en cuenta este parámetro de resistencia en suelos friccionantes.
- 7- El aumento del ángulo de fricción con la densidad relativa es debido a que los suelos más densos forman estructuras más rígidas debido a que las partículas están más cercanas unas de otras. Se presume que el aumento del ángulo de fricción mientras se reduce la velocidad de corte en condiciones saturadas y drenadas es debido a que velocidades de corte altas pueden generar un incremento en la presión de poro lo que resultaría en pérdida del confinamiento. Se presume que el aumento del ángulo de fricción en suelos con gradación variada es debido a que en estos suelos las partículas

de menor tamaño ocupan los vacíos que dejan las partículas de mayor tamaño actuando como cementantes.

- 8- Las condiciones de drenaje de una muestra es un factor determinante para escoger un tipo de ensayo en laboratorio. El propósito de llevar a cabo un ensayo en laboratorio es simular las condiciones de campo tan próximo como sea posible. Debido a la alta permeabilidad de la arena, la consolidación ocurre rápidamente y usualmente se completa durante la aplicación de carga. Es por eso que los ensayos en arenas son generalmente realizados bajo condiciones drenadas.



RECOMENDACIONES

- 1- Como se expuso anteriormente la densidad, velocidad de corte y gradación tienen influencia en el cálculo de los parámetros de corte, especialmente la densidad de la muestra. Se recomienda conocer bien las características físicas del suelo en el campo para poder realizar los ensayos de laboratorio. Es importante conocer parámetros como la densidad y la humedad natural del suelo, así mismo es importante conocer los esfuerzos actuantes en la superficie de falla para poder realizar un adecuado análisis y cálculo de capacidad de carga.
- 2- Se recomienda conocer las condiciones de drenaje del suelo en el campo, usualmente los suelos arenosos tienen alta permeabilidad por lo que se realiza ensayos en condiciones drenadas. Sin embargo, puede existir lentes de material impermeable, por lo que es recomendable realizar ensayos de permeabilidad.
- 3- Se recomienda extraer material de muestras representativas de suelo. Es importante representar las condiciones de campo en los ensayos de laboratorio para no incurrir en errores y/o malas interpretaciones de los resultados.
- 4- La presente investigación da paso a realizar investigaciones en suelos con diferentes características, como pueden ser suelo finos, debido a que pueden presentar comportamientos diferentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duncan, J.M.; Wright S.G., (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. Second Edition. John Wiley and Sons. Inc. Hoboken. New Jersey, 336 p.

Leps, T. M. (1970). *Review of the shearing strength of rockfill*, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 96(SM4), 1159–1170.

Becker, E., Chan, C. K., and Seed, H. B. (1972). *Strength and Deformation Characteristics of Rockfill Materials in Plane Strain and Triaxial Compression Tests*, Report No. TE-72-3, Dept. of Civil Engineering, University of California, Berkeley.

Woodward-Clyde Consultants (1995). *Working documents regarding friction angles of rockfill materials*.

Scaringi, G., & Di Maio, C. (2016). *Influence of Displacement Rate on Residual Shear Strength of Clays*. *Procedia Earth and Planetary Science*, 16, 137-145.

Lian, B., Peng, J., Wang, X., & Huang, Q. (2018). *Influence of Shearing Rate on the Residual Strength Characteristic of Three Landslides Soils in Loess Area*. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-24.

Lade, P. (2016). *Triaxial Testing of Soils*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Murthy, V. (2020). *Advanced Foundation Engineering*. CBS PUBLISHERS & DISTRIBUTORS.

Ameratunga, J. and Sivakugan, N. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*, Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London.

Knappett, J., & Craig, R. (2020). *Craig's Soil Mechanics (Ninth Edition)*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.

Jeong, S., & Park, S. (2019). *Effect of the Surface Roughness on the Shear Strength of Granular Materials in Ring Shear Tests*. *Applied Sciences*, 9(15).

Alarcón, G., & Terán, J. (2019). *Variación de los Parámetros de Resistencia al Corte con Diferentes Grados de Saturación en Suelos Cohesivos en Siete Distritos de la Región Lambayeque - Perú* (Tesis de Pregrado). Universidad de San Martín de Porres.

Hurtado, P. (2019). *Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo en cimentaciones superficiales en el Centro Poblado de Ninatambo* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Espíritu, N., & Godefroy, L. (2021). *Análisis de la variación de los parámetros de resistencia debido al confinamiento en enrocados de gran altura- Embalse de Palo Redondo Chavimochic* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Villanueva, k. y Chipana, k. (2023). *Influencia de los parámetros geotécnicos obtenidos a través de ensayos corte directo y triaxial en el diseño de estructuras de cimentaciones superficiales en suelos arenoso-limosos* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Malca, E., & Mariño, S. (2021). *Incidencia de la velocidad de corte para determinar la variabilidad en los parámetros de resistencia cortante en suelo* (Tesis de Pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola.

Drewes, I. (2021) *Comparación de parámetros resistentes de suelos regionales según energía de compactación*. Universidad Nacional de Misiones.

Duncan, J.M.; Buchignami A.L., 1975. *An engineering manual for slope stability studies*. University of California. Department of Civil Engineering, 85 p.

Noer, I. (2020) *Slope Stability Analysis with the Finite Element Method*.

Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.; Zhu, J.Z., (2013). *The Finite Element Method its Basis and Fundamentals*. Seventh Edition. Butterworth-Heinemann.

Jeremic, B.; Yang, Z.; Cheng, Z.; Jie, G.; Sett, K.; Taiebat, M.; Preisig, M. *Computational Geomechanics: Inelastic Finite Elements for Pressure Sensitive Materials, Lecture Notes*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, 2006

Desai, C. S. and H. J. Siriwardane. *Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis on Geologic Materials*. Englewood Clis, NJ. Prentice Hall (1984).

Obrzud, Rafal F., y Truty, A., (2018). *The hardening soil model - a practical guidebook*.

Truty, A. and Obrzud, R. (2015). *Improved formulation of the hardening soil model in the contex of modeling the undrained behavior of cohesive soils*. Studia Geotechnica et Mechanica, 37(2)

SENCICO. (2020). *Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones 2018*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO. Lima - Perú.

SENCICO. (2020). *Norma Técnica CE.020 Estabilización de suelos y taludes 2012*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO. Lima - Perú.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme.

Concepto. (2023). *Tipos de suelos*. Obtenido de <https://concepto.de/tipos-de-suelo/#:~:text=Los%20suelos%20arenosos%20son%20poco,entre%200%2C063%20y%202%20mm>).

Covo, Á., Tuirán, E., Pereira, T., & Jaraba, F. (2012). *Ángulo de fricción interna bidimensional en arenas en función de su gradación*.

FAO. (2023). *Propiedades Físicas del Suelo*. (Organización de las Naciones Unidas) Recuperado el 03 de noviembre de 2023, de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

HERNÁNDEZ SAMIPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6 ed.). Ciudad de México, México: Mc Graw. Recuperado el 09 de Agosto de 2022, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Jaramillo, J. (2002). *La Consistencia del Suelo y sus Implicaciones Agronómicas*. Obtenido de https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Consistencia_Del_Suelo.pdf

Pachés , M. (2020). *El agua en el suelo: fuerzas de retención*. Valencia, España: Universitat politecnica de Valencia.

Pérez, C. (29 de abril de 2021). *¿Qué nos dice el color del suelo?* Obtenido de <https://theconversation.com/que-nos-dice-el-color-del-suelo-158575>

Universida Nacional de Agricultores y Ganadores. (2017). *METODOLOGÍAS DE CAMPO PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD, DENSIDAD APARENTE, MATERIA ORGANICA, INFILTRACIÓN DEL AGUA, TEXTURA Y pH EN EL SUELO*. Managua, Nicaragua: UNAG- NICARAGUA.

Universidad Tecnológica de Chile. (2019). *Propiedad índice de los suelos* . Santiago de Chile, Chile.



ANEXOS



ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

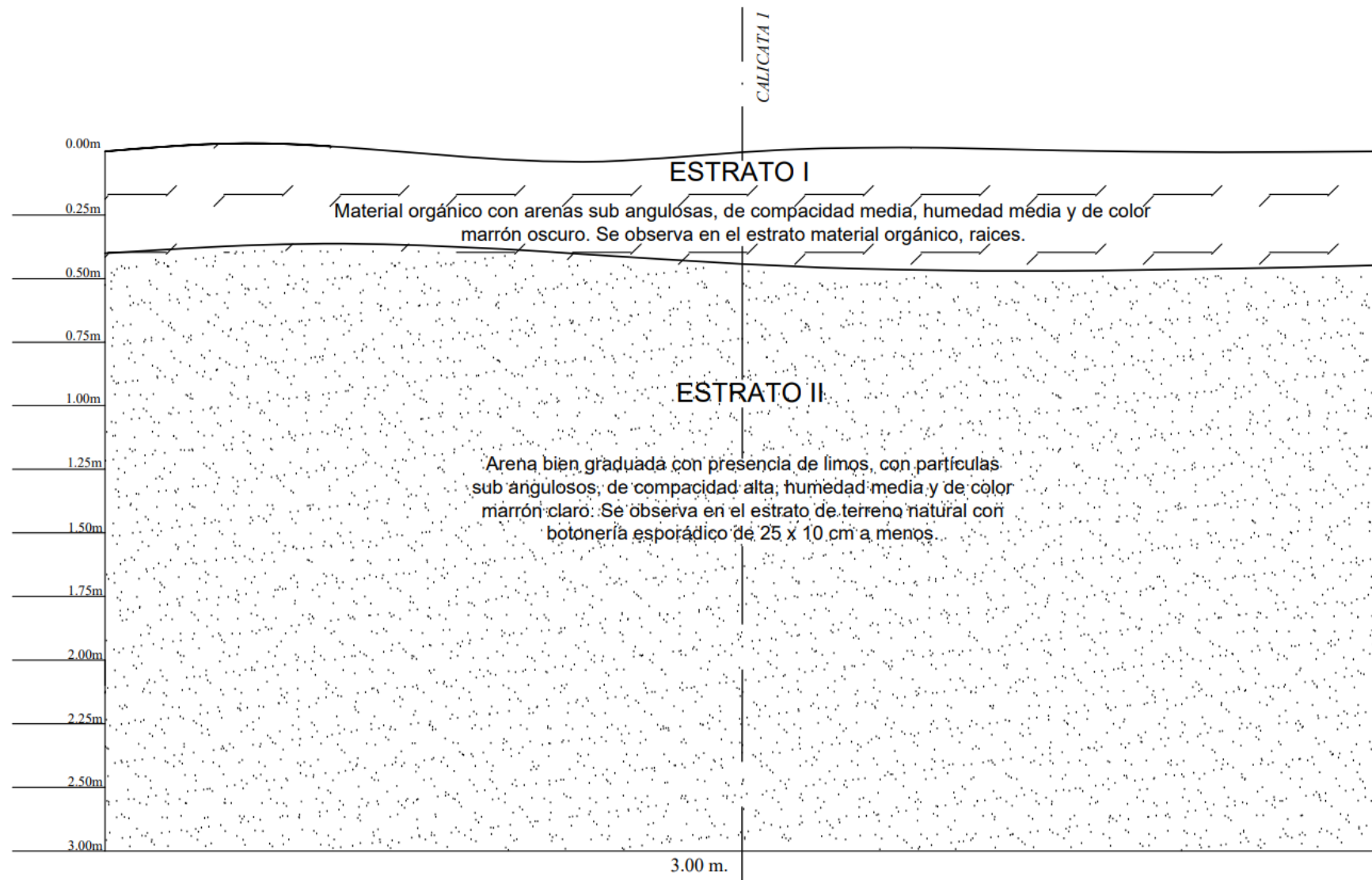
Título: "INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN SUELO ARENOSO EN CÁLCULO DE SU RESISTENCIA, UBICADO EN EL DISTRITO DE PAUCARPATA, ZONA RMD2 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"									
Autores:		Hipótesis		Variables e Indicadores		Metodología			
Guillem Cerpa, Alvaro Christian Mundaca Apaza, Eduardo Aldar		Objetivos		Variable Independiente		Diseño Metodológico			
Problema General		Objetivo General		Características físicas del suelo		Enfoque: Cuantitativo			
¿Cómo influye la densidad, gradación y velocidad de corte en la resistencia de un suelo arenoso?		Analizar la incidencia de la densidad, gradación, velocidad de corte en los parámetros de resistencia de un suelo en ensayos de corte directo y triaxial		Indicador		Nivel: Correlacional			
Problemas Específicos		Objetivos Específicos		Dimensión		Diseño: Experimental		Técnicas e instrumentos de recolección de datos	
¿Cuál es la influencia de la gradación del suelo en el cálculo de su resistencia?		Evaluar la influencia de la gradación de un suelo arenoso en el cómputo de su resistencia al corte.		Densidad relativa del suelo		Porcentaje (%)		Las técnicas a utilizar será la observación de los suelos, así como los diferentes ensayos a realizar. Los instrumentos serán los manuales del NTP, así como la diversa bibliografía y revistas especializadas de suelos y el software Excel para procesamiento de los datos.	
		La variación de la gradación del suelo, influirá su resistencia cortante.		Gradación del suelo		D60/D10			
		La variación de la densidad relativa de un suelo arenoso en el cómputo de su resistencia cortante.		Velocidad de corte/deformación		Coeficiente de curvatura		D30^2/(D60*D10)	
		La variación de la densidad relativa, influirá en la resistencia cortante del suelo.		Tiempo en el cual la muestra alcanza el 90% de consolidación bajo un esfuerzo normal (t90).		Población y Muestra		Se delimitó como población a todos los suelos de clasificación areno limosa ubicados en Perú, que no presentan nivel freático y que pertenecen al Batolito de la costa. Se eligió como muestra dirigida la calicata C-1 de la Zona RMD2. En la urbanización Manuel Prado, en la propiedad con dirección calle 1° de mayo 305.	
				Variable Dependiente		Procedimiento			
				Resistencia cortante del suelo				Se sectoriza la ciudad de Arequipa según estudios previos de la estratigrafía y vulnerabilidades, para conocer cuáles son las zonas donde obtendrán muestras con las características deseadas, según esa información se hace la obtención de estas por medio de calicatas, se hace los diferentes ensayos según las normas NTP.	
				Indicador		Medición			
				Parámetro de cohesión c		kPa		Se realizará ensayos de corte directo y triaxiales consolidado drenado a densidades relativas de 50%, 75%, 85% y 95%. Se realizará 02 ensayos de un suelo con diferentes gradaciones y se realizará 04 ensayos a diferentes velocidades de corte, en los límites de la norma para corte directo - consolidado drenado y para los ensayos triaxiales. Finalmente se obtendrán los parámetros de corte "c" y "φ" para evaluar la resistencia al cortante del suelo y se comparará y evaluará los resultados.	
				Intercepto del eje de ordenadas					
				Ángulo de fricción φ		Grados sexagesimales (°)			
				Pendiente en la envolvente de falla de Mohr-Coulomb					



ANEXO 2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PERFIL ESTRATIGRAFICO





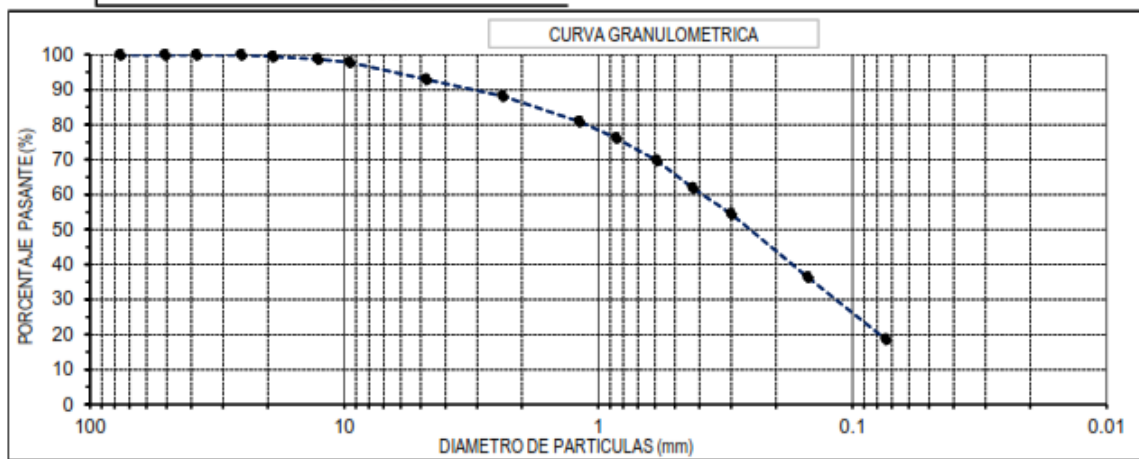
ANEXO 3

ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN CALICATA C-1

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO 01		EC01-T-UCSM-G-M	
	NORMA: NTP 339.128		Versión:	01
			Página :	1 de 2
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera :	Propiedad Privada	F. MUESTREO:	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

TAMIZ	Díametro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante	FRACCIONES	
4"	101.6						TM	1"
3"	76.20	0.00				100.0	Peso inicial gr	2160.49
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA	7.1%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA	74.3%
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	FINOS	18.6%
3/4"	19.10	11.09	11.09	0.51	0.51	99.49	COEFICIENTES	
1/2"	12.70	15.38	15.38	0.71	1.23	98.77	Cu	9.89
3/8"	9.52	19.63	19.63	0.91	2.13	97.87	Cc	0.96
4	4.760	106.56	106.56	4.93	7.07	92.93	CONSISTENCIA	
8	2.380	103.40	103.40	4.79	11.85	88.15	L LIQUIDO	22%
16	1.190	156.75	156.75	7.26	19.11	80.89	L PLASTICO	25%
20	0.850	100.97	100.97	4.67	23.78	76.22	I PLASTICIDAD	3%
30	0.590	140.08	140.08	6.48	30.27	69.73	PASANTE	
40	0.425	169.08	169.08	7.83	38.09	61.91	TAMIZ # 8	88.15%
50	0.300	161.16	161.16	7.46	45.56	54.44	TAMIZ # 40	61.91%
100	0.150	390.58	390.58	18.08	63.64	36.36	TAMIZ # 200	18.62%
200	0.074	383.43	383.43	17.75	81.38	18.62	CLASIFICACION	
Fondo		402.13	402.13	18.62	100.00	0.00	SUCS	SM
	Σ	2160.24	2160.24	100.00			AASHTO	N/A

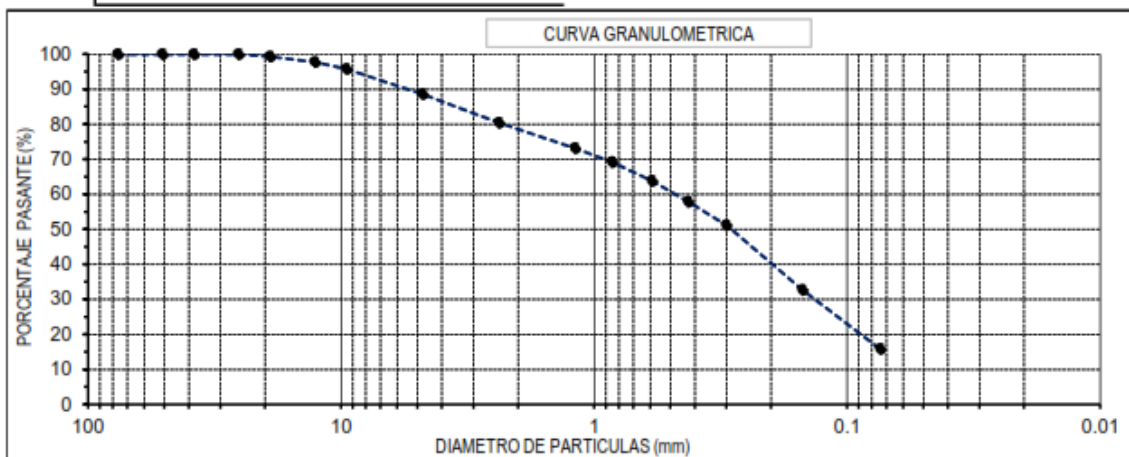


	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			EC01-T-UCCSM-G-M	
	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO 02		Versión:	01
			Página :	1 de 2
	NORMA: NTP 339.128		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLÉN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera :	Propiedad Privada	F. MUESTREO:	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

TAMIZ	Diametro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
4"	101.6					
3"	76.20					100.00
2"	50.80		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	13.67	13.67	0.66	0.66	99.34
1/2"	12.70	33.20	33.20	1.61	2.27	97.73
3/8"	9.52	39.68	39.68	1.92	4.20	95.80
4	4.760	148.70	148.70	7.21	11.41	88.59
8	2.380	169.41	169.41	8.21	19.62	80.38
16	1.190	148.58	148.58	7.20	26.82	73.18
20	0.850	81.89	81.89	3.97	30.79	69.21
30	0.590	111.48	111.48	5.41	36.20	63.80
40	0.425	122.01	122.01	5.92	42.12	57.88
50	0.300	137.42	137.42	6.66	48.78	51.22
100	0.150	381.56	381.56	18.50	67.28	32.72
200	0.074	348.98	348.98	16.92	84.20	15.80
Fondo		325.89	325.89	15.80	100.00	0.00
Σ		2062.47	2062.47	100.00		

FRACCIONES	
TM	1"
Peso inicial gr	2063.70
GRAVA	11.4%
ARENA	72.8%
FINOS	15.8%
COEFICIENTES	
Cu	10.33
Cc	0.84
CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	25%
L PLASTICO	22%
I PLASTICIDAD	3%
PASANTE	
TAMIZ # 8	80.38%
TAMIZ # 40	57.88%
TAMIZ # 200	15.80%
CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHTO	N/A



Observaciones: Clasificación SUCS: "SM" Arena Limosa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			EC01-T-UCSM-G-M	
	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO 03		Versión:	01
			Página :	1 de 2
	NORMA: NTP 339.128		F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANtera :

Propiedad Privada

F. MUESTREO:

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

09/04/2024

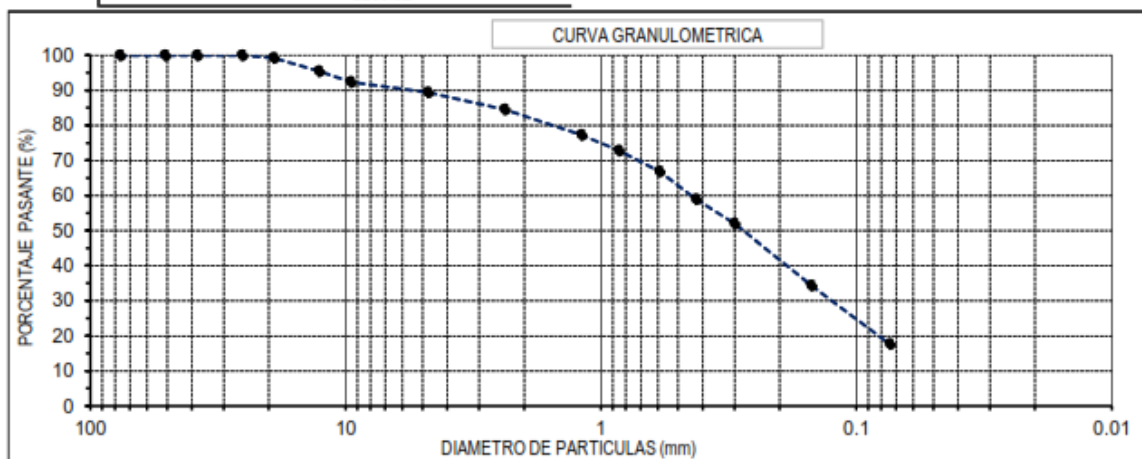
Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

TAMIZ	Diametro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
4"	101.6					
3"	76.20					100.00
2"	50.80		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	17.09	17.09	0.75	0.75	99.25
1/2"	12.70	85.45	85.45	3.77	4.53	95.47
3/8"	9.52	68.95	68.95	3.04	7.57	92.43
4	4.760	68.45	68.45	3.02	10.59	89.41
8	2.380	109.40	109.40	4.83	15.42	84.58
16	1.190	164.75	164.75	7.27	22.69	77.31
20	0.850	101.97	101.97	4.50	27.19	72.81
30	0.590	134.08	134.08	5.92	33.11	66.89
40	0.425	180.08	180.08	7.95	41.06	58.94
50	0.300	156.16	156.16	6.89	47.95	52.05
100	0.150	400.58	400.58	17.68	65.63	34.37
200	0.074	379.43	379.43	16.75	82.38	17.62
Fondo		399.13	399.13	17.62	100.00	0.00
Σ		2265.52	2265.52	100.00		

FRACCIONES	
TM	1"
Peso inicial gr	2266.50
GRAVA	10.6%
ARENA	71.8%
FINOS	17.6%
COEFICIENTES	
Cu	10.64
Cc	0.90
CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	25%
L PLASTICO	22%
I PLASTICIDAD	3%
PASANTE	
TAMIZ # 8	84.58%
TAMIZ # 40	58.94%
TAMIZ # 200	17.62%
CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHTO	N/A



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	EETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO		EC01-T-UCSM-G-M	
	NORMA NTP 339.127 (Secado al Horno)		Versión:	01
			Página :	2 de 7
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Descripcion	Unidades	1	2	3
Peso recipiente + muestra humeda	g	356.74	310.70	286.38
Peso recipiente (capsula):	g	48.34	55.49	46.04
Peso recipiente + muestra seca	g	341.12	297.75	273.40
Peso de la muestra seca	g	292.78	242.26	227.36
Humedad	%	5.3	5.3	5.7
CONTENIDO DE HUMEDAD %		5.5		



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS		EC01-T-UCSM-G-M	
			Versión:	01
			Página :	3 de 7
	NORMA: NTP 339.131		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

METODO DE ENSAYO: METODO "B" (SECO)

MATERIAL EXCLUIDO: N.P

GRAVEDAD ESPECIFICA			
Descripcion	Unidades	1	2
Temperatura controlada:	°C	29.3	29.5
Volumen de la Muestra a 20 °C (ml):	cm³	N/A	N/A
Método de remoción de aire:		Ebullición	Ebullición
Peso del frasco volumétrico Mf:	g	171.4	171.4
Peso de la fiola + agua Ma:	g	669.3	669.3
Peso de la Fiola + agua + peso del suelo Mb:	g	730.8	730.5
Peso del suelo seco (Ws):	g	100.0	100.0
k(corrección de temperatura)	°C	0.999	0.998
Gravedad Especifica aparente		2.662	2.647

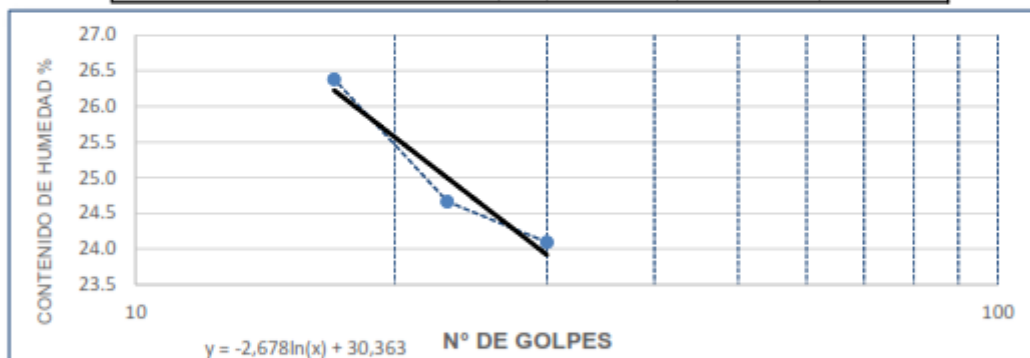
Gravedad especifica Tx/ 20°C	2.65



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	LÍMITES DE ATTERBERG		EC01-T-UCSM-G-M	
	NORMA: NTP 339.129		Versión:	01
			Página :	4 de 7
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN:	Lab. Mec. Suelos y concreto	

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO				
Capsula:	N°	B-1	B-2	B-3
Peso del suelo humedo + capsula:	g	49.98	57.62	50.50
Peso del suelo seco + capsula:	g	42.98	49.01	42.86
Peso de la capsula	g	13.93	14.10	13.90
Peso del suelo seco:	g	29.1	34.9	29.0
Peso del agua:	g	7.0	8.6	7.6
Contenido de Humedad:	%	24.10	24.66	26.38
Numero de golpes:	N°	30.0	23.0	17.0



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO				
Capsula:	N°	P-1	P-2	P-3
Peso del suelo humedo + capsula:	g	23.12	25.20	21.6
Peso del suelo seco + capsula:	g	21.51	23.19	20.2
Peso de la capsula	g	14.23	14.12	13.9
Peso del suelo seco:	g	7.3	9.1	6.3
Peso del agua:	g	1.6	2.0	1.4
Contenido de Humedad:	%	22.1	22.2	21.7

RESULTADOS	
Límite Líquido:	25%
Límite Plástico:	22%
Índice de Plasticidad:	3%
Pasante de la malla # 40	61.91%

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	DENSIDAD MINIMA Y MAXIMA		EC01-T-UCSM-G-M	
			Versión:	01
			Página :	6 de 7
	NORMA: NTP 339.137		F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA:	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO:	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION:	15/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN:	Lab. Mec. Suelos y concreto	

ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA - NORMA: NTP 339.137				
Descripcion	Unidades	1	2	2
Peso del molde + muestra	g	5266.0	5269.5	5265.8
Peso del molde	g	3756.5	3756.5	3756.5
Peso de la muestra	g	1509.5	1513.0	1509.3
Volumen del molde	cm³	944.0	944.0	944.0
Densidad	g/cm³	1.599	1.603	1.599

DENSIDAD MINIMA	1.60	g/cm³

ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA - NORMA: NTP 339.137				
DESCRIPCIÓN	Unidades	1	2	3
Peso del molde + muestra	g	5535.5	5531.0	5531.0
Peso del molde	g	3756.5	3756.5	3756.5
Peso de la muestra	g	1779.0	1774.5	1774.5
Volumen del molde	cm³	944.0	944.0	944.0
Densidad	g/cm³	1.885	1.880	1.880

DENSIDAD MAXIMA	1.88	g/cm³

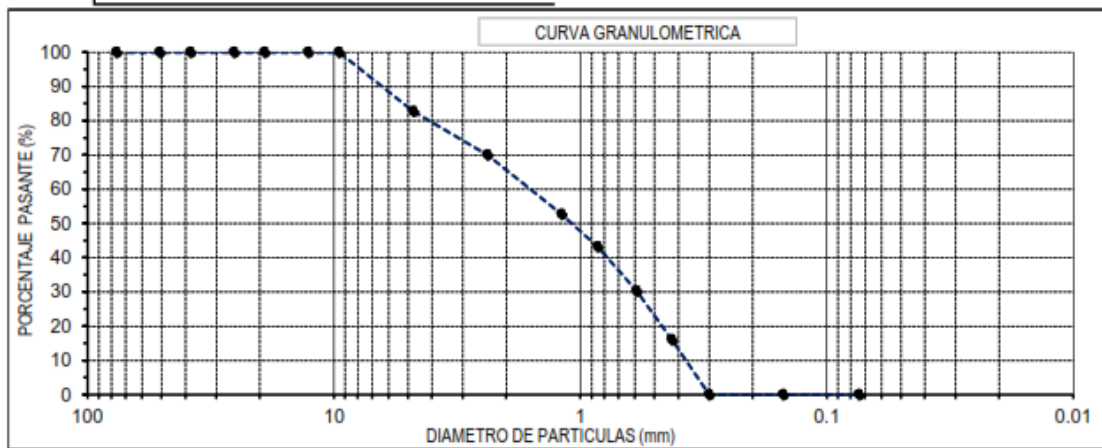


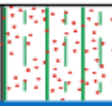
	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO		EC01-T-UCSM-G-M	
	NORMA: NTP 339.128		Versión: 01	Página: 1 de 2
			F.emisión: 07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA :	Propiedad Privada	F. MUESTREO:	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	11/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

TAMIZ	Diametro (mm)	Peso ret +Tara (g)	Peso ret. (g)	% Peso ret.	% Total Retenido	% Total Pasante
4"	101.6					
3"	76.20					100.00
2"	50.80		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10		0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10		0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70		0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52		0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.760	99.13	99.13	17.30	17.30	82.70
8	2.380	72.94	72.94	12.73	30.03	69.97
16	1.190	99.05	99.05	17.29	47.32	52.68
20	0.850	54.59	54.59	9.53	56.84	43.16
30	0.590	74.32	74.32	12.97	69.82	30.18
40	0.425	81.34	81.34	14.20	84.01	15.99
50	0.300	91.61	91.61	15.99	100.00	0.00
100	0.150	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
200	0.074	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
-200		0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Σ		572.98	572.98	100.00		

FRACCIONES	
TM	1/2"
Peso inicial gr	573.23
GRAVA	17.3%
ARENA	82.7%
FINOS	0.0%
COEFICIENTES	
Cu	4.48
Cc	0.54
CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	25.05%
L PLASTICO	22.00%
I PLASTICIDAD	3.05%
PASANTE	
TAMIZ # 8	69.97%
TAMIZ # 40	15.99%
TAMIZ # 200	0.00%
CLASIFICACION	
SUCS	SP
AASHTO	N/A



	INFORME		CODIGO DE INFORME		
			EC01-T-UCSM-G-M		
	REGISTRO PERFIL ESTRATIGRÁFICO (CALICATAS Y TRINCHERAS)		Versión:	01	
			Página :	7 de 7	
NORMA: NTP 339.150 - NTP 339.128		F.emisión:	07/09/2023		
PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA					
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2		MUESTRA:	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada		F. MUESTREO:	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian		F. EJECUCION:	09/04/2024	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair		ENSAYADO EN:	Campo	
REGISTRO DE SONDAJES/CALICATA					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10 0.20 0.30 0.40		- Material de relleno orgánico con arenas sub angulosas, de compacidad media, humedad media y de color marrón oscuro. Se observa en el estrato relleno no controlado con material orgánico.	M - 0 ESTRATO 1	OL	A-4(0)
0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50		Arena bien graduada con presencia de limos, con partículas sub angulosos, de compacidad alta, humedad media y de color marrón claro. Se observa en el estrato de terreno natural con botonería esporádico de 25 x 10 cm a menos. No se observa presencia de nivel freático	M-01 ESTRATO 2	SM	A-2-4(0)
2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10 3.20		***** Fin de excavación *****			



ANEXO 4

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 50% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.45
MM/MIN VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA**

C-1

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			C1 100	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

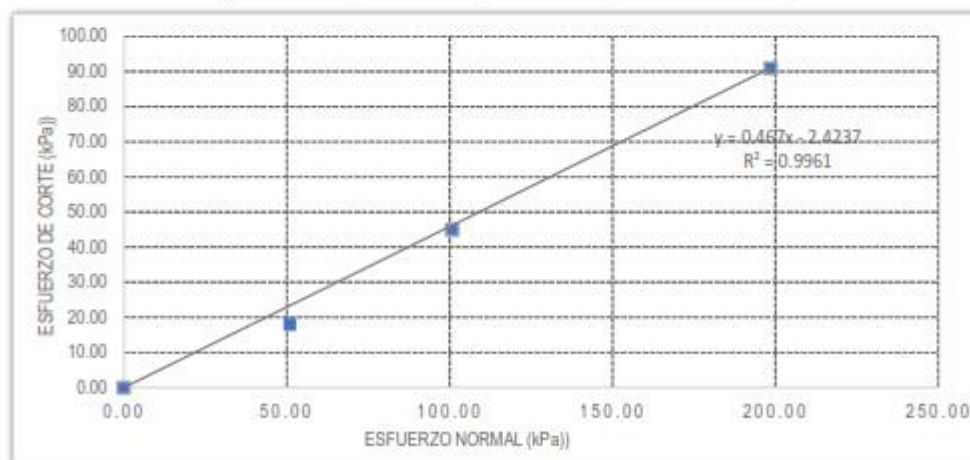
CAJA DE CORTE 01

ALTURA	20.65	mm
AREA	3578.4	mm ²
VOLUMEN	73.9	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	50%	
DENSIDAD	1.73	g/cm ³
PESO DEL SUELO	127.8	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%
Código	C1 100
Velocidad de corte	0.45 mm/min
SUCS	SM
LL	22
LP	19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	17.93	65.39
36.39	100.85	44.99	164.10
72.39	198.48	91.00	331.94



RESULTADOS			
Pendiente:	0.46702		
Cohesión (kPa) :	0.00		
Angulo de fricción:	25.0		

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		C1 100	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171	Página :	1 de 1
		F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 50%

Velocidad de corte 0.45 mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.4256	0.00%	0.0880	0.00%	0.1458
0.08%	6.2426	0.08%	6.9492	0.08%	12.2500
0.17%	11.0665	0.17%	9.9400	0.17%	24.2084
0.25%	14.8972	0.25%	12.3150	0.25%	34.7084
0.34%	17.1672	0.34%	14.7780	0.34%	41.5625
0.42%	17.5929	0.42%	16.7132	0.42%	46.6667
0.51%	17.7347	0.51%	18.3845	0.51%	51.0417
0.59%	17.5929	0.59%	20.5836	0.59%	54.5417
0.68%	17.1672	0.68%	23.2226	0.68%	58.0417
0.76%	17.4510	0.76%	25.8615	0.76%	60.5209
0.85%	17.1672	0.85%	27.3569	0.85%	63.1459
0.93%	17.0253	0.93%	29.3801	0.93%	65.6251
1.02%	16.8835	1.02%	31.0514	1.02%	67.8126
1.10%	16.7416	1.10%	32.1949	1.10%	69.2709
1.19%	16.3160	1.19%	32.8986	1.19%	70.7292
1.27%	16.7416	1.27%	33.7783	1.27%	73.0626
1.36%	16.3160	1.36%	34.2181	1.36%	74.3751
1.44%	16.1741	1.44%	34.5700	1.44%	75.1042
1.53%	15.6066	1.53%	35.1857	1.53%	76.7084
1.61%	15.7484	1.61%	35.6255	1.61%	77.1459
1.70%	16.0322	1.70%	35.6255	1.70%	78.8959
1.78%	16.0322	1.78%	35.8894	1.78%	79.3334
1.87%	16.0322	1.87%	36.1533	1.87%	80.2084
1.95%	16.1741	1.95%	36.5052	1.95%	80.9376
2.04%	16.3160	2.04%	36.4172	2.04%	82.3959
2.12%	16.0322	2.12%	36.7691	2.12%	82.9792
2.20%	16.0322	2.20%	36.9450	2.20%	83.5626
2.29%	16.0322	2.29%	37.2089	2.29%	84.2917
2.37%	16.3160	2.37%	37.3848	2.37%	85.1667
2.46%	16.4578	2.46%	37.2969	2.46%	85.4584
2.54%	16.3160	2.54%	37.6487	2.54%	85.8959
2.63%	16.3160	2.63%	37.8246	2.63%	86.1876
2.71%	16.1741	2.71%	37.9126	2.71%	87.2084
2.80%	16.4578	2.80%	37.8246	2.80%	87.3542
2.88%	16.1741	2.88%	38.1765	2.88%	86.9167
2.97%	16.3160	2.97%	38.6163	2.97%	87.6459
3.05%	16.3160	3.05%	38.2645	3.05%	88.0834

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
		F.emisión:		07/09/2023
TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA				
PROYECTO:				
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	16.3160	3.14%	38.6163	3.14%	88.0834
3.22%	17.0253	3.22%	39.0561	3.22%	88.6667
3.31%	16.1741	3.31%	38.9682	3.31%	88.8126
3.39%	16.7416	3.39%	39.4960	3.39%	88.8126
3.48%	16.3160	3.48%	39.4960	3.48%	89.3959
3.56%	16.4578	3.56%	39.9358	3.56%	89.3959
3.65%	16.7416	3.65%	39.9358	3.65%	89.1042
3.73%	16.7416	3.73%	39.8478	3.73%	89.5417
3.82%	16.7416	3.82%	40.1117	3.82%	89.5417
3.90%	16.4578	3.90%	40.2876	3.90%	89.6876
3.99%	16.7416	3.99%	40.2876	3.99%	89.6876
4.07%	16.7416	4.07%	40.4636	4.07%	89.5417
4.16%	16.4578	4.16%	40.5515	4.16%	90.1251
4.24%	17.0253	4.24%	40.9034	4.24%	89.8334
4.32%	16.8835	4.32%	40.8154	4.32%	89.6876
4.41%	16.8835	4.41%	41.3432	4.41%	89.5417
4.49%	17.0253	4.49%	41.1673	4.49%	90.4167
4.58%	17.4510	4.58%	41.1673	4.58%	90.4167
4.66%	16.7416	4.66%	41.6071	4.66%	89.8334
4.75%	16.7416	4.75%	41.4312	4.75%	90.8542
4.83%	16.8835	4.83%	41.3432	4.83%	90.5626
4.92%	16.4578	4.92%	41.6951	4.92%	89.5417
5.00%	16.8835	5.00%	41.7830	5.00%	90.2709
5.09%	17.1672	5.09%	42.0469	5.09%	89.6876
5.17%	16.8835	5.17%	41.8710	5.17%	90.1251
5.26%	16.8835	5.26%	42.3108	5.26%	89.8334
5.34%	17.4510	5.34%	42.2229	5.34%	90.8542
5.43%	17.0253	5.43%	42.5747	5.43%	90.4167
5.51%	17.0253	5.51%	42.6627	5.51%	90.4167
5.60%	16.8835	5.60%	42.9266	5.60%	90.5626
5.68%	17.0253	5.68%	42.7506	5.68%	90.5626
5.77%	17.1672	5.77%	43.1025	5.77%	90.2709
5.85%	16.8835	5.85%	43.1025	5.85%	89.6876
5.94%	16.7416	5.94%	43.1025	5.94%	90.2709
6.02%	16.8835	6.02%	43.3664	6.02%	90.5626
6.11%	16.8835	6.11%	43.4544	6.11%	90.5626
6.19%	16.8835	6.19%	43.4544	6.19%	90.2709
6.28%	16.8835	6.28%	43.6303	6.28%	90.5626
6.36%	16.4578	6.36%	43.6303	6.36%	90.4167
6.45%	16.4578	6.45%	43.8942	6.45%	90.1251
6.53%	16.7416	6.53%	44.0701	6.53%	89.6876

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

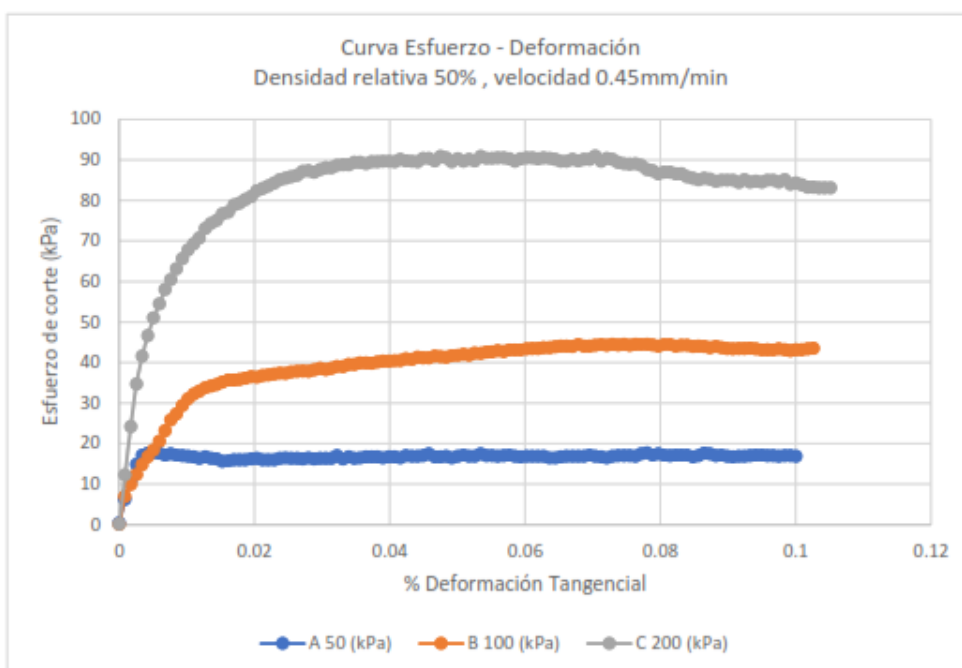
Lab. Mec. Suelos UCSM

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	16.8835	6.61%	44.0701	6.61%	89.6876
6.70%	16.8835	6.70%	43.9821	6.70%	90.1251
6.78%	16.8835	6.78%	44.4220	6.78%	89.8334
6.87%	16.8835	6.87%	44.0701	6.87%	90.1251
6.95%	17.1672	6.95%	44.0701	6.95%	90.1251
7.04%	16.8835	7.04%	44.2460	7.04%	91.0001
7.12%	16.7416	7.12%	44.4220	7.12%	89.6876
7.21%	16.4578	7.21%	44.2460	7.21%	90.4167
7.29%	16.8835	7.29%	44.5099	7.29%	90.1251
7.38%	17.0253	7.38%	44.3340	7.38%	89.3959
7.46%	17.0253	7.46%	44.5099	7.46%	89.1042
7.55%	17.0253	7.55%	44.2460	7.55%	88.9584
7.63%	16.8835	7.63%	44.5099	7.63%	89.1042
7.72%	17.4510	7.72%	44.4220	7.72%	88.6667
7.80%	17.7347	7.80%	44.5099	7.80%	87.6459
7.89%	17.1672	7.89%	44.3340	7.89%	87.3542
7.97%	17.4510	7.97%	44.0701	7.97%	86.6251
8.06%	17.1672	8.06%	44.4220	8.06%	86.9167
8.14%	17.0253	8.14%	44.4220	8.14%	86.9167
8.23%	17.1672	8.23%	44.0701	8.23%	86.6251
8.31%	17.1672	8.31%	44.2460	8.31%	86.6251
8.40%	17.1672	8.40%	44.2460	8.40%	85.8959
8.48%	16.7416	8.48%	43.9821	8.48%	85.4584
8.57%	17.0253	8.57%	44.0701	8.57%	85.1667
8.65%	17.5929	8.65%	43.9821	8.65%	85.4584
8.73%	17.4510	8.73%	43.6303	8.73%	85.3126
8.82%	17.0253	8.82%	43.9821	8.82%	84.7292
8.90%	17.1672	8.90%	43.6303	8.90%	85.0209
8.99%	16.8835	8.99%	43.4544	8.99%	85.0209
9.07%	16.7416	9.07%	43.3664	9.07%	85.0209
9.16%	16.8835	9.16%	43.4544	9.16%	84.4376
9.24%	16.8835	9.24%	43.4544	9.24%	85.1667
9.33%	17.0253	9.33%	43.5423	9.33%	84.5834
9.41%	17.1672	9.41%	43.3664	9.41%	84.7292
9.50%	17.1672	9.50%	43.1025	9.50%	84.5834
9.58%	17.0253	9.58%	43.1905	9.58%	85.0209
9.67%	17.0253	9.67%	43.1025	9.67%	85.0209
9.75%	16.8835	9.75%	43.3664	9.75%	84.5834
9.84%	17.0253	9.84%	43.1905	9.84%	85.1667
9.92%	17.0253	9.92%	42.9266	9.92%	84.0001
10.01%	16.8835	10.01%	43.1905	10.01%	84.2917

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			C1 100	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171		F.emisión:	07/09/2023
PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA				
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 50%

Velocidad de corte 0.45 mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	17.73
B 100	44.51
C 200	91.00

ANEXO 5

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 75% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.45
MM/MIN VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA**

C-1

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

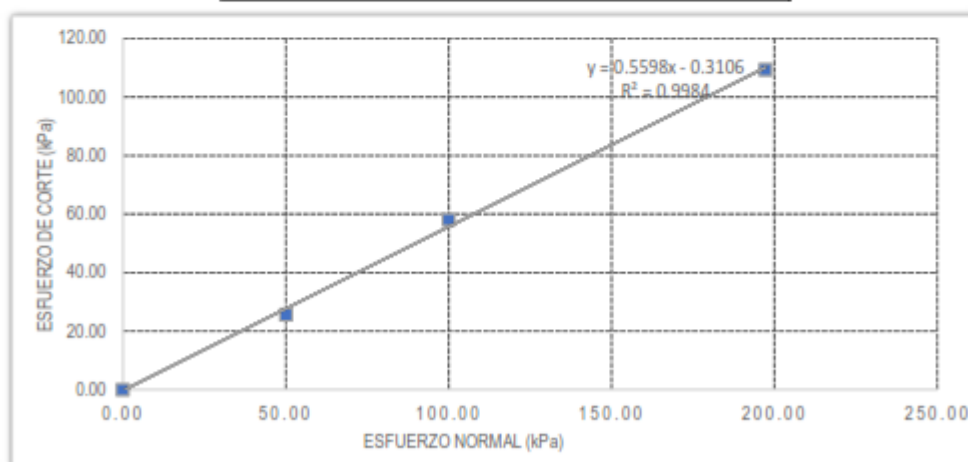
CAJA DE CORTE 02

ALTURA	18.15	mm
AREA	3600	mm ²
VOLUMEN	65.34	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	75%	
DENSIDAD	1.80	g/cm ³
PESO DEL SUELO	117.8	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%	
Código	2023 c1	
Velocidad de corte	0.45	mm/min
SUCS	SM	
LL	22	
LP	19	

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	50.00	25.67	94.20
36.39	100.00	58.08	213.13
72.39	197.26	109.40	401.45



RESULTADOS		
Pendiente:	0.55976	
Cohesión (kPa) :	0.00	
Angulo de fricción:	29.2	

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		2023 c1	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
		Página :	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171	F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA	75%

Velocidad de corte	0.45 mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.0000	0.00%	0.5736	0.00%	0.2568
0.08%	7.3134	0.08%	14.3401	0.08%	55.4686
0.17%	11.9023	0.17%	20.6497	0.17%	66.2541
0.25%	14.9137	0.25%	28.3934	0.25%	72.9309
0.34%	16.4911	0.34%	36.9974	0.34%	75.4989
0.42%	17.6383	0.42%	44.4543	0.42%	79.8645
0.51%	18.6421	0.51%	49.4733	0.51%	83.2029
0.59%	19.3591	0.59%	53.0583	0.59%	87.0549
0.68%	19.3591	0.68%	55.7829	0.68%	89.6228
0.76%	19.5025	0.76%	56.7867	0.76%	91.4204
0.85%	19.3591	0.85%	57.7906	0.85%	92.7044
0.93%	19.7893	0.93%	58.0774	0.93%	96.0428
1.02%	19.0723	1.02%	57.5038	1.02%	96.0428
1.10%	18.7855	1.10%	56.7867	1.10%	97.0700
1.19%	18.6421	1.19%	56.4999	1.19%	97.8404
1.27%	18.0685	1.27%	55.3527	1.27%	98.6108
1.36%	17.6383	1.36%	53.9187	1.36%	99.6380
1.44%	17.7817	1.44%	52.7715	1.44%	101.1788
1.53%	17.3515	1.53%	51.7677	1.53%	102.4628
1.61%	17.2081	1.61%	51.0507	1.61%	102.2060
1.70%	17.0647	1.70%	50.3337	1.70%	102.2060
1.78%	17.0647	1.78%	49.3299	1.78%	103.4900
1.87%	17.3515	1.87%	49.3299	1.87%	102.9764
1.95%	17.0647	1.95%	49.3299	1.95%	104.2604
2.04%	17.6383	2.04%	48.4695	2.04%	104.7740
2.12%	17.0647	2.12%	48.1827	2.12%	104.0036
2.20%	17.0647	2.20%	47.4657	2.20%	104.0036
2.29%	17.3515	2.29%	47.4657	2.29%	104.0036
2.37%	17.7817	2.37%	48.0393	2.37%	103.7468
2.46%	18.0685	2.46%	47.8959	2.46%	103.4900
2.54%	18.3553	2.54%	47.7525	2.54%	103.7468
2.63%	18.0685	2.63%	47.1789	2.63%	103.4900
2.71%	18.3553	2.71%	47.3223	2.71%	102.7196
2.80%	18.4987	2.80%	47.1789	2.80%	102.7196
2.88%	18.0685	2.88%	47.3223	2.88%	103.7468
2.97%	18.7855	2.97%	47.0355	2.97%	102.9764
3.05%	19.0723	3.05%	47.4657	3.05%	102.7196

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	18.6421	3.14%	47.1789	3.14%	102.7196
3.22%	18.7855	3.22%	47.0355	3.22%	103.4900
3.31%	18.7855	3.31%	46.7487	3.31%	102.9764
3.39%	19.0723	3.39%	46.7487	3.39%	103.7468
3.48%	18.7855	3.48%	46.6053	3.48%	104.0036
3.56%	19.2157	3.56%	46.0317	3.56%	104.0036
3.65%	19.0723	3.65%	45.8883	3.65%	103.4900
3.73%	19.2157	3.73%	45.8883	3.73%	103.4900
3.82%	18.7855	3.82%	45.8883	3.82%	103.4900
3.90%	19.5025	3.90%	45.6015	3.90%	102.2060
3.99%	19.5025	3.99%	45.3147	3.99%	102.7196
4.07%	19.3591	4.07%	45.3147	4.07%	103.4900
4.16%	19.7893	4.16%	45.7449	4.16%	102.7196
4.24%	20.0761	4.24%	45.1713	4.24%	103.7468
4.32%	19.9327	4.32%	45.7449	4.32%	103.4900
4.41%	20.0761	4.41%	44.5977	4.41%	104.0036
4.49%	20.0761	4.49%	45.3147	4.49%	104.2604
4.58%	19.9327	4.58%	44.5977	4.58%	104.2604
4.66%	19.9327	4.66%	44.4543	4.66%	104.7740
4.75%	20.2195	4.75%	44.4543	4.75%	104.7740
4.83%	19.9327	4.83%	44.8845	4.83%	105.0308
4.92%	20.0761	4.92%	44.5977	4.92%	105.5444
5.00%	20.6497	5.00%	44.8845	5.00%	105.5444
5.09%	20.0761	5.09%	45.0279	5.09%	106.3148
5.17%	20.5063	5.17%	45.0279	5.17%	105.5444
5.26%	20.5063	5.26%	44.5977	5.26%	106.5716
5.34%	20.5063	5.34%	44.4543	5.34%	106.3148
5.43%	20.2195	5.43%	45.1713	5.43%	107.3420
5.51%	20.5063	5.51%	45.0279	5.51%	107.5988
5.60%	20.6497	5.60%	44.8845	5.60%	108.1124
5.68%	20.7931	5.68%	44.5977	5.68%	108.6260
5.77%	20.5063	5.77%	44.8845	5.77%	108.6260
5.85%	20.9365	5.85%	45.0279	5.85%	108.6260
5.94%	20.7931	5.94%	44.5977	5.94%	108.1124
6.02%	21.3667	6.02%	44.8845	6.02%	108.6260
6.11%	20.7931	6.11%	44.8845	6.11%	108.1124
6.19%	21.5101	6.19%	45.3147	6.19%	108.1124
6.28%	21.3667	6.28%	44.5977	6.28%	109.1396
6.36%	21.3667	6.36%	44.8845	6.36%	109.1396
6.45%	21.6535	6.45%	45.1713	6.45%	108.1124
6.53%	21.9403	6.53%	45.0279	6.53%	109.1396

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		0	01
	NORMA: NTP 339.171		07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	24.522	6.61%	45.315	6.61%	109.140
6.70%	24.522	6.70%	44.884	6.70%	108.883
6.78%	24.952	6.78%	45.745	6.78%	108.883
6.87%	24.235	6.87%	45.745	6.87%	108.626
6.95%	24.378	6.95%	45.601	6.95%	109.140
7.04%	24.235	7.04%	45.601	7.04%	109.140
7.12%	24.808	7.12%	45.601	7.12%	108.626
7.21%	24.378	7.21%	45.745	7.21%	109.396
7.29%	24.808	7.29%	45.745	7.29%	108.883
7.38%	24.952	7.38%	45.315	7.38%	108.626
7.46%	24.952	7.46%	46.318	7.46%	108.883
7.55%	25.095	7.55%	45.888	7.55%	107.856
7.63%	24.952	7.63%	46.318	7.63%	108.883
7.72%	24.808	7.72%	45.745	7.72%	108.112
7.80%	24.952	7.80%	46.605	7.80%	107.856
7.89%	25.239	7.89%	46.032	7.89%	106.572
7.97%	24.952	7.97%	45.888	7.97%	106.828
8.06%	25.095	8.06%	46.462	8.06%	107.342
8.14%	24.952	8.14%	46.032	8.14%	107.342
8.23%	25.095	8.23%	45.888	8.23%	107.342
8.31%	25.095	8.31%	45.888	8.31%	106.572
8.40%	25.525	8.40%	45.888	8.40%	106.828
8.48%	25.239	8.48%	46.462	8.48%	106.058
8.57%	25.669	8.57%	46.032	8.57%	106.572
8.65%	25.669	8.65%	46.032	8.65%	106.828
8.73%	25.095	8.73%	46.032	8.73%	106.572
8.82%	25.669	8.82%	45.745	8.82%	106.058
8.90%	25.525	8.90%	45.315	8.90%	105.031
8.99%	25.239	8.99%	45.745	8.99%	105.288
9.07%	25.669	9.07%	46.032	9.07%	106.315
9.16%	25.239	9.16%	46.032	9.16%	105.288
9.24%	25.669	9.24%	46.318	9.24%	105.544
9.33%	25.239	9.33%	46.318	9.33%	106.315
9.41%	25.095	9.41%	45.745	9.41%	106.315
9.50%	25.239	9.50%	45.745	9.50%	106.572
9.58%	25.239	9.58%	45.888	9.58%	106.058
9.67%	24.808	9.67%	45.745	9.67%	106.572
9.75%	24.952	9.75%	45.315	9.75%	105.544
9.84%	25.525	9.84%	45.171	9.84%	106.828
9.92%	24.952	9.92%	45.171	9.92%	106.828
10.01%	25.239	10.01%	45.028	10.01%	106.058

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 c1	
			Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLÉN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

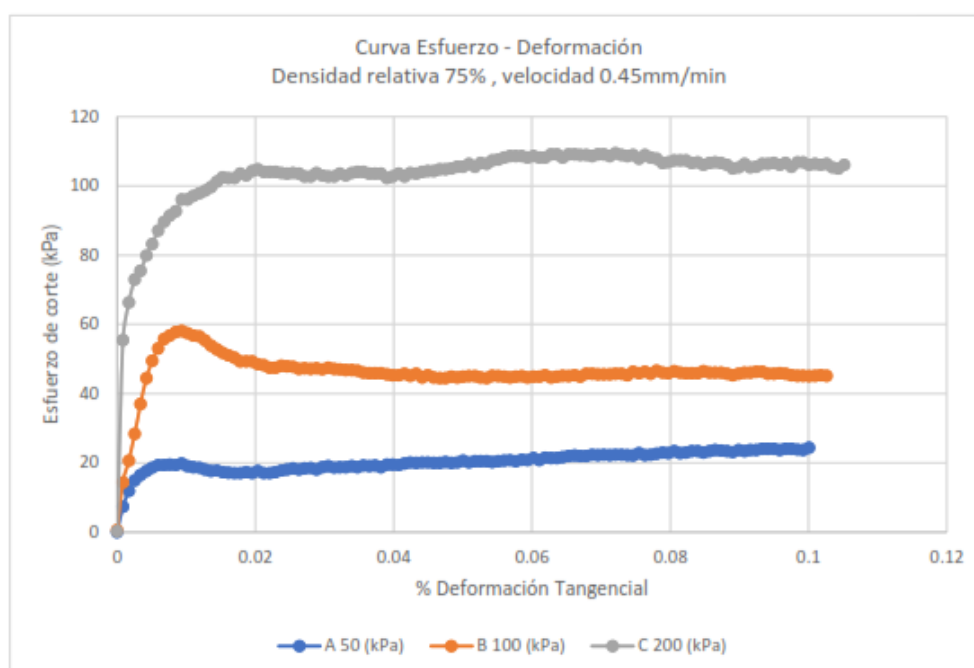
DENSIDAD RELATIVA

75%

Velocidad de corte

0.45

mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	25.67
B 100	58.08
C 200	109.40

ANEXO 6

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 85% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.45
MM/MIN VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA**

C-1

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C2	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

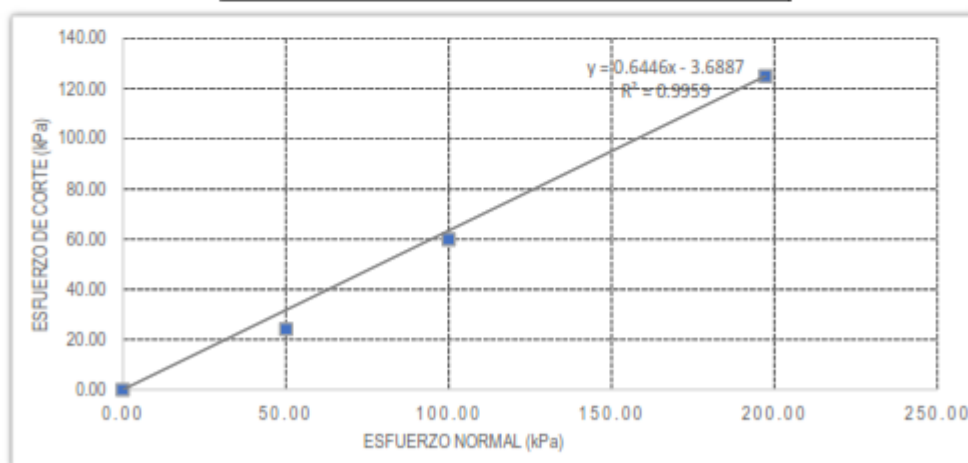
CAJA DE CORTE 01

ALTURA	18	mm
AREA	3578.4	
VOLUMEN	64.412	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	85%	
DENSIDAD	1.83	g/cm ³
PESO DEL SUELO	118.1	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%
Código	2023 C2
Velocidad de corte	0.45 mm/min
SUCS	SM
LL	22
LP	19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	50.00	24.12	87.97
36.39	100.00	59.98	218.81
72.39	197.26	124.98	455.89



RESULTADOS		
Pendiente:	0.64457	
Cohesión (kPa) :	0.00	
Angulo de fricción:	32.8	

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO	2023 C2	
		Versión:	01
		Página:	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171	F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA:	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO:	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION:	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN:	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA	85%	Velocidad de corte	0.45	mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.1419	0.00%	0.1759	0.00%	0.7094
0.08%	7.5195	0.08%	17.2410	0.08%	18.4441
0.17%	10.7827	0.17%	24.2781	0.17%	26.3893
0.25%	15.4647	0.25%	35.0098	0.25%	31.9225
0.34%	20.0048	0.34%	45.5655	0.34%	38.0233
0.42%	22.4167	0.42%	52.4267	0.42%	43.8403
0.51%	23.4099	0.51%	56.1212	0.51%	63.9869
0.59%	24.1192	0.59%	59.1120	0.59%	74.4859
0.68%	23.8355	0.68%	59.4639	0.68%	85.5524
0.76%	23.9774	0.76%	59.8157	0.76%	93.0719
0.85%	23.8355	0.85%	59.9916	0.85%	101.4427
0.93%	23.1261	0.93%	59.6398	0.93%	107.8272
1.02%	22.5586	1.02%	58.5842	1.02%	112.6510
1.10%	21.8492	1.10%	58.5842	1.10%	116.4817
1.19%	20.9979	1.19%	58.2324	1.19%	118.8937
1.27%	20.5723	1.27%	57.7046	1.27%	121.3056
1.36%	20.5723	1.36%	57.0009	1.36%	122.7244
1.44%	19.7210	1.44%	56.8249	1.44%	124.7107
1.53%	19.5791	1.53%	56.4731	1.53%	124.9944
1.61%	19.1535	1.61%	55.2416	1.61%	124.9944
1.70%	19.0116	1.70%	54.3619	1.70%	124.7107
1.78%	19.2954	1.78%	54.1860	1.78%	124.2850
1.87%	18.4441	1.87%	53.8341	1.87%	124.0013
1.95%	18.3022	1.95%	53.3064	1.95%	123.1500
2.04%	18.1604	2.04%	53.4823	2.04%	121.7312
2.12%	17.8766	2.12%	51.7230	2.12%	119.7449
2.20%	17.8766	2.20%	51.1952	2.20%	118.4680
2.29%	18.1604	2.29%	51.0193	2.29%	116.9074
2.37%	17.5929	2.37%	50.6674	2.37%	115.6305
2.46%	17.4510	2.46%	50.8434	2.46%	114.2117
2.54%	17.7347	2.54%	49.9637	2.54%	114.2117
2.63%	17.1672	2.63%	49.9637	2.63%	112.7929
2.71%	16.4578	2.71%	49.4359	2.71%	111.5160
2.80%	17.4510	2.80%	49.0841	2.80%	110.5229
2.88%	17.0253	2.88%	48.5563	2.88%	110.3810
2.97%	17.1672	2.97%	48.5563	2.97%	109.9554
3.05%	16.7416	3.05%	48.5563	3.05%	108.5366

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
NORMA: NTP 339.171		F.emisión:	07/09/2023	
PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA				
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	16.8835	3.14%	48.9081	3.14%	108.3947
3.22%	16.7416	3.22%	48.3804	3.22%	108.2528
3.31%	16.7416	3.31%	48.3804	3.31%	107.8272
3.39%	16.4578	3.39%	48.0285	3.39%	107.1178
3.48%	16.3160	3.48%	48.3804	3.48%	106.9759
3.56%	16.1741	3.56%	48.2044	3.56%	106.2665
3.65%	16.1741	3.65%	48.2044	3.65%	106.5503
3.73%	16.3160	3.73%	47.5007	3.73%	106.2665
3.82%	15.6066	3.82%	47.5007	3.82%	106.4084
3.90%	16.1741	3.90%	47.3248	3.90%	106.4084
3.99%	15.7484	3.99%	47.3248	3.99%	106.8341
4.07%	16.0322	4.07%	47.1489	4.07%	106.4084
4.16%	15.4647	4.16%	46.6211	4.16%	106.1247
4.24%	16.0322	4.24%	46.2692	4.24%	105.5572
4.32%	15.6066	4.32%	47.3248	4.32%	105.6990
4.41%	15.4647	4.41%	46.4451	4.41%	105.4153
4.49%	14.8972	4.49%	46.2692	4.49%	105.1315
4.58%	15.6066	4.58%	46.2692	4.58%	105.1315
4.66%	15.4647	4.66%	45.9174	4.66%	105.6990
4.75%	15.6066	4.75%	45.9174	4.75%	105.4153
4.83%	15.3228	4.83%	45.5655	4.83%	105.5572
4.92%	15.4647	4.92%	45.7414	4.92%	105.8409
5.00%	15.4647	5.00%	46.2692	5.00%	105.8409
5.09%	14.8972	5.09%	45.5655	5.09%	105.5572
5.17%	15.6066	5.17%	45.9174	5.17%	105.4153
5.26%	15.6066	5.26%	45.7414	5.26%	105.1315
5.34%	15.0391	5.34%	45.7414	5.34%	105.1315
5.43%	15.4647	5.43%	45.5655	5.43%	105.1315
5.51%	15.0391	5.51%	45.5655	5.51%	105.1315
5.60%	15.0391	5.60%	46.4451	5.60%	105.1315
5.68%	15.4647	5.68%	45.7414	5.68%	104.9896
5.77%	15.4647	5.77%	45.3896	5.77%	104.8478
5.85%	15.3228	5.85%	45.5655	5.85%	104.8478
5.94%	15.0391	5.94%	45.0377	5.94%	104.7059
6.02%	14.7553	6.02%	44.6859	6.02%	104.7059
6.11%	15.0391	6.11%	44.5099	6.11%	104.1384
6.19%	14.8972	6.19%	43.9821	6.19%	104.4221
6.28%	15.0391	6.28%	44.1581	6.28%	103.5709
6.36%	15.6066	6.36%	44.5099	6.36%	104.7059
6.45%	14.8972	6.45%	45.0377	6.45%	104.7059
6.53%	14.6134	6.53%	43.8062	6.53%	104.4221

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANtera:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

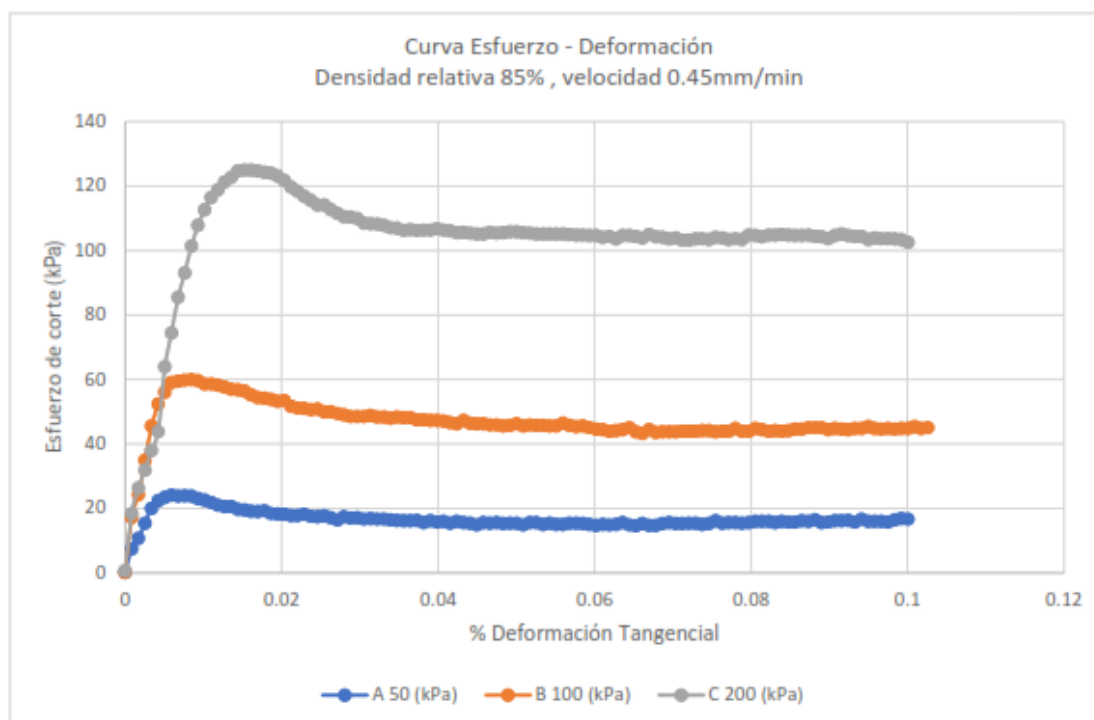
LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	15.323	6.61%	43.278	6.61%	103.996
6.70%	14.755	6.70%	44.510	6.70%	104.990
6.78%	14.755	6.78%	43.630	6.78%	104.280
6.87%	15.323	6.87%	43.806	6.87%	104.138
6.95%	15.607	6.95%	43.806	6.95%	103.571
7.04%	15.323	7.04%	43.806	7.04%	103.996
7.12%	15.323	7.12%	43.982	7.12%	103.287
7.21%	15.465	7.21%	43.982	7.21%	103.287
7.29%	15.465	7.29%	43.982	7.29%	103.571
7.38%	15.039	7.38%	44.158	7.38%	103.713
7.46%	15.323	7.46%	44.158	7.46%	103.429
7.55%	16.174	7.55%	43.806	7.55%	104.138
7.63%	15.465	7.63%	43.982	7.63%	103.996
7.72%	15.607	7.72%	43.982	7.72%	103.429
7.80%	15.607	7.80%	44.862	7.80%	103.713
7.89%	15.465	7.89%	43.982	7.89%	103.429
7.97%	15.607	7.97%	43.982	7.97%	104.848
8.06%	16.032	8.06%	44.862	8.06%	104.706
8.14%	16.032	8.14%	44.510	8.14%	104.280
8.23%	16.032	8.23%	43.982	8.23%	104.848
8.31%	15.607	8.31%	44.158	8.31%	104.848
8.40%	16.032	8.40%	43.982	8.40%	104.990
8.48%	15.748	8.48%	44.158	8.48%	104.848
8.57%	15.748	8.57%	44.686	8.57%	104.706
8.65%	16.174	8.65%	44.686	8.65%	104.706
8.73%	16.032	8.73%	45.038	8.73%	104.848
8.82%	16.458	8.82%	45.038	8.82%	104.422
8.90%	15.607	8.90%	45.038	8.90%	104.280
8.99%	15.748	8.99%	44.510	8.99%	103.713
9.07%	16.174	9.07%	44.862	9.07%	104.706
9.16%	16.174	9.16%	44.686	9.16%	105.132
9.24%	16.316	9.24%	44.510	9.24%	104.706
9.33%	15.748	9.33%	44.862	9.33%	104.422
9.41%	16.742	9.41%	44.862	9.41%	104.422
9.50%	16.032	9.50%	45.390	9.50%	103.429
9.58%	16.032	9.58%	44.862	9.58%	103.996
9.67%	16.032	9.67%	44.686	9.67%	103.713
9.75%	15.748	9.75%	44.862	9.75%	103.713
9.84%	16.458	9.84%	44.686	9.84%	103.571
9.92%	16.883	9.92%	44.862	9.92%	103.429
10.01%	16.742	10.01%	44.862	10.01%	102.578

	INFORME DE ENSAYO	CÓDIGO DE INFORME	
		2023 C2	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171	Página :	1 de 1
		F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 85%

Velocidad de corte 0.45 mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	24.12
B 100	59.99
C 200	124.99

ANEXO 7

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.45
MM/MIN VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA**

C-1

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C05	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NORMA: NTP 339.171		F. emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

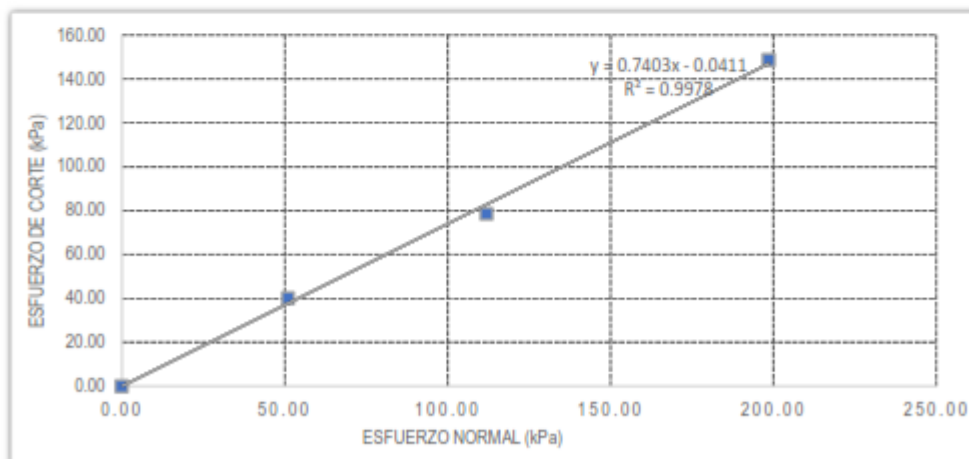
CAJA DE CORTE 01

ALTURA	21.25	mm
AREA	3578.4	mm ²
VOLUMEN	76.042	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	95%	
DENSIDAD	1.87	g/cm ³
PESO DEL SUELO	141.82	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%
Código	2023 C05
Velocidad de corte	0.45 mm/min
SUCS	SM
LL	22
LP	19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00
18.39	51.00	40.13	146.40
36.39	111.90	78.59	286.68
72.39	198.50	148.67	542.31



RESULTADOS		
Pendiente:	0.74035	
Cohesión (kPa):	0.00	
Angulo de fricción:	36.5	

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C05	
			Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de corte

0.45

mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.4554	0.00%	0.4256	0.00%	0.0000
0.08%	13.3592	0.08%	16.0322	0.08%	21.2817
0.17%	20.9497	0.17%	23.1261	0.17%	32.4900
0.25%	28.5402	0.25%	28.2337	0.25%	41.7121
0.34%	35.0680	0.34%	33.4832	0.34%	49.3735
0.42%	39.3186	0.42%	38.1652	0.42%	56.7512
0.51%	40.1345	0.51%	42.7052	0.51%	63.2775
0.59%	40.1025	0.59%	47.6710	0.59%	80.7285
0.68%	39.9259	0.68%	56.0418	0.68%	95.4838
0.76%	38.4078	0.76%	60.8656	0.76%	107.8272
0.85%	36.4342	0.85%	65.4057	0.85%	118.4680
0.93%	35.5234	0.93%	68.9527	0.93%	126.8388
1.02%	34.0053	1.02%	72.2158	1.02%	133.3652
1.10%	32.6390	1.10%	73.9184	1.10%	138.4728
1.19%	32.0318	1.19%	76.0466	1.19%	142.5873
1.27%	31.5763	1.27%	76.6141	1.27%	145.1411
1.36%	30.5137	1.36%	77.8910	1.36%	147.2693
1.44%	30.3619	1.44%	77.8910	1.44%	148.1205
1.53%	30.2101	1.53%	78.5916	1.53%	148.6714
1.61%	29.2992	1.61%	77.8910	1.61%	148.2624
1.70%	28.9956	1.70%	77.1816	1.70%	147.4111
1.78%	28.6920	1.78%	77.3235	1.78%	146.7017
1.87%	27.7811	1.87%	76.3303	1.87%	145.1411
1.95%	27.0221	1.95%	74.6278	1.95%	142.7292
2.04%	26.7184	2.04%	74.2021	2.04%	140.3172
2.12%	27.0221	2.12%	72.7834	2.12%	138.4728
2.20%	26.5666	2.20%	71.6483	2.20%	136.2028
2.29%	26.4148	2.29%	69.9458	2.29%	134.5002
2.37%	25.8076	2.37%	69.2364	2.37%	132.5140
2.46%	25.6558	2.46%	67.8176	2.46%	130.3858
2.54%	24.8967	2.54%	67.5339	2.54%	128.9670
2.63%	24.7449	2.63%	66.5407	2.63%	127.8320
2.71%	23.5304	2.71%	66.1151	2.71%	126.2713
2.80%	23.9859	2.80%	65.4057	2.80%	125.2782
2.88%	24.2895	2.88%	64.6963	2.88%	124.1432
2.97%	23.9859	2.97%	63.9869	2.97%	123.4338
3.05%	23.9859	3.05%	63.8451	3.05%	122.5825

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C05	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
PROYECTO:		TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	23.6823	3.14%	63.1357	3.14%	121.8731
3.22%	23.5304	3.22%	62.9938	3.22%	121.4475
3.31%	23.5304	3.31%	62.8519	3.31%	120.0287
3.39%	23.2268	3.39%	62.4263	3.39%	119.1774
3.48%	22.6196	3.48%	61.7169	3.48%	119.1774
3.56%	22.4678	3.56%	62.1425	3.56%	118.8937
3.65%	22.4678	3.65%	61.5750	3.65%	117.4749
3.73%	22.4678	3.73%	60.8656	3.73%	117.6168
3.82%	21.8605	3.82%	60.7237	3.82%	117.0493
3.90%	21.7087	3.90%	60.4400	3.90%	115.7724
3.99%	21.2533	3.99%	60.1562	3.99%	115.6305
4.07%	21.2533	4.07%	60.2981	4.07%	115.0630
4.16%	21.1015	4.16%	59.7306	4.16%	114.9211
4.24%	21.2533	4.24%	60.0143	4.24%	114.6373
4.32%	20.9497	4.32%	59.3050	4.32%	114.2117
4.41%	20.9497	4.41%	58.8793	4.41%	114.0698
4.49%	21.4051	4.49%	59.3050	4.49%	113.6442
4.58%	20.9497	4.58%	59.0212	4.58%	113.2186
4.66%	21.1015	4.66%	58.8793	4.66%	113.2186
4.75%	21.1015	4.75%	58.8793	4.75%	113.3604
4.83%	20.9497	4.83%	59.3050	4.83%	113.2186
4.92%	20.4943	4.92%	58.8793	4.92%	112.7929
5.00%	20.6461	5.00%	58.8793	5.00%	112.6510
5.09%	21.1015	5.09%	58.8793	5.09%	112.2254
		5.17%	58.7374	5.17%	112.2254
		5.26%	58.1699	5.26%	111.3741
		5.34%	58.3118	5.34%	111.3741
		5.43%	58.0281	5.43%	111.3741
		5.51%	57.6024	5.51%	111.5160
		5.60%	57.4605	5.60%	111.5160
		5.68%	57.3187	5.68%	111.0904
		5.77%	57.3187	5.77%	110.5229
		5.85%	57.6024	5.85%	110.3810
		5.94%	57.1768	5.94%	110.0972
		6.02%	56.7512	6.02%	110.3810
		6.11%	56.7512	6.11%	109.9554
		6.19%	56.6093	6.19%	110.0972
		6.28%	56.8930	6.28%	110.0972
		6.36%	56.1836	6.36%	109.3879
		6.45%	56.0418	6.45%	109.8135
		6.53%	56.1836	6.53%	109.9554

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		0	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171	Página :	1 de 1
		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpeta Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
		6.61%	56.609	6.61%	109.104
		6.70%	56.184	6.70%	108.962
		6.78%	55.474	6.78%	108.395
		6.87%	55.758	6.87%	107.969
		6.95%	55.900	6.95%	107.685
		7.04%	55.474	7.04%	107.118
		7.12%	55.758	7.12%	107.543
		7.21%	55.191	7.21%	107.260
		7.29%	55.332	7.29%	106.976
		7.38%	55.049	7.38%	106.976
		7.46%	54.623	7.46%	106.976
		7.55%	54.339	7.55%	106.550
		7.63%	54.765	7.63%	105.557
		7.72%	54.765	7.72%	104.706
		7.80%	54.765	7.80%	104.990
		7.89%	54.765	7.89%	104.848
		7.97%	54.765	7.97%	104.422
		8.06%	54.481	8.06%	104.280
		8.14%	54.623	8.14%	104.280
		8.23%	54.055	8.23%	103.996
		8.31%	54.481	8.31%	103.287
		8.40%	54.055	8.40%	103.713
		8.48%	54.481	8.48%	103.429
		8.57%	54.623	8.57%	103.287
		8.65%	54.481	8.65%	103.713
		8.73%	54.339	8.73%	102.578
		8.82%	53.914	8.82%	102.861
		8.90%	54.481	8.90%	102.720
		8.99%	54.339	8.99%	102.720
		9.07%	54.623	9.07%	102.720
		9.16%	54.055	9.16%	102.152
		9.24%	53.914	9.24%	102.152
		9.33%	54.339	9.33%	102.578
		9.41%	54.055	9.41%	102.720
		9.50%	53.630	9.50%	102.294
		9.58%	53.772	9.58%	103.287
		9.67%	53.772	9.67%	103.287
		9.75%	55.900	9.75%	103.429
		9.84%	55.758	9.84%	103.996
		9.92%	56.184	9.92%	102.861
		10.01%	55.332	10.01%	102.720

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C05	
	NORMA: NTP 339.171		Versión:	01
PROYECTO: UBICACIÓN: CANTERA: EJECUTADO POR:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		Página :	1 de 1
	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	F. emisión:	07/09/2023
	Propiedad Privada	F. MUESTREO :		
	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :		
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :		Lab. Mec. Suelos UCSM

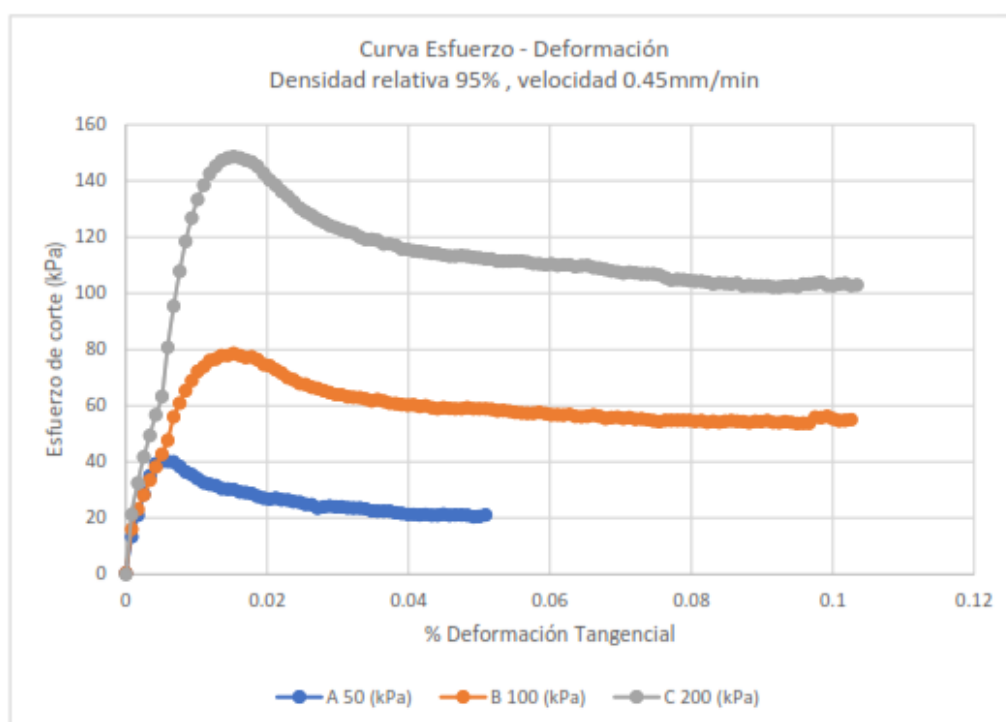
DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de corte

0.45

mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	40.13
B 100	78.59
C 200	148.67

ANEXO 8

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 1.00
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 c03	
			Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

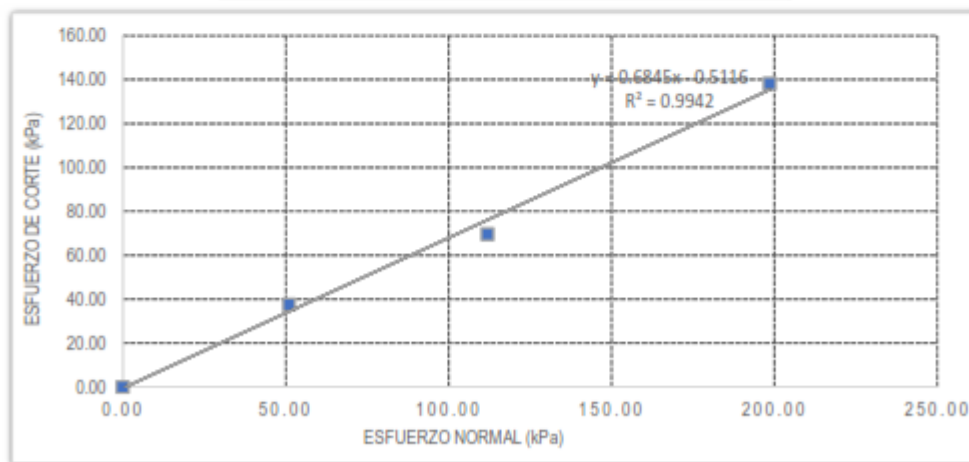
CAJA DE CORTE 02

ALTURA	21.5	mm
AREA	3600	mm ²
VOLUMEN	77.4	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	95%	
DENSIDAD	1.87	g/cm ³
PESO DEL SUELO	144.35	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%	
Código	2023 c03	
Velocidad de corte	1.00	mm/min
SUCS	SM	
LL	22	
LP	19	

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	37.51	137.65
36.39	111.90	69.61	255.43
72.39	198.50	138.20	507.17



RESULTADOS			
Pendiente:	0.68446		
Cohesión (kPa):	0.00		
Angulo de fricción:	34.4		

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		2023 c03	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
		Página :	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171	F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 1.00 mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.4230	0.00%	0.0000	0.00%	0.4653
0.08%	12.4090	0.08%	15.3561	0.08%	22.6463
0.17%	19.4595	0.17%	22.6463	0.17%	49.0154
0.25%	26.5100	0.25%	29.3162	0.25%	70.5759
0.34%	32.5735	0.34%	40.0189	0.34%	86.5525
0.42%	36.5218	0.42%	48.0847	0.42%	98.1859
0.51%	37.5089	0.51%	55.9954	0.51%	108.2681
0.59%	37.3679	0.59%	59.7181	0.59%	115.5584
0.68%	37.0859	0.68%	63.5959	0.68%	121.4527
0.76%	35.6757	0.76%	65.9226	0.76%	125.7958
0.85%	33.8426	0.85%	67.3186	0.85%	129.5185
0.93%	32.9965	0.93%	68.4044	0.93%	133.0861
1.02%	31.5864	1.02%	69.6053	1.02%	134.9474
1.10%	30.3173	1.10%	69.0248	1.10%	137.1190
1.19%	29.7533	1.19%	68.7146	1.19%	137.2741
1.27%	29.3303	1.27%	68.7146	1.27%	137.7394
1.36%	28.3432	1.36%	68.0941	1.36%	138.2047
1.44%	28.2022	1.44%	67.4737	1.44%	138.0496
1.53%	28.0612	1.53%	66.8532	1.53%	137.2741
1.61%	27.2151	1.61%	66.0777	1.61%	136.6536
1.70%	26.9331	1.70%	65.1470	1.70%	135.4127
1.78%	26.6511	1.78%	64.0612	1.78%	134.6372
1.87%	25.8050	1.87%	63.7510	1.87%	133.3963
1.95%	25.0999	1.95%	63.4408	1.95%	131.0696
2.04%	24.8179	2.04%	62.8203	2.04%	129.9838
2.12%	25.0999	2.12%	62.1999	2.12%	128.4327
2.20%	24.6769	2.20%	62.0448	2.20%	127.1918
2.29%	24.5359	2.29%	61.1141	2.29%	125.0202
2.37%	23.9718	2.37%	60.1834	2.37%	123.4691
2.46%	23.8308	2.46%	59.5630	2.46%	122.5384
2.54%	23.1258	2.54%	58.9425	2.54%	121.4527
2.63%	22.9848	2.63%	58.7874	2.63%	120.8322
2.71%	21.8567	2.71%	58.3221	2.71%	119.5913
2.80%	22.2797	2.80%	57.8568	2.80%	118.5055
2.88%	22.5617	2.88%	57.2363	2.88%	117.8851
2.97%	22.2797	2.97%	57.0812	2.97%	116.7993
3.05%	22.2797	3.05%	56.3056	3.05%	115.4033

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO	2023 c03	
		Norma:	NTP 339.171

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	21.9977	3.14%	55.6852	3.14%	114.6277
3.22%	21.8567	3.22%	55.0647	3.22%	114.4726
3.31%	21.8567	3.31%	54.9096	3.31%	113.8522
3.39%	21.5747	3.39%	55.0647	3.39%	113.6971
3.48%	21.0106	3.48%	54.4443	3.48%	112.4562
3.56%	20.8696	3.56%	54.1341	3.56%	112.4562
3.65%	20.8696	3.65%	54.2892	3.65%	112.1459
3.73%	20.8696	3.73%	53.9790	3.73%	112.4562
3.82%	20.3056	3.82%	53.5136	3.82%	112.1459
3.90%	20.1646	3.90%	53.5136	3.90%	111.6806
3.99%	19.7415	3.99%	53.2034	3.99%	111.6806
4.07%	19.7415	4.07%	52.4278	4.07%	111.6806
4.16%	19.6005	4.16%	52.5830	4.16%	111.8357
4.24%	19.7415	4.24%	52.5830	4.24%	111.5255
4.32%	19.4595	4.32%	52.8932	4.32%	110.2846
4.41%	19.4595	4.41%	53.3585	4.41%	110.7499
4.49%	19.8825	4.49%	52.7381	4.49%	110.9050
4.58%	19.4595	4.58%	52.7381	4.58%	110.2846
4.66%	19.6005	4.66%	53.3585	4.66%	110.1295
4.75%	19.6005	4.75%	53.3585	4.75%	109.8193
4.83%	19.4595	4.83%	53.5136	4.83%	107.9579
4.92%	19.0365	4.92%	53.2034	4.92%	108.2681
5.00%	19.1775	5.00%	53.5136	5.00%	108.4233
5.09%	19.6005	5.09%	53.3585	5.09%	107.8028
5.17%	20.1401	5.17%	52.8932	5.17%	107.4926
5.26%	20.4685	5.26%	53.3585	5.26%	106.8721
5.34%	20.5205	5.34%	53.3585	5.34%	106.4068
5.43%	19.4862	5.43%	51.9625	5.43%	105.3210
5.51%	20.3679	5.51%	52.4278	5.51%	105.1659
5.60%	20.3328	5.60%	52.8932	5.60%	105.1659
5.68%	20.2952	5.68%	52.7381	5.68%	104.5455
5.77%	20.1247	5.77%	53.5136	5.77%	104.0801
5.85%	20.2722	5.85%	53.2034	5.85%	103.6148
5.94%	19.8202	5.94%	52.7381	5.94%	104.0801
6.02%	20.3359	6.02%	53.3585	6.02%	104.0801
6.11%	19.9985	6.11%	53.9790	6.11%	104.5455
6.19%	19.2672	6.19%	53.9790	6.19%	104.0801
6.28%	19.4736	6.28%	53.5136	6.28%	104.3903
6.36%	20.0645	6.36%	53.5136	6.36%	103.6148
6.45%	20.7591	6.45%	53.3585	6.45%	102.8392
6.53%	19.8799	6.53%	52.8932	6.53%	103.6148

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

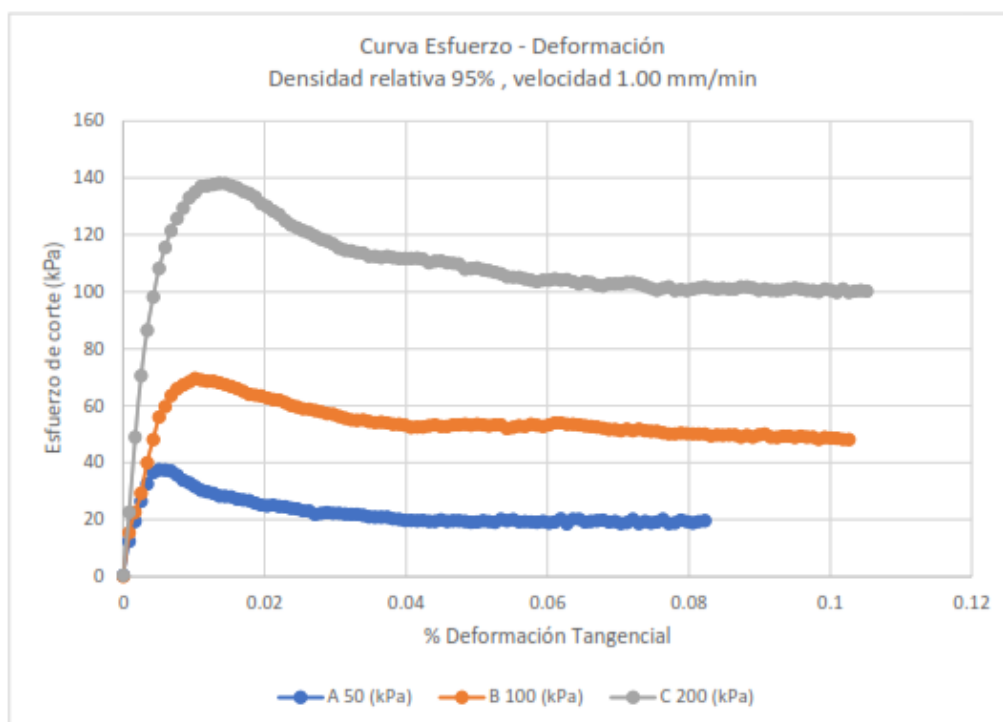
Lab. Mec. Suelos UCSM

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	20.234	6.61%	52.738	6.61%	103.305
6.70%	20.588	6.70%	52.583	6.70%	102.374
6.78%	20.303	6.78%	52.118	6.78%	102.064
6.87%	20.601	6.87%	51.652	6.87%	102.839
6.95%	19.623	6.95%	51.652	6.95%	102.839
7.04%	19.887	7.04%	51.342	7.04%	102.839
7.12%	19.260	7.12%	51.807	7.12%	103.305
7.21%	20.620	7.21%	51.187	7.21%	103.305
7.29%	19.340	7.29%	51.807	7.29%	102.839
7.38%	20.293	7.38%	51.342	7.38%	102.064
7.46%	19.666	7.46%	51.032	7.46%	101.288
7.55%	20.080	7.55%	51.032	7.55%	100.668
7.63%	20.481	7.63%	50.566	7.63%	101.288
7.72%	19.861	7.72%	50.101	7.72%	101.753
7.80%	20.960	7.80%	50.101	7.80%	100.513
7.89%	21.012	7.89%	50.411	7.89%	100.823
7.97%	20.042	7.97%	50.256	7.97%	100.513
8.06%	19.223	8.06%	50.101	8.06%	100.978
8.14%	19.125	8.14%	50.101	8.14%	101.443
8.23%	20.689	8.23%	50.101	8.23%	101.753
		8.31%	49.481	8.31%	101.288
		8.40%	49.791	8.40%	100.978
		8.48%	49.636	8.48%	101.288
		8.57%	49.791	8.57%	100.978
		8.65%	49.791	8.65%	100.978
		8.73%	49.015	8.73%	101.753
		8.82%	49.636	8.82%	101.753
		8.90%	49.015	8.90%	101.443
		8.99%	49.791	8.99%	100.668
		9.07%	50.101	9.07%	100.978
		9.16%	49.015	9.16%	100.668
		9.24%	48.860	9.24%	100.513
		9.33%	49.326	9.33%	100.668
		9.41%	49.326	9.41%	100.978
		9.50%	48.860	9.50%	101.443
		9.58%	49.326	9.58%	100.978
		9.67%	49.015	9.67%	100.668
		9.75%	49.015	9.75%	100.513
		9.84%	48.240	9.84%	100.047
		9.92%	48.860	9.92%	100.978
		10.01%	48.705	10.01%	100.668

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 c03	
	NORMA: NTP 339.171		Versión:	01
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		Página :	1 de 1
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	F. MUESTREO :	10/07/2023
CANTERA:	Propiedad Privada	F. EJECUCION :	F. emisión:	07/09/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair			

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 1.00 mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx(kPa)
A 50	37.51
B 100	69.61
C 200	138.20

ANEXO 9

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.80
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C04	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN:	Lab. Mec. Suelos UCSM	

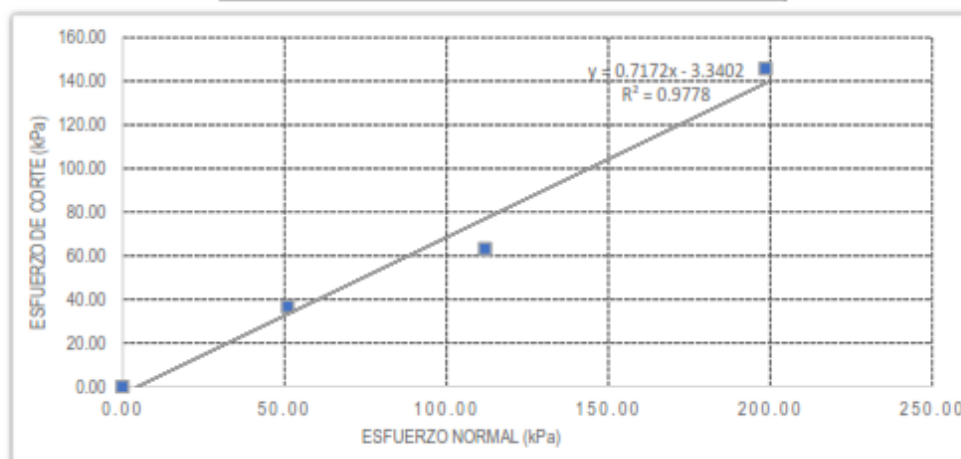
CAJA DE CORTE 01

ALTURA	21.25	mm
AREA	3578.4	mm ²
VOLUMEN	76.042	cm ³
DENSIDAD RELATIVA		95%
DENSIDAD	1.87	g/cm ³
PESO DEL SUELO	141.82	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%
Código	2023 C04
Velocidad de corte	0.80 mm/min
SUCS	SM
LL	22
LP	19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	36.75	134.04
36.39	111.90	63.28	230.82
72.39	198.50	145.81	531.86



RESULTADOS			
Pendiente:	0.71718		
Cohesión (kPa):	0.00		
Angulo de fricción:	35.6		

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		2023 C04	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
		Página :	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171	F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA	95%

Velocidad de corte	0.80	mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.7094	0.00%	0.0000	0.00%	0.4256
0.08%	9.0800	0.08%	14.0456	0.08%	20.9974
0.17%	14.8968	0.17%	20.7137	0.17%	49.3723
0.25%	21.9905	0.25%	26.8143	0.25%	68.0998
0.34%	26.9562	0.34%	36.6036	0.34%	82.2872
0.42%	30.3611	0.42%	43.9811	0.42%	93.4953
0.51%	33.1986	0.51%	51.2167	0.51%	103.5684
0.59%	34.6174	0.59%	54.6217	0.59%	113.9252
0.68%	35.6105	0.68%	58.1685	0.68%	121.8702
0.76%	36.3199	0.76%	60.2967	0.76%	126.9777
0.85%	36.3199	0.85%	61.5735	0.85%	132.0851
0.93%	36.7455	0.93%	62.5666	0.93%	136.3414
1.02%	36.7455	1.02%	63.2760	1.02%	140.4557
1.10%	35.8942	1.10%	63.1341	1.10%	143.1513
1.19%	35.1849	1.19%	62.8504	1.19%	145.5632
1.27%	34.7592	1.27%	62.8504	1.27%	145.8052
1.36%	33.7661	1.36%	62.2829	1.36%	145.7452
1.44%	33.1986	1.44%	61.7154	1.44%	145.4213
1.53%	32.6311	1.53%	61.1479	1.53%	144.5701
1.61%	32.3474	1.61%	60.4385	1.61%	144.4282
1.70%	32.3474	1.70%	59.5873	1.70%	142.3001
1.78%	31.6380	1.78%	58.5942	1.78%	140.3139
1.87%	30.5030	1.87%	58.3104	1.87%	138.7532
1.95%	29.7936	1.95%	58.0267	1.95%	136.3414
2.04%	29.7936	2.04%	57.4592	2.04%	133.3620
2.12%	29.7936	2.12%	56.8917	2.12%	131.3758
2.20%	29.6518	2.20%	56.7498	2.20%	129.8151
2.29%	29.6518	2.29%	55.8985	2.29%	127.8289
2.37%	28.9424	2.37%	55.0473	2.37%	126.1264
2.46%	27.5236	2.46%	54.4798	2.46%	123.9983
2.54%	27.3818	2.54%	53.9123	2.54%	122.5796
2.63%	27.6655	2.63%	53.7704	2.63%	122.0121
2.71%	27.3818	2.71%	53.3448	2.71%	121.1608
2.80%	26.6724	2.80%	52.9192	2.80%	119.7421
2.88%	25.9630	2.88%	52.3517	2.88%	119.6002
2.97%	26.1049	2.97%	52.2098	2.97%	117.8977
3.05%	25.6793	3.05%	51.5004	3.05%	117.1883

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	25.2537	3.14%	50.9329	3.14%	116.9046
3.22%	24.8280	3.22%	50.3654	3.22%	116.9046
3.31%	24.8280	3.31%	50.2236	3.31%	116.0533
3.39%	24.2605	3.39%	50.3654	3.39%	115.6277
3.48%	24.5443	3.48%	49.7979	3.48%	115.3440
3.56%	24.1187	3.56%	49.5142	3.56%	114.2090
3.65%	24.5443	3.65%	49.6561	3.65%	113.6415
3.73%	23.8349	3.73%	49.3723	3.73%	114.3508
3.82%	23.2674	3.82%	48.9467	3.82%	113.4996
3.90%	23.1255	3.90%	48.9467	3.90%	112.6483
3.99%	22.6999	3.99%	48.6629	3.99%	112.7902
4.07%	22.4162	4.07%	47.9536	4.07%	112.0808
4.16%	22.5580	4.16%	48.0954	4.16%	112.0808
4.24%	21.9905	4.24%	48.0954	4.24%	112.2227
4.32%	21.9905	4.32%	48.3792	4.32%	112.5065
4.41%	21.4230	4.41%	48.8048	4.41%	111.3715
4.49%	21.7068	4.49%	48.2373	4.49%	111.7971
4.58%	21.1393	4.58%	48.2373	4.58%	111.0877
4.66%	20.9974	4.66%	48.8048	4.66%	111.0877
4.75%	20.5718	4.75%	48.8048	4.75%	111.5133
4.83%	20.4299	4.83%	48.9467	4.83%	110.8040
4.92%	20.4299	4.92%	48.6629	4.92%	110.3783
5.00%	20.9974	5.00%	48.9467	5.00%	110.3783
5.09%	20.5718	5.09%	48.8048	5.09%	110.0946
5.17%	20.5718	5.17%	48.3792	5.17%	109.9527
5.26%	20.7137	5.26%	48.8048	5.26%	109.9527
5.34%	20.7137	5.34%	48.8048	5.34%	109.6690
5.43%	20.4299	5.43%	47.5280	5.43%	109.6690
5.51%	20.4299	5.51%	47.9536	5.51%	109.2433
5.60%	20.7137	5.60%	48.3792	5.60%	109.6690
5.68%	19.8624	5.68%	48.2373	5.68%	109.1015
5.77%	19.7206	5.77%	48.9467	5.77%	108.5340
5.85%	19.8624	5.85%	48.6629	5.85%	108.6759
5.94%	20.0043	5.94%	48.2373	5.94%	109.8108
6.02%	20.2881	6.02%	48.8048	6.02%	109.9527
6.11%	19.5787	6.11%	49.3723	6.11%	110.5202
6.19%	19.7206	6.19%	49.3723	6.19%	109.8108
6.28%	19.5787	6.28%	48.9467	6.28%	109.6690
6.36%	19.5787	6.36%	48.9467	6.36%	109.2433
6.45%	19.2949	6.45%	48.8048	6.45%	109.2433
6.53%	19.7206	6.53%	48.3792	6.53%	109.8108

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		0	
	CORTE DIRECTO	Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171	Página :	1 de 1
		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

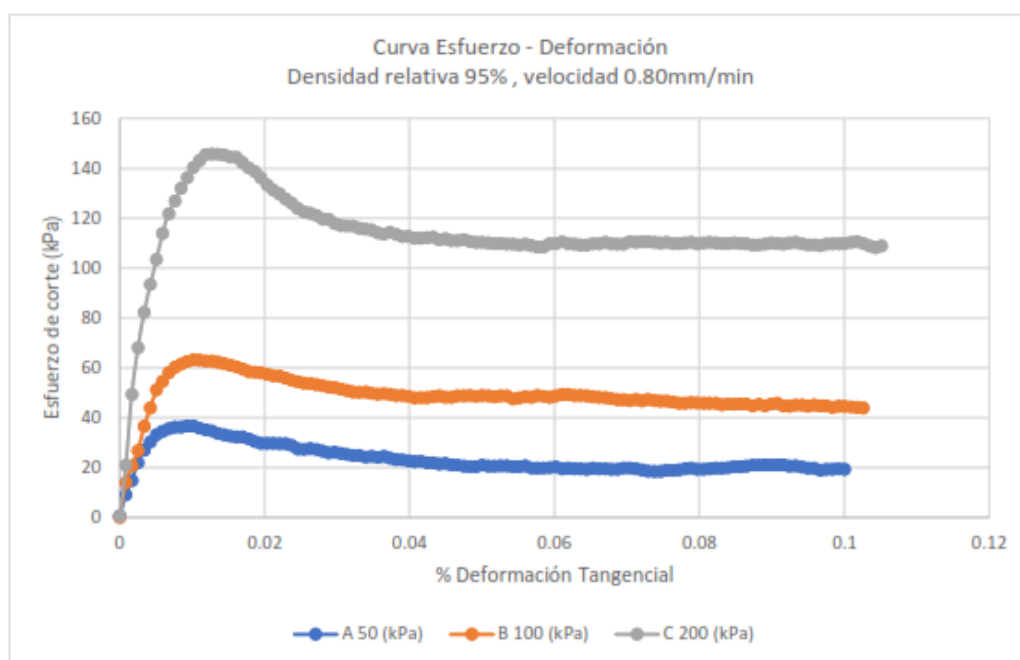
LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	19.579	6.61%	48.237	6.61%	109.811
6.70%	19.579	6.70%	48.095	6.70%	110.378
6.78%	19.295	6.78%	47.670	6.78%	109.811
6.87%	19.295	6.87%	47.244	6.87%	109.669
6.95%	19.862	6.95%	47.244	6.95%	109.669
7.04%	19.862	7.04%	46.960	7.04%	110.662
7.12%	19.579	7.12%	47.386	7.12%	110.378
7.21%	19.153	7.21%	46.819	7.21%	110.662
7.29%	18.586	7.29%	47.386	7.29%	110.662
7.38%	18.444	7.38%	46.960	7.38%	110.378
7.46%	18.444	7.46%	46.677	7.46%	110.095
7.55%	19.011	7.55%	46.677	7.55%	110.378
7.63%	18.869	7.63%	46.251	7.63%	109.953
7.72%	19.153	7.72%	45.825	7.72%	109.953
7.80%	19.579	7.80%	45.825	7.80%	110.095
7.89%	19.862	7.89%	46.109	7.89%	110.378
7.97%	19.295	7.97%	45.967	7.97%	109.811
8.06%	19.295	8.06%	45.825	8.06%	110.095
8.14%	19.579	8.14%	45.825	8.14%	110.378
8.23%	19.721	8.23%	45.825	8.23%	110.095
8.31%	19.721	8.31%	45.258	8.31%	109.953
8.40%	20.004	8.40%	45.542	8.40%	109.953
8.48%	20.430	8.48%	45.400	8.48%	110.095
8.57%	20.430	8.57%	45.542	8.57%	109.953
8.65%	20.572	8.65%	45.542	8.65%	109.811
8.73%	20.997	8.73%	44.832	8.73%	109.243
8.82%	20.997	8.82%	45.400	8.82%	109.385
8.90%	21.139	8.90%	44.832	8.90%	109.669
8.99%	20.997	8.99%	45.542	8.99%	110.095
9.07%	21.139	9.07%	45.825	9.07%	109.953
9.16%	21.139	9.16%	44.832	9.16%	109.669
9.24%	20.572	9.24%	44.690	9.24%	110.095
9.33%	20.714	9.33%	45.116	9.33%	110.378
9.41%	20.288	9.41%	45.116	9.41%	109.811
9.50%	19.721	9.50%	44.690	9.50%	109.385
9.58%	19.721	9.58%	45.116	9.58%	109.385
9.67%	19.011	9.67%	44.832	9.67%	109.101
9.75%	19.295	9.75%	44.832	9.75%	109.669
9.84%	19.295	9.84%	44.123	9.84%	109.811
9.92%	19.579	9.92%	44.690	9.92%	109.811
10.01%	19.295	10.01%	44.549	10.01%	109.953

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C04	
	NORMA: NTP 339.171		Versión:	01
			Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.80 mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	36.75
B 100	63.28
C 200	145.81

ANEXO 10

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.25
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C04	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata, Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

CAJA DE CORTE 01

ALTURA	21.25	mm
AREA	3578.4	mm ²
VOLUMEN	76.042	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	95%	
DENSIDAD	1.87	g/cm ³
PESO DEL SUELO	141.82	g

Especimen remoldeado

Humedad natural 5.50%

Código 2023 C04

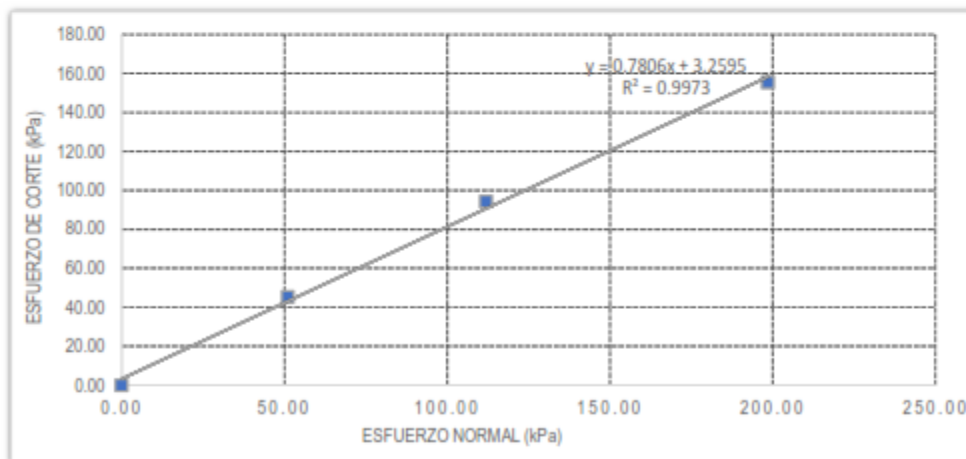
Velocidad de corte 0.25 mm/min

SUCS SM

LL 22

LP 19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	45.26	165.11
36.39	111.90	94.34	344.11
72.39	198.50	155.53	567.35



RESULTADOS			
Pendiente:	0.78057		
Cohesión (kPa) :	0.00		
Angulo de fricción:	38.0		

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C04	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA	95%

Velocidad de corte	0.25	mm/min

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.1410	0.00%	0.0000	0.00%	0.1410
0.08%	10.0118	0.08%	10.9988	0.08%	20.8696
0.17%	14.9472	0.17%	16.0752	0.17%	32.4325
0.25%	18.8955	0.25%	21.9977	0.25%	44.4184
0.34%	21.9977	0.34%	27.2151	0.34%	54.1482
0.42%	25.5230	0.42%	32.2915	0.42%	78.4020
0.51%	29.4713	0.51%	37.0859	0.51%	96.3104
0.59%	33.1376	0.59%	40.8931	0.59%	109.0014
0.68%	36.5218	0.68%	45.2645	0.68%	119.8592
0.76%	38.9190	0.76%	49.4948	0.76%	128.8839
0.85%	40.8931	0.85%	55.5583	0.85%	135.3704
0.93%	42.3033	0.93%	62.8908	0.93%	140.4468
1.02%	44.1364	1.02%	70.5054	1.02%	145.2412
1.10%	44.8415	1.10%	75.1588	1.10%	148.7665
1.19%	44.8415	1.19%	80.5172	1.19%	151.4457
1.27%	45.2645	1.27%	84.3245	1.27%	153.5608
1.36%	45.1235	1.36%	86.7217	1.36%	154.8299
1.44%	44.8415	1.44%	89.2599	1.44%	155.5350
1.53%	44.2774	1.53%	91.0930	1.53%	155.1119
1.61%	44.1364	1.61%	92.5031	1.61%	154.8299
1.70%	43.4313	1.70%	93.6312	1.70%	154.1249
1.78%	43.1493	1.78%	93.9132	1.78%	152.0097
1.87%	42.1622	1.87%	93.9132	1.87%	149.6125
1.95%	41.5982	1.95%	94.3363	1.95%	148.2024
2.04%	37.9319	2.04%	93.4902	2.04%	145.8052
2.12%	39.6241	2.12%	92.3621	2.12%	143.9721
2.20%	38.7780	2.20%	90.6700	2.20%	142.1389
2.29%	38.6370	2.29%	88.8368	2.29%	139.3187
2.37%	37.7909	2.37%	87.2857	2.37%	136.9215
2.46%	37.5089	2.46%	86.5807	2.46%	134.5244
2.54%	37.5089	2.54%	84.3245	2.54%	131.9862
2.63%	37.2269	2.63%	82.9144	2.63%	130.5761
2.71%	36.6628	2.71%	81.0812	2.71%	129.4480
2.80%	36.5218	2.80%	80.0942	2.80%	126.7688
2.88%	36.5218	2.88%	77.6970	2.88%	124.5126
2.97%	35.8168	2.97%	76.1459	2.97%	123.2435
3.05%	34.6887	3.05%	75.1588	3.05%	120.9873

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
PROYECTO:		TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	35.1117	3.14%	73.3256	3.14%	119.5772
3.22%	34.6887	3.22%	67.8262	3.22%	117.7441
3.31%	34.4067	3.31%	69.0953	3.31%	115.7699
3.39%	33.8426	3.39%	67.5442	3.39%	114.2188
3.48%	34.2656	3.48%	67.4032	3.48%	112.8087
3.56%	33.1376	3.56%	65.7111	3.56%	112.5267
3.65%	32.9965	3.65%	65.9931	3.65%	111.1166
3.73%	32.8555	3.73%	65.4290	3.73%	109.7065
3.82%	32.4325	3.82%	64.5830	3.82%	109.0014
3.90%	32.5735	3.90%	64.5830	3.90%	108.0143
3.99%	32.1505	3.99%	63.8779	3.99%	107.1683
4.07%	31.7274	4.07%	63.1729	4.07%	106.3222
4.16%	31.1634	4.16%	62.1858	4.16%	105.0531
4.24%	31.4454	4.24%	61.7628	4.24%	104.4890
4.32%	31.0224	4.32%	59.6476	4.32%	103.3610
4.41%	30.7404	4.41%	59.9296	4.41%	103.5020
4.49%	30.4583	4.49%	60.0706	4.49%	101.6688
4.58%	30.4583	4.58%	59.3656	4.58%	101.6688
4.66%	30.3173	4.66%	59.2246	4.66%	101.2458
4.75%	29.7533	4.75%	59.3656	4.75%	100.8228
4.83%	29.4713	4.83%	60.0706	4.83%	99.4127
4.92%	29.4713	4.92%	59.0836	4.92%	99.2716
5.00%	29.3303	5.00%	59.3656	5.00%	98.7076
5.09%	29.0482	5.09%	59.3656	5.09%	98.4256
5.17%	28.7662	5.17%	59.2246	5.17%	97.8615
5.26%	28.3432	5.26%	60.3526	5.26%	97.7205
5.34%	28.2022	5.34%	59.3656	5.34%	97.1565
5.43%	27.6381	5.43%	59.3656	5.43%	96.0284
5.51%	27.6381	5.51%	59.7886	5.51%	96.0284
5.60%	26.7921	5.60%	60.6347	5.60%	95.7464
5.68%	27.4971	5.68%	60.7757	5.68%	95.0413
5.77%	27.3561	5.77%	61.0577	5.77%	95.3233
5.85%	26.6511	5.85%	60.4937	5.85%	94.3363
5.94%	26.9331	5.94%	59.7886	5.94%	93.6312
6.02%	27.3561	6.02%	59.3656	6.02%	93.2082
6.11%	26.7921	6.11%	58.9425	6.11%	93.2082
6.19%	26.5100	6.19%	58.2375	6.19%	93.0672
6.28%	26.0870	6.28%	58.2375	6.28%	92.7851
6.36%	25.5230	6.36%	58.9425	6.36%	92.3621
6.45%	26.5100	6.45%	58.3785	6.45%	93.2082
6.53%	25.9460	6.53%	59.2246	6.53%	92.9262

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023
PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA				
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	25.946	6.61%	58.520	6.61%	92.926
6.70%	25.805	6.70%	58.378	6.70%	93.067
6.78%	25.382	6.78%	57.250	6.78%	92.503
6.87%	24.818	6.87%	57.532	6.87%	92.080
6.95%	25.100	6.95%	57.814	6.95%	92.503
7.04%	24.818	7.04%	57.250	7.04%	92.503
7.12%	24.677	7.12%	57.955	7.12%	92.080
7.21%	24.677	7.21%	57.955	7.21%	92.221
7.29%	24.818	7.29%	58.237	7.29%	91.798
7.38%	25.100	7.38%	58.378	7.38%	92.080
7.46%	24.536	7.46%	56.545	7.46%	91.657
7.55%	23.831	7.55%	57.532	7.55%	92.080
7.63%	23.972	7.63%	57.814	7.63%	90.811
7.72%	24.818	7.72%	57.532	7.72%	91.093
7.80%	24.677	7.80%	57.532	7.80%	91.093
7.89%	24.818	7.89%	57.532	7.89%	91.093
7.97%	24.536	7.97%	57.250	7.97%	90.388
8.06%	24.395	8.06%	57.532	8.06%	90.388
8.14%	24.677	8.14%	57.814	8.14%	90.388
8.23%	24.536	8.23%	57.673	8.23%	90.388
8.31%	24.677	8.31%	57.250	8.31%	89.542
8.40%	24.395	8.40%	57.955	8.40%	89.683
8.48%	24.536	8.48%	57.955	8.48%	88.978
8.57%	24.677	8.57%	58.237	8.57%	88.978
8.65%	24.677	8.65%	57.532	8.65%	89.260
8.73%	24.677	8.73%	57.673	8.73%	88.978
8.82%	24.536	8.82%	57.814	8.82%	89.401
8.90%	24.113	8.90%	57.250	8.90%	89.542
8.99%	23.831	8.99%	57.955	8.99%	89.401
9.07%	24.536	9.07%	58.237	9.07%	89.542
9.16%	24.395	9.16%	57.814	9.16%	89.260
9.24%	23.831	9.24%	56.968	9.24%	88.837
9.33%	23.690	9.33%	57.673	9.33%	88.978
9.41%	22.562	9.41%	56.404	9.41%	87.850
9.50%	22.703	9.50%	54.430	9.50%	88.273
9.58%	23.267	9.58%	55.135	9.58%	87.568
9.67%	22.703	9.67%	55.558	9.67%	87.286
9.75%	22.703	9.75%	55.558	9.75%	86.722
9.84%	23.267	9.84%	55.417	9.84%	86.158
9.92%	23.126	9.92%	55.840	9.92%	86.158
10.01%	23.267	10.01%	54.994	10.01%	87.286

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C04	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
NORMA: NTP 339.171		F.emisión:	07/09/2023	
PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA				
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

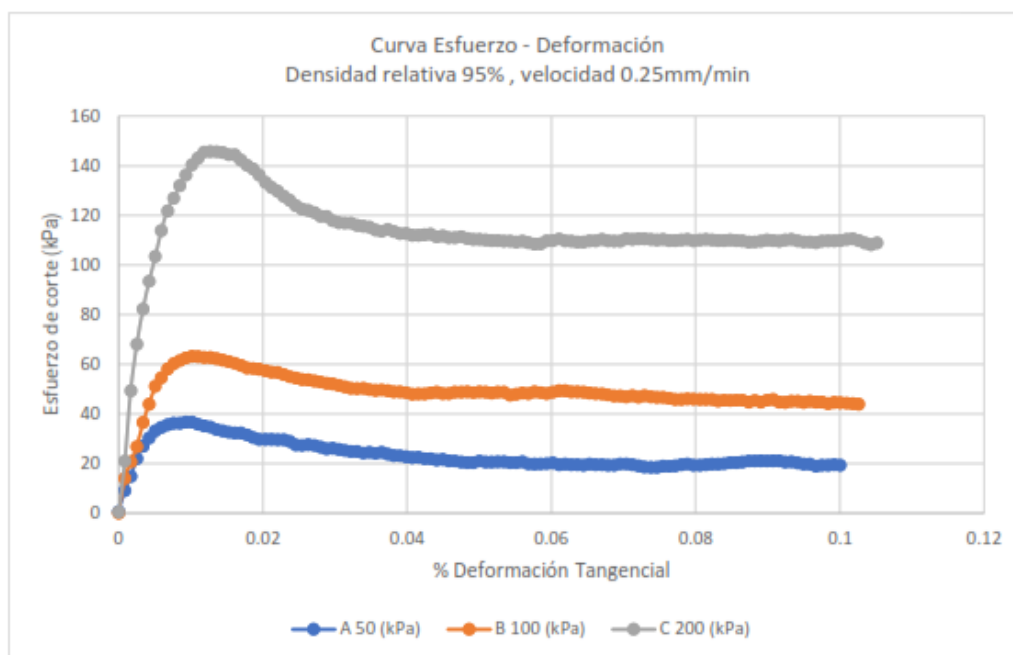
DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de corte

0.25

mm/min



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx (kPa)
A 50	45.26
B 100	94.34
C 200	155.53

ANEXO 11

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA, 0.45
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE Y 4.48 DE COEFICIENTE DE
UNIFORMIDAD EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C05	
			Versión:	01
NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1	
		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

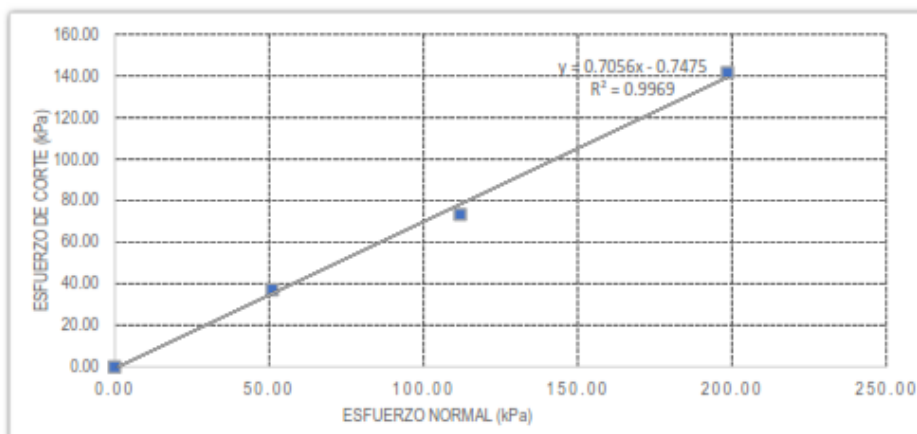
CAJA DE CORTE 01

ALTURA	21.25	mm
AREA	3578.4	mm ²
VOLUMEN	76.042	cm ³
DENSIDAD RELATIVA	95%	
DENSIDAD	1.87	g/cm ³
PESO DEL SUELO	141.82	g

Especimen remoldeado

Humedad natural	5.50%
Código	2023 C05
Velocidad de corte	0.45 mm/min
Cu	4.48
SUCS	SP
LL	22
LP	19

FUERZA NORMAL		FUERZA DE CORTE	
Carga (kN)	Esfuerzo (kPa)	Esfuerzo (kPa)	Carga (kN)
18.39	51.00	37.11	135.38
36.39	111.90	73.30	267.37
72.39	198.50	141.60	516.51



RESULTADOS	
Pendiente:	0.70558
Cohesión (kPa) :	0.00
Angulo de fricción:	35.2

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 C05	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA	95%	Velocidad de corte	0.45	mm/min
		Cu	4.48	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
0.00%	0.7165	0.00%	0.3969	0.00%	0.0000
0.08%	9.1710	0.08%	14.9505	0.08%	20.2689
0.17%	15.0462	0.17%	21.5658	0.17%	30.9438
0.25%	22.2110	0.25%	26.3288	0.25%	39.7270
0.34%	27.2264	0.34%	31.2241	0.34%	47.0238
0.42%	30.6655	0.42%	35.5902	0.42%	54.0504
0.51%	33.5314	0.51%	39.8239	0.51%	60.2662
0.59%	34.9644	0.59%	44.4546	0.59%	76.8867
0.68%	35.9675	0.68%	52.2606	0.68%	90.9397
0.76%	36.6839	0.76%	56.7590	0.76%	102.6957
0.85%	36.6839	0.85%	60.9928	0.85%	112.8301
0.93%	37.1138	0.93%	64.3004	0.93%	120.8026
1.02%	37.1138	1.02%	67.3434	1.02%	127.0184
1.10%	36.2541	1.10%	68.9311	1.10%	131.8829
1.19%	35.5376	1.19%	70.9157	1.19%	135.8016
1.27%	35.1077	1.27%	71.4449	1.27%	138.2338
1.36%	34.1046	1.36%	72.6357	1.36%	140.2607
1.44%	33.5314	1.44%	72.6357	1.44%	141.0715
1.53%	32.9582	1.53%	73.2972	1.53%	141.5961
1.61%	32.6716	1.61%	72.6357	1.61%	141.2066
1.70%	32.6716	1.70%	71.9741	1.70%	140.3958
1.78%	31.9552	1.78%	72.1064	1.78%	139.7202
1.87%	30.8088	1.87%	71.1803	1.87%	138.2338
1.95%	30.0923	1.95%	69.5926	1.95%	135.9367
2.04%	30.0923	2.04%	69.1957	2.04%	133.6395
2.12%	30.0923	2.12%	67.8727	2.12%	131.8829
2.20%	29.9490	2.20%	66.8142	2.20%	129.7209
2.29%	29.9490	2.29%	65.2266	2.29%	128.0994
2.37%	29.2325	2.37%	64.5650	2.37%	126.2076
2.46%	27.7996	2.46%	63.2420	2.46%	124.1807
2.54%	27.6563	2.54%	62.9774	2.54%	122.8295
2.63%	27.9429	2.63%	62.0512	2.63%	121.7485
2.71%	27.6563	2.71%	61.6543	2.71%	120.2621
2.80%	26.9398	2.80%	60.9928	2.80%	119.3162
2.88%	26.2233	2.88%	60.3313	2.88%	118.2352
2.97%	26.3666	2.97%	59.6697	2.97%	117.5596
3.05%	25.9367	3.05%	59.5374	3.05%	116.7488

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página :	1 de 1
PROYECTO:		TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
3.14%	25.5068	3.14%	58.8759	3.14%	116.0732
3.22%	25.0769	3.22%	58.7436	3.22%	115.6678
3.31%	25.0769	3.31%	58.6113	3.31%	114.3165
3.39%	24.5037	3.39%	58.2144	3.39%	113.5058
3.48%	24.7903	3.48%	57.5528	3.48%	113.5058
3.56%	24.3604	3.56%	57.9498	3.56%	113.2355
3.65%	24.7903	3.65%	57.4205	3.65%	111.8843
3.73%	24.0738	3.73%	56.7590	3.73%	112.0194
3.82%	23.5007	3.82%	56.6267	3.82%	111.4789
3.90%	23.3574	3.90%	56.3621	3.90%	110.2628
3.99%	22.9275	3.99%	56.0975	3.99%	110.1276
4.07%	22.6409	4.07%	56.2298	4.07%	109.5871
4.16%	22.7842	4.16%	55.7006	4.16%	109.4520
4.24%	22.2110	4.24%	55.9652	4.24%	109.1817
4.32%	22.2110	4.32%	55.3037	4.32%	108.7764
4.41%	21.6378	4.41%	54.9067	4.41%	108.6412
4.49%	21.9244	4.49%	55.3037	4.49%	108.2359
4.58%	21.3512	4.58%	55.0390	4.58%	107.8305
4.66%	21.2079	4.66%	54.9067	4.66%	107.8305
4.75%	20.7780	4.75%	54.9067	4.75%	107.9656
4.83%	20.6347	4.83%	55.3037	4.83%	107.8305
4.92%	20.6347	4.92%	54.9067	4.92%	107.4251
5.00%	21.2079	5.00%	54.9067	5.00%	107.2900
5.09%	20.7780	5.09%	54.9067	5.09%	106.8846
5.17%	20.7780	5.17%	54.7744	5.17%	106.8846
5.26%	20.9213	5.26%	54.2452	5.26%	106.0739
5.34%	20.9213	5.34%	54.3775	5.34%	106.0739
5.43%	20.6347	5.43%	54.1129	5.43%	106.0739
5.51%	20.6347	5.51%	53.7160	5.51%	106.2090
5.60%	20.9213	5.60%	53.5837	5.60%	106.2090
5.68%	20.0615	5.68%	53.4514	5.68%	105.8036
5.77%	19.9182	5.77%	53.4514	5.77%	105.2631
5.85%	20.0615	5.85%	53.7160	5.85%	105.1280
5.94%	20.2048	5.94%	53.3191	5.94%	104.8577
6.02%	20.4914	6.02%	52.9222	6.02%	105.1280
6.11%	19.7749	6.11%	52.9222	6.11%	104.7226
6.19%	19.9182	6.19%	52.7899	6.19%	104.8577
6.28%	19.7749	6.28%	53.0545	6.28%	104.8577
6.36%	19.7749	6.36%	52.3929	6.36%	104.1821
6.45%	19.4883	6.45%	52.2606	6.45%	104.5875
6.53%	19.9182	6.53%	52.3929	6.53%	104.7226

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			0	
	CORTE DIRECTO		Versión:	01
	NORMA: NTP 339.171		Página:	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

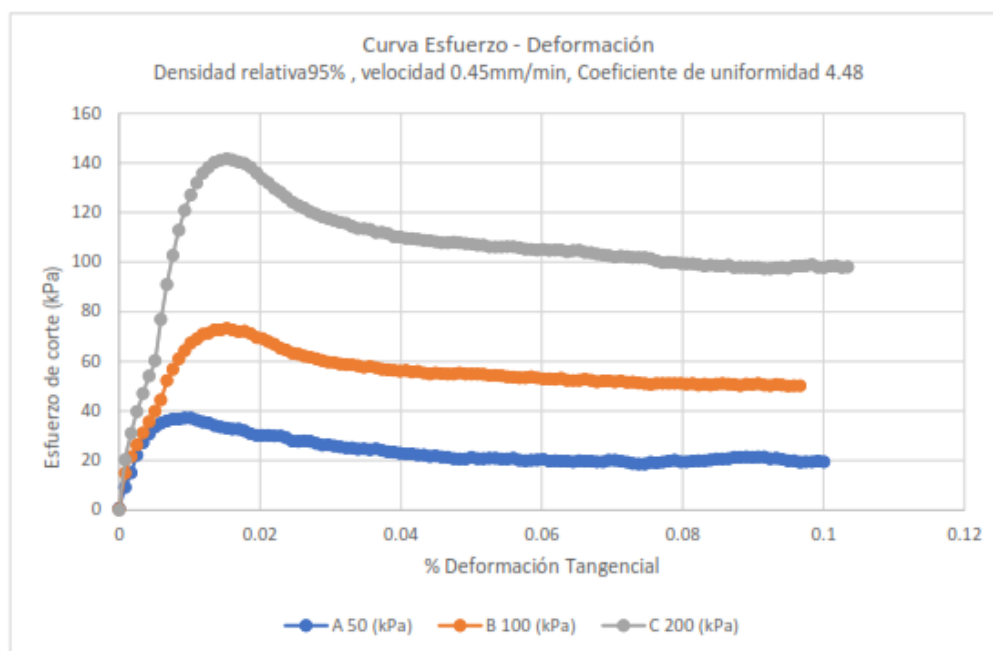
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

LECTURAS DE DESFUERZO - DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL					
A 50 kN		B 100 kN		C 200 kN	
DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)	DESPL. HORIZONTAL %	ESFUERZO (kPa)
6.61%	19.775	6.61%	52.790	6.61%	103.912
6.70%	19.775	6.70%	52.393	6.70%	103.777
6.78%	19.488	6.78%	51.731	6.78%	103.236
6.87%	19.488	6.87%	51.996	6.87%	102.831
6.95%	20.062	6.95%	52.128	6.95%	102.561
7.04%	20.062	7.04%	51.731	7.04%	102.020
7.12%	19.775	7.12%	51.996	7.12%	102.425
7.21%	19.345	7.21%	51.467	7.21%	102.155
7.29%	18.772	7.29%	51.599	7.29%	101.885
7.38%	18.629	7.38%	51.334	7.38%	101.885
7.46%	18.629	7.46%	50.938	7.46%	101.885
7.55%	19.202	7.55%	50.673	7.55%	101.480
7.63%	19.058	7.63%	51.070	7.63%	100.534
7.72%	19.345	7.72%	51.070	7.72%	99.723
7.80%	19.775	7.80%	51.070	7.80%	99.993
7.89%	20.062	7.89%	51.070	7.89%	99.858
7.97%	19.488	7.97%	51.070	7.97%	99.453
8.06%	19.488	8.06%	50.805	8.06%	99.318
8.14%	19.775	8.14%	50.938	8.14%	99.318
8.23%	19.918	8.23%	50.408	8.23%	99.047
8.31%	19.918	8.31%	50.805	8.31%	98.372
8.40%	20.205	8.40%	50.408	8.40%	98.777
8.48%	20.635	8.48%	50.805	8.48%	98.507
8.57%	20.635	8.57%	50.938	8.57%	98.372
8.65%	20.778	8.65%	50.805	8.65%	98.777
8.73%	21.208	8.73%	50.673	8.73%	97.696
8.82%	21.208	8.82%	50.276	8.82%	97.966
8.90%	21.351	8.90%	50.805	8.90%	97.831
8.99%	21.208	8.99%	50.673	8.99%	97.831
9.07%	21.351	9.07%	50.938	9.07%	97.831
9.16%	21.351	9.16%	50.408	9.16%	97.291
9.24%	20.778	9.24%	50.276	9.24%	97.291
9.33%	20.921	9.33%	50.673	9.33%	97.696
9.41%	20.491	9.41%	50.408	9.41%	97.831
9.50%	19.918	9.50%	50.011	9.50%	97.426
9.58%	19.918	9.58%	50.144	9.58%	98.372
9.67%	19.202	9.67%	50.144	9.67%	98.372
9.75%	19.488			9.75%	98.507
9.84%	19.488			9.84%	99.047
9.92%	19.775			9.92%	97.966
10.01%	19.488			10.01%	97.831

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	CORTE DIRECTO		2023 C05	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NORMA: NTP 339.171		F. emisión:	07/09/2023
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.45 mm/min
Cu 4.48



FUERZA DE CORTE	
Muestra	Esfuerzo de corte máx(kPa)
A 50	37.11
B 100	73.30
C 200	141.60

ANEXO 12

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 50% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 50%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	6.983	cm	Código	2024 Arena 50%
ALTURA	14.1393	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	541.50	cm ³	Área corregida	4004.39 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	50%		β	94.60%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.73	g/cm ³
γ_t	1.82	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	16.80%	
γ_d	1.72	g/cm ³
γ_t	2.01	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.74	0.18	45.13	44.94	45.07	0.18
0.10%	11.23	2.80	48.27	45.46	47.33	2.80
0.20%	10.20	2.55	47.88	45.33	47.03	2.55
0.30%	10.05	2.51	47.58	45.07	46.74	2.51
0.40%	9.60	2.40	47.34	44.94	46.54	2.40
0.50%	9.75	2.44	47.51	45.07	46.70	2.44
0.59%	9.46	2.36	47.43	45.07	46.65	2.36
0.69%	19.36	4.83	49.91	45.07	48.29	4.83
0.79%	48.47	12.10	56.65	44.55	52.62	12.10
0.89%	106.24	26.53	70.82	44.29	61.98	26.53
1.89%	633.92	158.31	204.42	46.12	151.65	158.31
2.89%	682.83	170.52	218.33	47.81	161.49	170.52
3.89%	645.25	161.14	208.82	47.68	155.10	161.14
4.89%	625.41	156.18	204.12	47.94	152.06	156.18
5.90%	625.46	156.19	204.40	48.20	152.33	156.19
6.90%	642.80	160.52	208.46	47.94	154.96	160.52
7.90%	655.70	163.74	211.16	47.42	156.58	163.74
8.90%	639.85	159.79	206.86	47.07	153.59	159.79
9.90%	624.74	156.01	203.13	47.11	151.12	156.01

$\sigma_{des \max}$ 170.52 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 50%	
			Versión:	01
NTP 339.164 / NTP 339.166			Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa
DIAMETRO	6.983	cm	Código	2024 Arena 50%
ALTURA	14.1393	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	541.50	cm ³	Área corregida	3971.15 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	50%		β	94.80%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.73	g/cm ³
γ _t	1.82	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	16.60%	
γ _d	1.67	g/cm ³
γ _t	1.95	g/cm ³

Def.	F	σ _{des}	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.89	0.22	97.96	97.74	97.89	0.22
0.10%	29.20	7.35	104.31	96.96	101.86	7.35
0.20%	40.39	10.17	106.60	96.43	103.21	10.17
0.30%	63.11	15.89	113.50	97.61	108.20	15.89
0.40%	86.89	21.88	119.49	97.61	112.19	21.88
0.50%	117.55	29.60	127.34	97.74	117.47	29.60
0.59%	155.13	39.06	136.54	97.48	123.52	39.06
0.69%	202.26	50.93	148.54	97.61	131.56	50.93
0.79%	292.09	73.55	171.29	97.74	146.77	73.55
0.89%	376.23	94.74	192.35	97.60	160.77	94.74
1.89%	850.98	214.29	312.81	98.52	241.38	214.29
2.89%	1077.75	271.40	370.70	99.30	280.23	271.40
3.89%	1010.13	254.37	353.54	99.17	268.75	254.37
4.89%	988.31	248.87	348.04	99.17	265.08	248.87
5.89%	1002.42	252.42	351.86	99.43	267.71	252.42
6.89%	953.74	240.17	336.98	96.82	256.93	240.17
7.89%	990.04	249.31	348.35	99.04	265.24	249.31
8.89%	1003.56	252.71	352.01	99.30	267.78	252.71
9.89%	996.20	250.86	350.16	99.30	266.54	250.86

σ_{des max} 271.40 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 50%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	6.983	cm	Código	2024 Arena 50%
ALTURA	14.1393	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	541.50	cm ³	Área corregida	3796.50
DENSIDAD RELATIVA	50%		β	94.79%

Condiciones iniciales

Humedad 5.50%

γ_d 1.73 g/cm³

γ_t 1.82 g/cm³

Después de la consolidación

Humedad 17.10%

γ_d 1.75 g/cm³

γ_t 2.05 g/cm³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.52	0.14	196.96	196.83	196.92	0.14
0.10%	31.16	8.21	205.04	196.83	202.30	8.21
0.20%	31.68	8.35	205.17	196.83	202.39	8.35
0.30%	31.68	8.35	205.70	197.35	202.91	8.35
0.40%	61.81	16.28	213.63	197.35	208.20	16.28
0.50%	130.37	34.34	231.56	197.22	220.11	34.34
0.60%	169.33	44.60	241.56	196.96	226.69	44.60
0.70%	246.20	64.85	261.81	196.96	240.19	64.85
0.80%	351.12	92.48	289.83	197.35	259.01	92.48
0.90%	457.07	120.39	317.22	196.83	277.09	120.39
1.90%	1558.21	410.43	607.65	197.22	470.84	410.43
2.90%	2107.73	555.18	752.66	197.48	567.60	555.18
3.90%	2162.27	569.54	767.28	197.74	577.44	569.54
4.90%	2090.99	550.77	749.16	198.39	565.57	550.77
5.91%	2011.67	529.88	728.27	198.39	551.64	529.88
6.96%	1986.22	523.17	721.35	198.17	546.96	523.17
7.97%	2004.20	527.91	726.23	198.32	550.26	527.91
8.98%	1943.40	511.89	710.19	198.29	539.56	511.89
9.99%	2000.94	527.05	725.31	198.26	549.63	527.05

$\sigma_{des\ max}$ 569.54 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		#REFI	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA

50%

Velocidad de corte

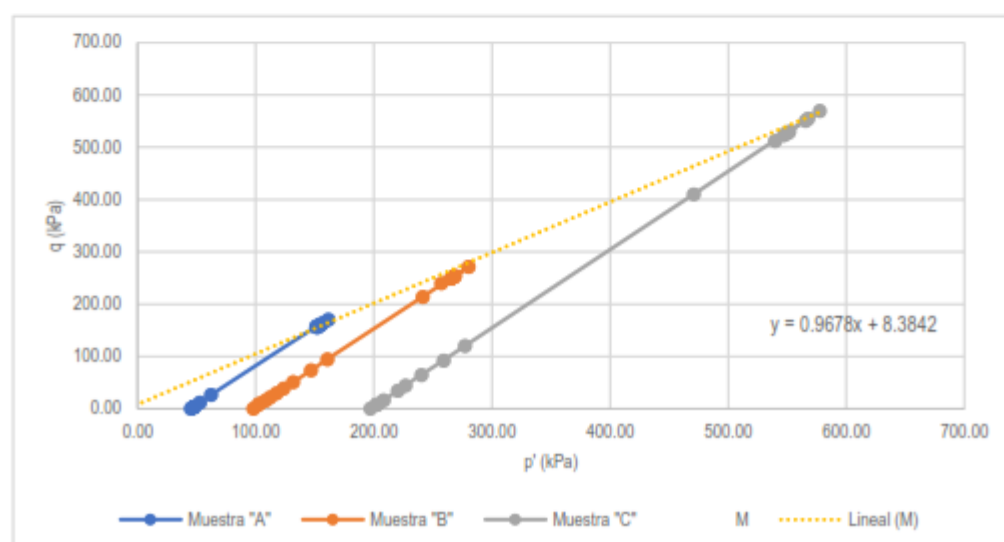
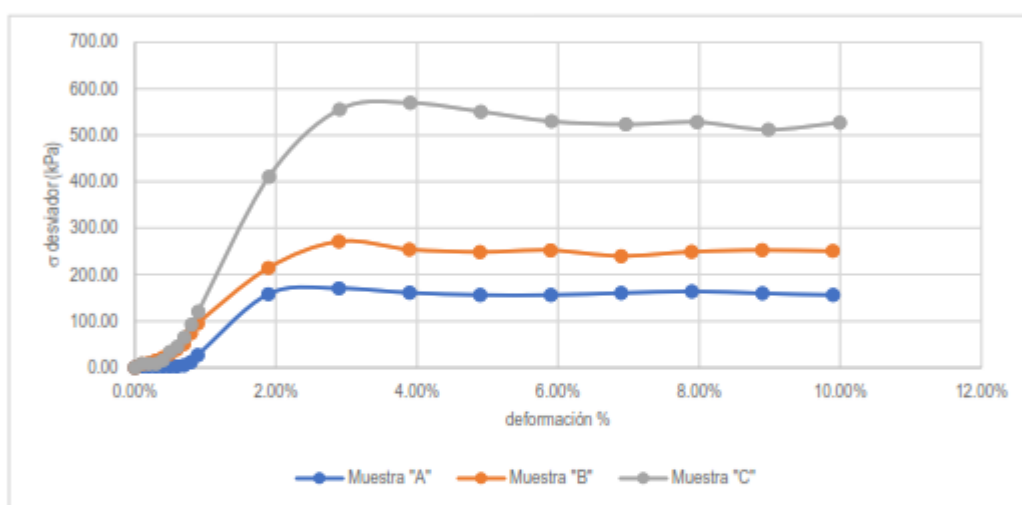
0.10

mm/min

DENSIDAD

1.73

g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 50%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

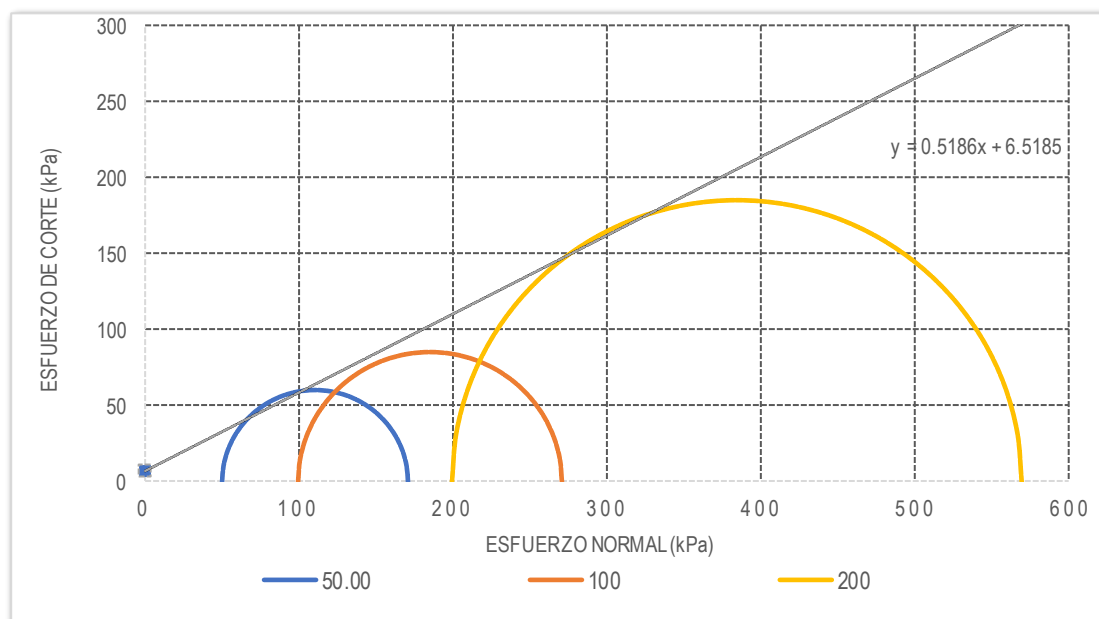
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 50%

Velocidad de cor 0.10 mm/min

DENSIDAD 1.82 g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	170.52
100.00	271.40
200.00	569.54



RESULTADOS	
Pendiente:	0.5186
Cohesión :	6.52
Angulo de fricción:	27.4

ANEXO 13

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 75% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2024 Arena 75%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
	NTP 339.164 / NTP 339.166		Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2024 Arena 75%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4007.59 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	75%		β	95.18%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.80	g/cm ³
γ_t	1.90	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	16.10%	
γ_d	1.81	g/cm ³
γ_t	2.10	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.78	0.19	48.63	48.43	48.56	0.19
0.10%	83.04	20.72	70.50	49.78	63.60	20.72
0.20%	118.23	29.50	79.35	49.85	69.51	29.50
0.30%	164.85	41.14	90.67	49.54	76.96	41.14
0.40%	213.66	53.31	101.99	48.68	84.22	53.31
0.50%	272.69	68.04	117.17	49.13	94.49	68.04
0.59%	284.86	71.08	120.53	49.44	96.83	71.08
0.69%	384.33	95.90	144.50	48.59	112.53	95.90
0.79%	537.90	134.22	182.14	47.92	137.40	134.22
0.89%	561.09	140.01	188.46	48.45	141.79	140.01
1.89%	669.02	166.94	217.36	50.42	161.72	166.94
2.89%	720.79	179.86	231.54	51.68	171.58	179.86
3.89%	668.77	166.88	218.73	51.86	163.11	166.88
4.89%	625.72	156.13	208.22	52.09	156.18	156.13
5.90%	623.63	155.61	208.31	52.69	156.43	155.61
6.90%	610.77	152.40	204.26	51.86	153.46	152.40
7.89%	617.28	154.03	205.48	51.45	154.13	154.03
8.90%	574.71	143.40	195.32	51.92	147.52	143.40
9.90%	583.47	145.59	196.88	51.29	148.35	145.59

$\sigma_{des \text{ max}}$ 179.86 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 75%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apeza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa
DIAMETRO	7.154	cm	Código	2024 Arena 75%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4005.19 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	75%		β	94.84%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.80	g/cm ³
γ_t	1.90	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	16.20%	
γ_d	1.81	g/cm ³
γ_t	2.11	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	2.56	0.64	98.00	97.36	97.79	0.64
0.10%	272.03	67.92	165.80	97.88	143.16	67.92
0.20%	339.61	84.79	182.55	97.75	154.28	84.79
0.30%	438.16	109.40	206.89	97.49	170.42	109.40
0.40%	537.51	134.20	231.56	97.36	186.83	134.20
0.50%	663.73	165.72	263.21	97.49	207.97	165.72
0.59%	785.89	196.22	293.71	97.49	228.30	196.22
0.69%	969.84	242.15	339.64	97.49	258.92	242.15
0.79%	1038.58	259.31	356.28	96.97	269.84	259.31
0.89%	1035.29	258.49	355.20	96.71	269.03	258.49
1.89%	1269.98	317.08	415.62	98.54	309.93	317.08
2.89%	1367.97	341.55	441.78	100.23	327.93	341.55
3.89%	1282.55	320.22	420.32	100.10	313.58	320.22
4.89%	1212.66	302.77	403.13	100.36	302.21	302.77
5.89%	1242.60	310.25	410.87	100.62	307.45	310.25
6.89%	1197.27	298.93	399.29	100.36	299.64	298.93
7.89%	1161.05	289.89	389.72	99.83	293.09	289.89
8.89%	1163.39	290.47	390.76	100.29	293.94	290.47
9.89%	1223.58	305.50	405.77	100.28	303.94	305.50

$\sigma_{des\ max}$ 341.55 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 75%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2024 Arena 75%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4004.39 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	75%		β	95.84%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.80	g/cm ³
γ_t	1.90	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	16.00%	
γ_d	1.81	g/cm ³
γ_t	2.10	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	2.69	0.67	195.61	194.94	195.39	0.67
0.10%	286.09	71.44	266.91	195.46	243.09	71.44
0.20%	445.26	111.19	306.53	195.33	269.46	111.19
0.30%	621.65	155.24	350.31	195.07	298.57	155.24
0.40%	768.99	192.04	386.98	194.94	322.97	192.04
0.50%	958.28	239.31	434.38	195.07	354.61	239.31
0.59%	1101.32	275.03	470.10	195.07	378.42	275.03
0.69%	1268.03	316.66	511.73	195.07	406.18	316.66
0.79%	1587.46	396.43	590.98	194.55	458.84	396.43
0.89%	1701.25	424.85	619.13	194.29	477.52	424.85
1.89%	2306.97	576.11	772.23	196.12	580.19	576.11
2.89%	2484.97	620.56	818.37	197.81	611.52	620.56
3.89%	2202.65	550.06	747.74	197.68	564.39	550.06
4.89%	1984.86	495.67	693.61	197.94	528.39	495.67
5.90%	1803.10	450.28	648.48	198.20	498.39	450.28
6.90%	1793.42	447.86	645.80	197.94	496.52	447.86
7.90%	1782.12	445.04	642.46	197.42	494.11	445.04
8.90%	1840.87	459.71	657.59	197.87	504.35	459.71
9.90%	1804.88	450.73	648.58	197.86	498.34	450.73

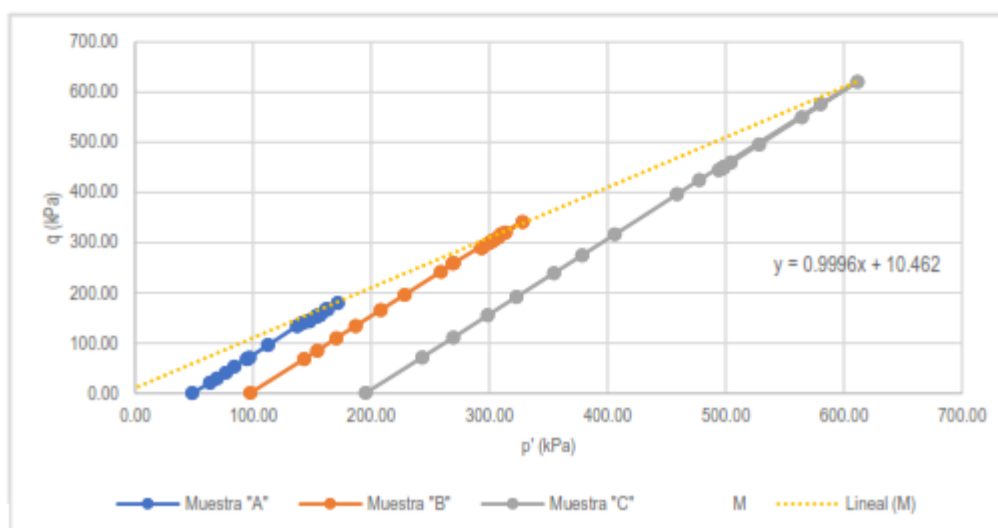
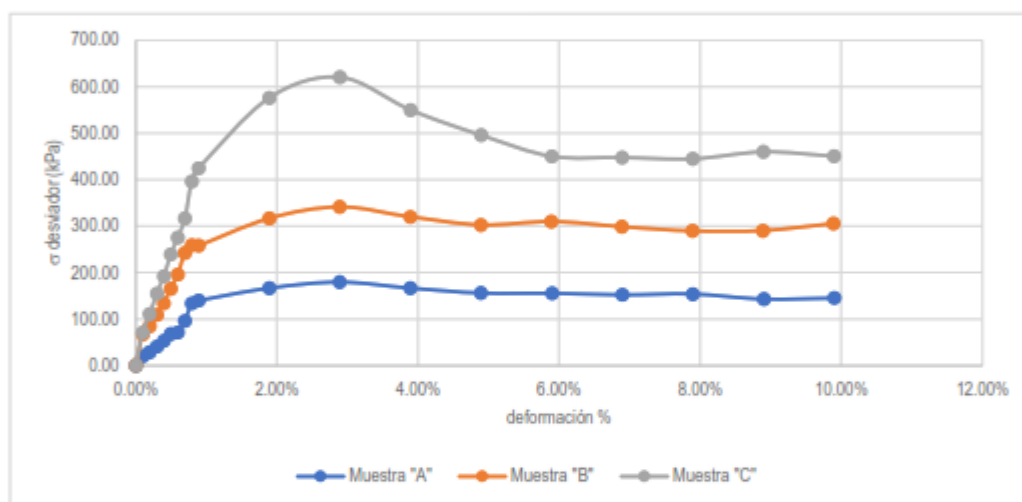
 $\sigma_{des \max}$ 620.56 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 75%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 75%

Velocidad de corte 0.10 mm/min
DENSIDAD 1.80 g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 75%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

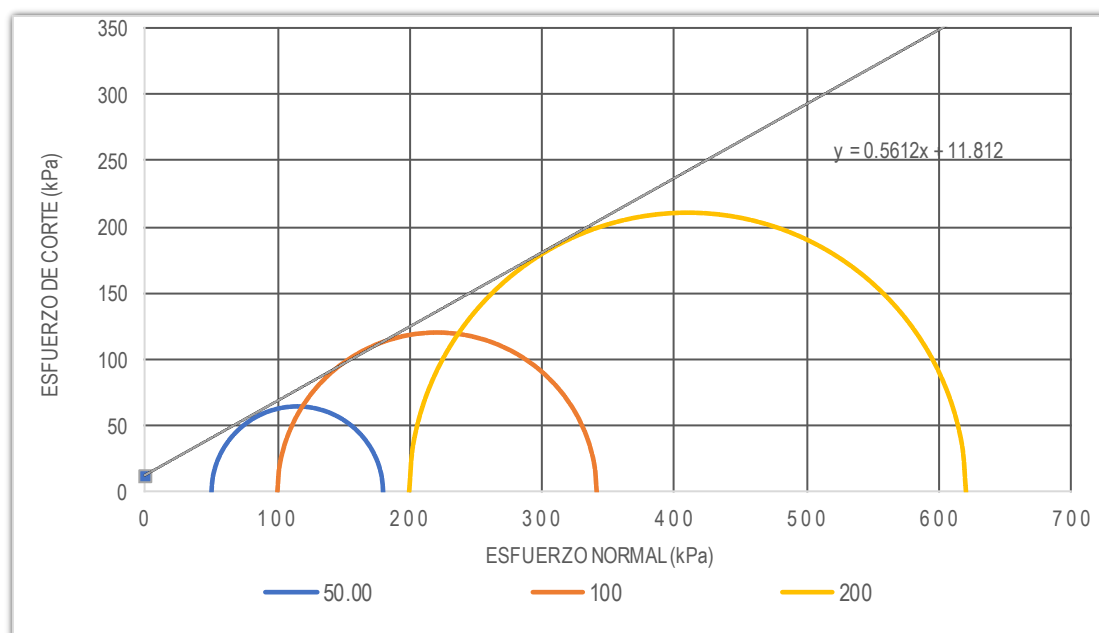
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 75%

Velocidad de cor 0.10 mm/min

DENSIDAD 1.80 g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	179.86
100.00	341.55
200.00	620.56



RESULTADOS	
Pendiente:	0.5612
Cohesión kPa :	11.81
Angulo de fricción:	29.3

ANEXO 14

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 85% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2024 Arena 85%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	
		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa	
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2024 Arena 85%	
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10	mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4013.99	mm ²
DENSIDAD RELATIVA	85%		β	95.35%	

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ _d	1.83	g/cm ³	
γ _t	1.93	g/cm ³	

Después de la consolidación

Humedad	15.20%		
γ _d	1.84	g/cm ³	
γ _t	2.12	g/cm ³	

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-3.58	-0.89	46.67	47.56	46.97	-0.89
0.10%	64.67	16.11	63.32	47.21	57.95	16.11
0.20%	109.31	27.23	74.60	47.37	65.52	27.23
0.30%	156.31	38.94	85.58	46.64	72.60	38.94
0.40%	206.47	51.44	98.98	47.54	81.83	51.44
0.50%	255.55	63.67	110.86	47.20	89.64	63.67
0.60%	300.76	74.93	121.97	47.04	96.99	74.93
0.70%	349.87	87.16	133.74	46.57	104.68	87.16
0.80%	392.64	97.82	144.72	46.90	112.11	97.82
0.90%	437.65	109.03	156.30	47.27	119.96	109.03
1.91%	742.85	185.07	233.38	48.32	171.69	185.07
2.91%	683.41	170.26	219.43	49.17	162.68	170.26
3.91%	499.10	124.34	172.83	48.49	131.39	124.34
4.92%	501.94	125.05	173.83	48.79	132.15	125.05
5.92%	513.57	127.95	176.74	48.79	134.09	127.95
6.92%	486.46	121.19	169.98	48.79	129.59	121.19
7.93%	505.55	125.95	174.74	48.79	132.76	125.95
8.93%	510.17	127.10	175.89	48.79	133.53	127.10
9.94%	499.21	124.37	173.16	48.79	131.71	124.37

σ des max 185.07 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 85%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa
DIAMETRO	7.154	cm	Código	2024 Arena 85%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4010.38 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	85%		β	94.69%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.83	g/cm ³
γ _t	1.93	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	15.70%	
γ _d	1.84	g/cm ³
γ _t	2.13	g/cm ³

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-2.17	-0.54	97.39	97.94	97.57	-0.54
0.10%	129.23	32.23	129.56	97.33	118.82	32.23
0.20%	218.66	54.52	151.56	97.03	133.38	54.52
0.30%	312.34	77.88	174.56	96.67	148.59	77.88
0.40%	413.23	103.04	200.71	97.67	166.36	103.04
0.50%	511.21	127.47	224.76	97.29	182.27	127.47
0.60%	601.81	150.06	247.34	97.27	197.32	150.06
0.70%	699.96	174.54	271.37	96.83	213.19	174.54
0.80%	784.72	195.67	292.60	96.93	227.38	195.67
0.90%	874.94	218.17	315.44	97.27	242.72	218.17
1.91%	1426.96	355.82	454.17	98.35	335.56	355.82
2.91%	1483.56	369.93	468.84	98.91	345.53	369.93
3.91%	1168.89	291.47	389.57	98.10	292.41	291.47
4.92%	1103.47	275.15	373.79	98.63	282.07	275.15
5.93%	986.22	245.92	344.39	98.47	262.42	245.92
6.92%	1083.31	270.13	368.60	98.47	278.56	270.13
7.94%	1060.79	264.51	362.99	98.47	274.82	264.51
8.93%	1020.14	254.37	352.85	98.47	268.06	254.37
9.93%	998.02	248.86	347.34	98.47	264.38	248.86

σ des max 369.93 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 85%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2024 Arena 85%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4012.38 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	85%		β	96.24%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.83	g/cm ³
γ _t	1.93	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	15.70%	
γ _d	1.84	g/cm ³
γ _t	2.13	g/cm ³

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-13.63	-3.40	194.09	197.48	195.22	-3.40
0.10%	245.64	61.22	258.74	197.52	238.33	61.22
0.20%	415.41	103.53	300.53	197.00	266.02	103.53
0.30%	593.50	147.92	344.33	196.41	295.02	147.92
0.40%	784.74	195.58	393.41	197.83	328.22	195.58
0.50%	970.42	241.86	438.87	197.01	358.25	241.86
0.60%	1144.36	285.21	482.26	197.05	387.19	285.21
0.70%	1330.46	331.59	527.96	196.37	417.43	331.59
0.80%	1491.42	371.71	568.34	196.64	444.44	371.71
0.90%	1663.22	414.52	611.53	197.01	473.36	414.52
1.91%	2850.14	710.34	908.36	198.02	671.58	710.34
2.91%	2817.63	702.23	901.18	198.95	667.11	702.23
3.91%	2419.57	603.02	800.82	197.79	599.81	603.02
4.92%	2173.76	541.76	740.59	198.83	560.00	541.76
5.93%	2153.60	536.74	735.15	198.41	556.23	536.74
6.92%	2038.92	508.16	706.57	198.41	537.18	508.16
7.93%	1997.15	497.75	696.15	198.41	530.24	497.75
8.92%	2019.26	503.26	701.67	198.41	533.91	503.26
9.93%	2075.59	517.30	715.71	198.41	543.27	517.30

σ des max	710.34 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2024 Arena 85%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
		NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA

85%

Velocidad de corte

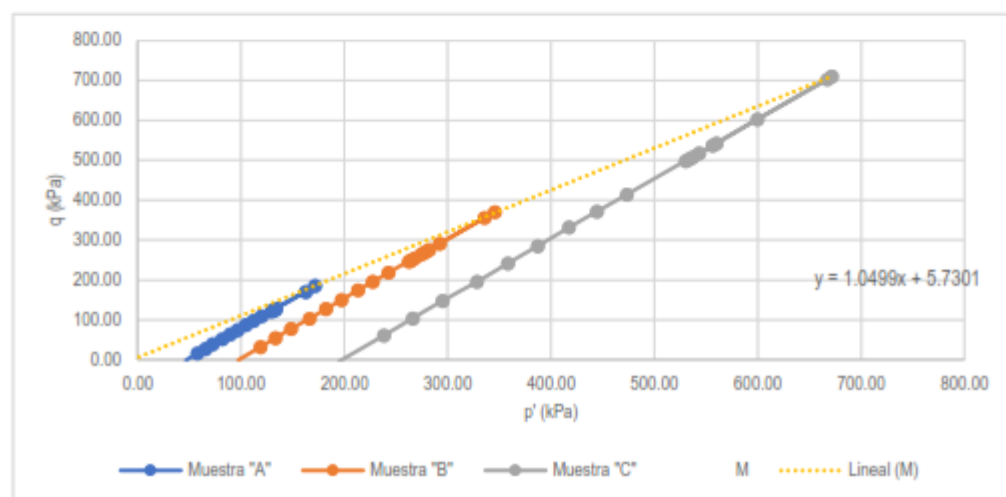
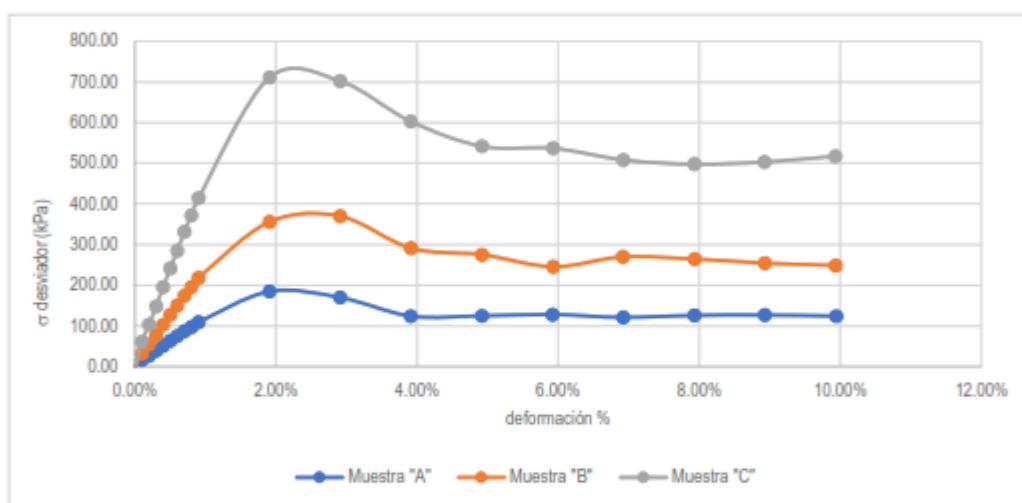
0.10

mm/min

DENSIDAD

1.93

g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 Arena 85%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	

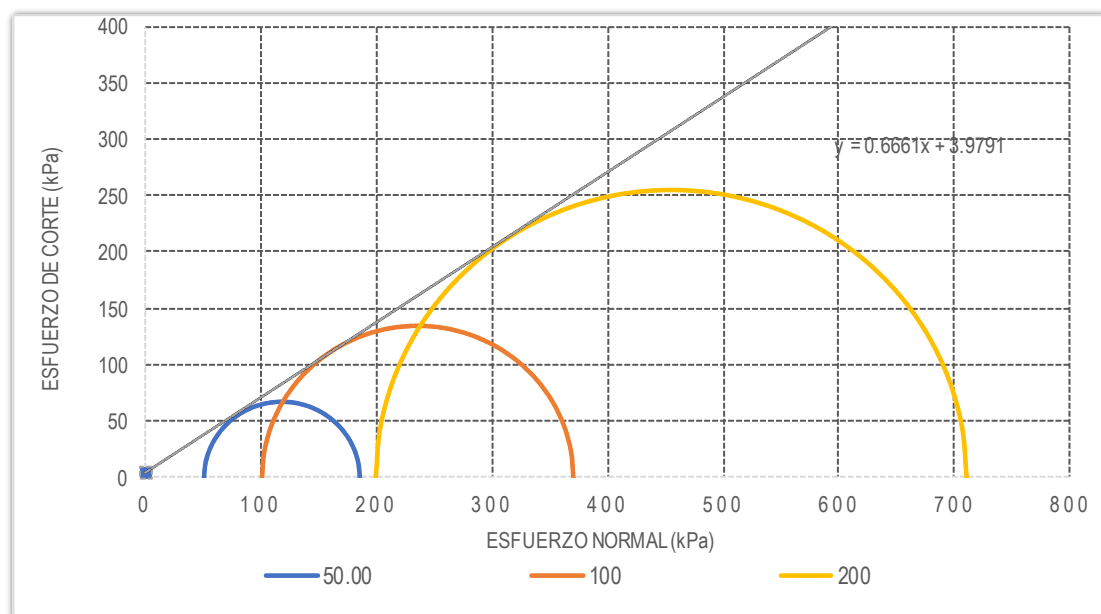
PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 85%

Velocidad de cor 0.10 mm/min

DENSIDAD 1.93 g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	185.07
100.00	369.93
200.00	710.34



RESULTADOS	
Pendiente:	0.6661
Cohesión :	3.98
Angulo de fricción:	33.7

ANEXO 15

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO	CODIGO DE INFORME	
		2023 Arena 95%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO	Versión:	01
		Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apeza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "A"		Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	6.967 cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.185 cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
VOLUMEN	540.77 cm ³	Área corregida	4012.38 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%	β	95.30%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ_d	1.87 g/cm ³		
γ_t	1.97 g/cm ³		

Después de la consolidación

Humedad	15.60%		
γ_d	1.78 g/cm ³		
γ_t	2.05 g/cm ³		

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-4.06	-1.01	46.80	47.82	47.14	-1.01
0.10%	77.77	19.38	66.95	47.57	60.49	19.38
0.20%	116.46	29.02	76.25	47.23	66.58	29.02
0.30%	177.18	44.16	90.83	46.67	76.11	44.16
0.40%	213.19	53.13	100.35	47.21	82.64	53.13
0.50%	275.20	68.59	115.80	47.21	92.93	68.59
0.60%	310.42	77.37	124.26	46.90	98.48	77.37
0.70%	376.77	93.90	140.32	46.41	109.02	93.90
0.80%	420.92	104.90	151.83	46.93	116.87	104.90
0.90%	451.35	112.49	159.90	47.41	122.40	112.49
1.91%	842.56	209.99	257.90	47.91	187.90	209.99
2.91%	720.38	179.54	228.75	49.21	168.90	179.54
3.91%	478.43	119.24	167.44	48.20	127.69	119.24
4.92%	476.09	118.65	167.83	49.18	128.28	118.65
5.93%	552.01	137.58	186.16	48.59	140.30	137.58
6.92%	477.94	119.12	167.70	48.59	128.00	119.12
7.94%	462.07	115.16	163.75	48.59	125.36	115.16
8.93%	486.40	121.23	169.81	48.59	129.40	121.23
9.94%	452.73	112.83	161.42	48.59	123.81	112.83

$\sigma_{des max}$	209.99 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN:	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa	
DIAMETRO	6.967	cm	Código	2023 Arena 95%	
ALTURA	14.185	cm	Velocidad de corte	0.10	mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4011.20	mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	95.59%	

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.87	g/cm ³
γ _t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	14.20%	
γ _d	1.89	g/cm ³
γ _t	2.16	g/cm ³

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.54	0.13	96.96	96.83	96.92	0.13
0.10%	32.29	8.05	104.88	96.83	102.19	8.05
0.20%	32.83	8.19	105.01	96.83	102.28	8.19
0.30%	32.83	8.19	105.54	97.35	102.81	8.19
0.40%	64.05	15.97	113.32	97.35	108.00	15.97
0.50%	135.10	33.68	130.90	97.22	119.67	33.68
0.60%	175.47	43.74	140.70	96.96	126.12	43.74
0.70%	255.13	63.60	160.56	96.96	139.36	63.60
0.80%	363.85	90.71	188.06	97.35	157.82	90.71
0.90%	473.65	118.08	214.91	96.83	175.55	118.08
1.90%	1614.72	402.55	499.77	97.22	365.59	402.55
2.90%	2033.68	507.00	604.48	97.48	435.48	507.00
3.90%	2086.30	520.12	617.86	97.74	444.49	520.12
4.90%	1852.49	461.83	560.22	98.39	406.28	461.83
5.91%	1573.22	392.21	490.60	98.39	359.86	392.21
6.91%	1431.74	356.94	455.33	98.39	336.35	356.94
7.91%	1314.30	327.66	426.05	98.39	316.83	327.66
8.91%	1263.42	314.97	413.36	98.39	308.37	314.97
9.91%	1227.89	306.12	404.51	98.39	302.47	306.12

σ des max 520.12 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR:

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"

DIAMETRO

6.967

cm

ALTURA

14.185

cm

VOLUMEN

540.77

cm³

DENSIDAD RELATIVA

95%

Confinamiento

200 kPa

Código

2023 Arena 95%

Velocidad de corte

0.10

mm/min

Área corregida

4012.81

mm²
 β

95.12%

Condiciones iniciales

Humedad

5.50%

 γ_d

1.87

g/cm³
 γ_t

1.97

g/cm³

Después de la consolidación

Humedad

15.80%

 γ_d

1.78

g/cm³
 γ_t

2.06

g/cm³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.92	0.23	197.72	197.49	197.64	0.23
0.10%	54.94	13.69	211.99	198.29	207.42	13.69
0.20%	55.83	13.91	211.91	198.00	207.27	13.91
0.30%	55.85	13.92	212.11	198.19	207.47	13.92
0.40%	108.96	27.15	225.09	197.93	216.03	27.15
0.50%	229.78	57.26	255.46	198.20	236.37	57.26
0.60%	298.38	74.36	272.74	198.38	247.95	74.36
0.70%	434.06	108.17	306.47	198.30	270.41	108.17
0.80%	618.05	154.02	352.05	198.03	300.71	154.02
0.90%	805.29	200.68	398.86	198.18	331.96	200.68
1.90%	2745.30	684.13	882.36	198.23	654.32	684.13
2.90%	3458.29	861.81	1060.19	198.38	772.92	861.81
3.90%	3545.29	883.49	1081.88	198.39	787.39	883.49
4.90%	3283.47	818.25	1017.27	199.02	744.52	818.25
5.91%	2943.39	733.50	932.49	198.99	687.99	733.50
6.90%	2738.75	682.50	881.49	198.99	653.99	682.50
7.91%	2603.08	648.69	847.69	198.99	631.45	648.69
8.91%	2601.83	648.38	847.37	198.99	631.25	648.38
9.91%	2579.77	642.88	841.88	198.99	627.58	642.88

 $\sigma_{des \max}$

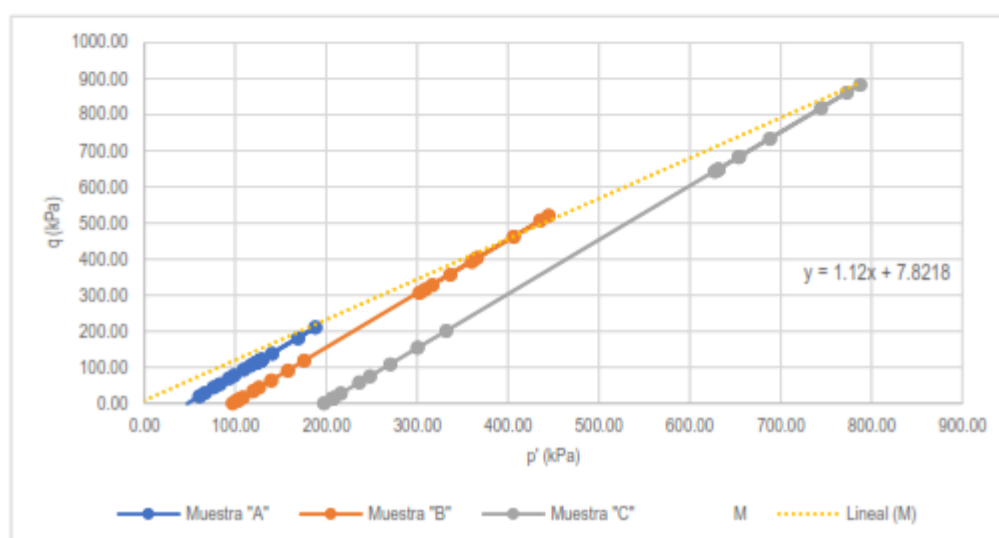
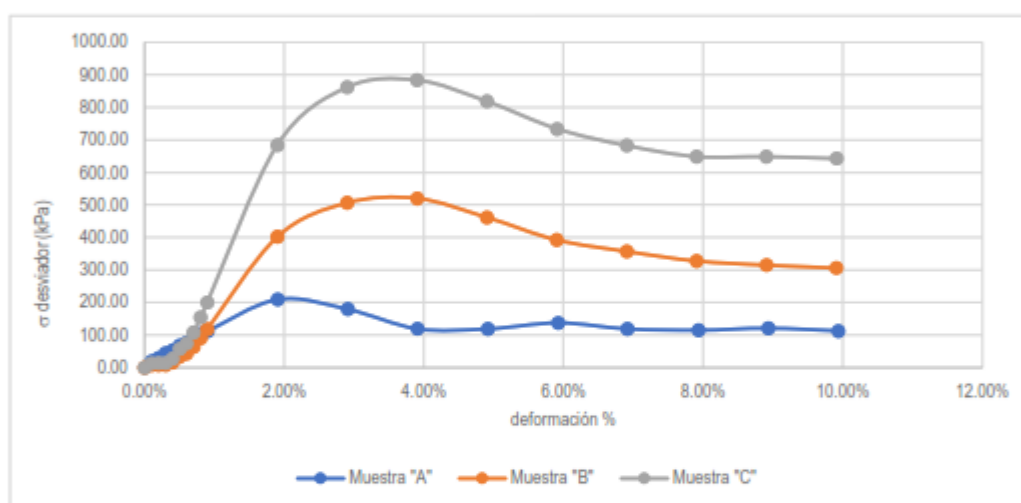
883.49 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.10 mm/min
DENSIDAD 1.97 g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

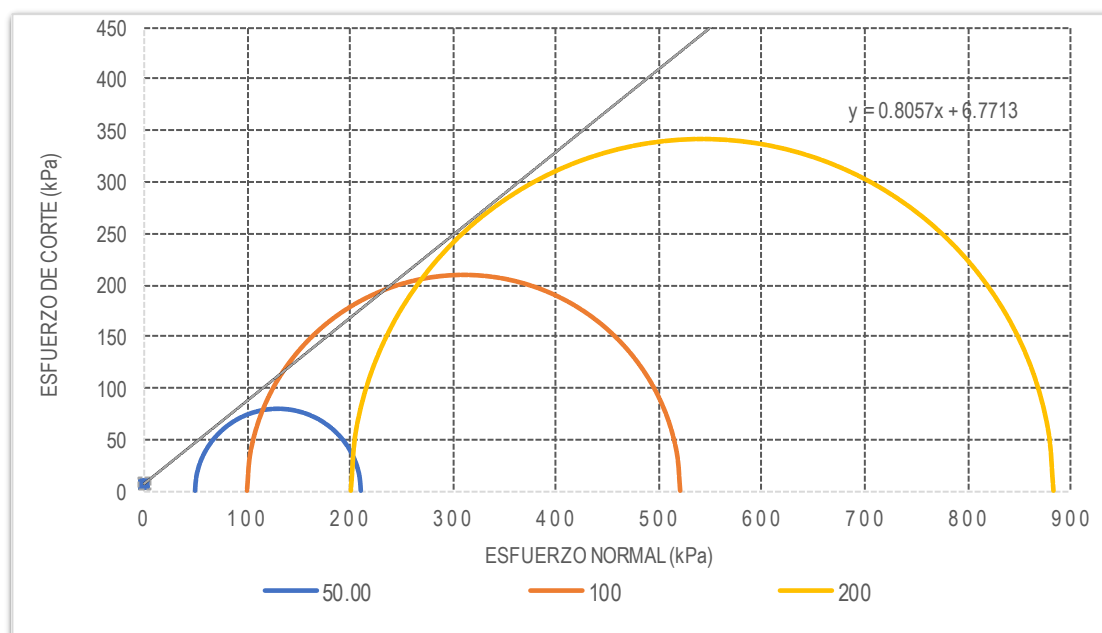
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de cor 0.10 mm/min

DENSIDAD 1.97 g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	209.99
100.00	520.12
200.00	883.49



RESULTADOS	
Pendiente:	0.8057
Cohesión :	6.77
Angulo de fricción:	38.9

ANEXO 16

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.45
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.45 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4010.60 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.48%

Condiciones iniciales

Humedad 5.50%

γ_d 1.87 g/cm³

γ_t 1.97 g/cm³

Después de la consolidación

Humedad 15.36%

γ_d 1.89 g/cm³

γ_t 2.18 g/cm³

Def.	F	σ _{des}	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	4.84	1.21	48.94	47.74	48.54	1.21
0.10%	68.89	17.18	64.13	46.96	58.41	17.18
0.20%	156.09	38.92	85.35	46.43	72.38	38.92
0.30%	284.19	70.86	118.47	47.61	94.85	70.86
0.40%	386.46	96.36	143.97	47.61	111.85	96.36
0.50%	484.42	120.78	168.52	47.74	128.26	120.78
0.59%	575.92	143.60	191.07	47.48	143.21	143.60
0.69%	651.27	162.39	209.99	47.61	155.86	162.39
0.79%	729.85	181.98	229.72	47.74	169.06	181.98
0.89%	784.44	195.59	243.20	47.60	178.00	195.59
1.89%	857.59	213.83	262.35	48.52	191.07	213.83
2.89%	865.80	215.88	265.18	49.30	193.22	215.88
3.89%	712.80	177.73	226.90	49.17	167.66	177.73
4.89%	645.71	161.00	210.17	49.17	156.50	161.00
5.89%	605.82	151.06	200.49	49.43	150.13	151.06
6.89%	575.24	143.43	190.25	46.82	142.44	143.43
7.89%	602.55	150.24	199.28	49.04	149.20	150.24
8.89%	567.04	141.38	190.68	49.30	143.56	141.38
9.89%	585.87	146.08	195.38	49.30	146.69	146.08

σ_{des max} 215.88 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa	
DIAMETRO	7.154	cm	Código	2023 Arena 95%	
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.45	mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4007.40	mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	95.05%	

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.87	g/cm ³
γ _t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	15.54%	
γ _d	1.89	g/cm ³
γ _t	2.19	g/cm ³

Def.	F	σ _{des}	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	8.58	2.14	100.83	98.69	100.12	2.14
0.10%	55.09	13.75	110.10	96.35	105.52	13.75
0.20%	126.72	31.62	127.81	96.19	117.27	31.62
0.30%	222.59	55.54	152.81	97.27	134.29	55.54
0.40%	409.93	102.29	200.13	97.83	166.03	102.29
0.49%	537.43	134.11	231.15	97.04	186.45	134.11
0.60%	628.11	156.74	253.66	96.92	201.41	156.74
0.69%	747.87	186.62	283.97	97.35	221.76	186.62
0.79%	848.91	211.84	309.91	98.08	239.30	211.84
0.90%	932.18	232.62	330.47	97.86	252.93	232.62
1.88%	1436.28	358.41	457.04	98.64	337.57	358.41
2.90%	1543.87	385.26	485.10	99.85	356.69	385.26
3.93%	1521.97	379.79	478.17	98.38	351.58	379.79
4.85%	1253.32	312.75	412.87	100.12	308.62	312.75
5.85%	1137.26	283.79	383.32	99.53	288.72	283.79
6.92%	1083.90	270.48	366.86	96.38	276.70	270.48
7.83%	1036.48	258.64	357.90	99.25	271.68	258.64
8.90%	1051.90	262.49	362.16	99.67	274.66	262.49
9.90%	1008.87	251.75	351.73	99.98	267.82	251.75

σ _{des max}	385.26 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO	2023 Arena 95%		
		Versión:	01	
		Página :	1 de 1	
		NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.45 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4006.59 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.08%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.87	g/cm ³
γ _t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	15.60%	
γ _d	1.90	g/cm ³
γ _t	2.19	g/cm ³

Def.	F	σ _{des}	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	18.52	4.62	203.51	198.89	201.97	4.62
0.10%	100.16	25.00	221.45	196.45	213.12	25.00
0.20%	291.36	72.72	268.45	195.73	244.21	72.72
0.30%	508.85	127.00	324.45	197.44	282.11	127.00
0.40%	886.24	221.20	419.54	198.35	345.81	221.20
0.49%	977.27	243.91	440.33	196.42	359.03	243.91
0.59%	1118.97	279.28	476.57	197.29	383.48	279.28
0.68%	1425.59	355.81	553.09	197.28	434.48	355.81
0.79%	1687.54	421.19	619.34	198.15	478.94	421.19
0.90%	2154.32	537.69	735.11	197.42	555.88	537.69
1.89%	2930.64	731.45	929.72	198.27	685.90	731.45
2.89%	3287.19	820.44	1020.34	199.90	746.86	820.44
3.96%	2840.75	709.02	907.58	198.56	671.24	709.02
4.83%	2361.94	589.51	789.33	199.82	592.83	589.51
5.90%	2046.57	510.80	710.84	200.04	540.57	510.80
6.96%	1910.63	476.87	672.81	195.94	513.85	476.87
7.89%	1914.89	477.94	677.55	199.62	518.24	477.94
8.86%	2015.83	503.13	702.22	199.10	534.52	503.13
9.86%	1801.48	449.63	649.80	200.17	499.92	449.63

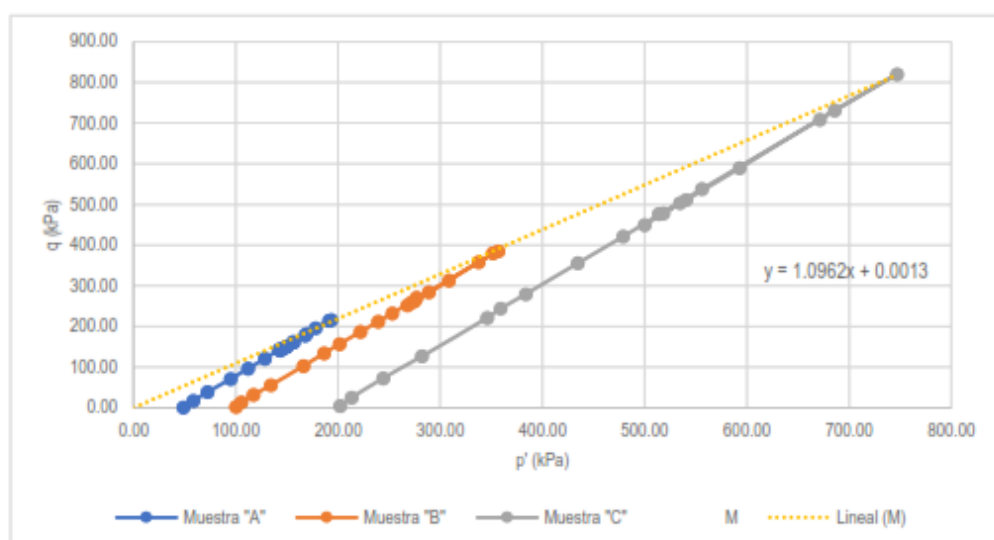
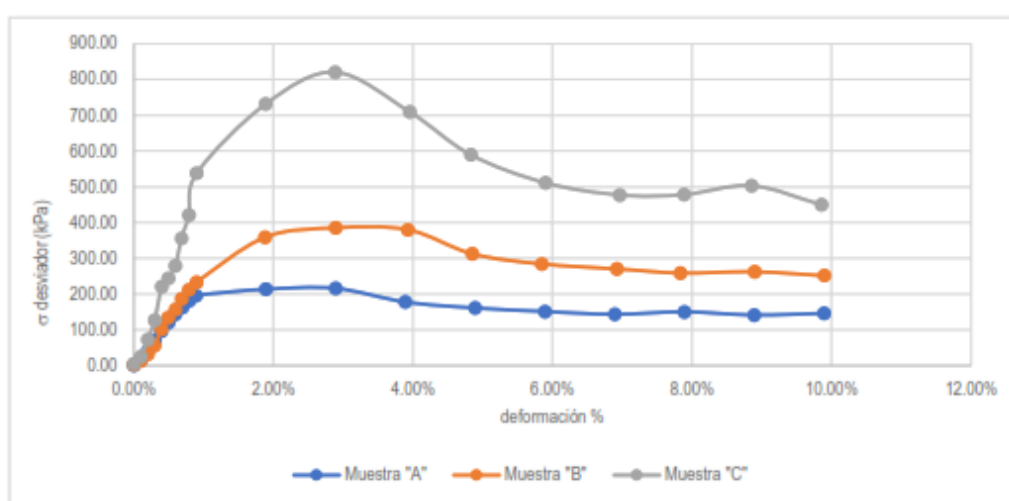
σ_{des max} 820.44 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 Arena 95%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
	NTP 339.164 / NTP 339.166		Página :	1 de 1
		F.emisión:		07/09/2023

PROYECTO:		TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA	
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.45 mm/min
DENSIDAD 1.97 g/cm³



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

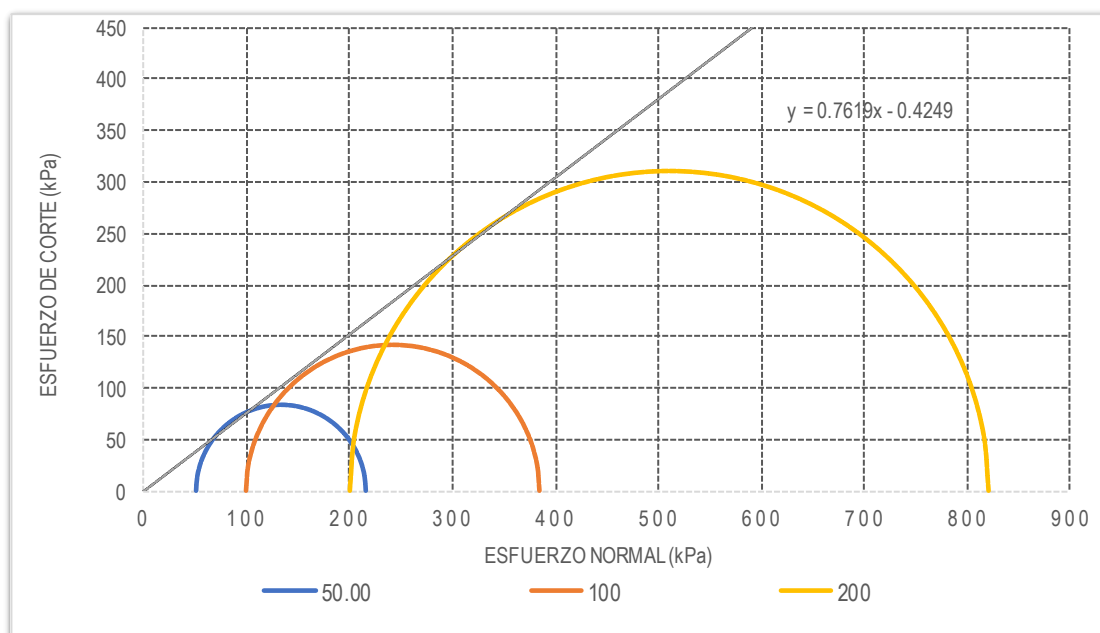
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de cor 0.45 mm/min

DENSIDAD 1.97 g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	215.88
100.00	385.26
200.00	820.44



RESULTADOS	
Pendiente:	0.7619
Cohesión :	0.00
Angulo de fricción:	37.3

ANEXO 17

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.25
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.25 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4015.19 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	95.88%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ _d	1.87	g/cm ³	
γ _t	1.97	g/cm ³	

Después de la consolidación

Humedad	15.80%		
γ _d	1.89	g/cm ³	
γ _t	2.19	g/cm ³	

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-3.78	-0.94	46.62	47.56	46.94	-0.94
0.10%	68.16	16.98	64.19	47.21	58.53	16.98
0.20%	115.21	28.69	76.06	47.37	66.50	28.69
0.30%	164.75	41.03	87.67	46.64	74.00	41.03
0.40%	217.62	54.20	101.74	47.54	83.67	54.20
0.50%	269.35	67.08	114.28	47.20	91.92	67.08
0.60%	317.00	78.95	125.99	47.04	99.68	78.95
0.70%	368.77	91.84	138.42	46.57	107.80	91.84
0.80%	413.84	103.07	149.97	46.90	115.61	103.07
0.90%	461.28	114.88	162.15	47.27	123.86	114.88
1.91%	785.97	195.75	244.06	48.32	178.81	195.75
2.91%	720.32	179.40	228.57	49.17	168.77	179.40
3.91%	526.05	131.01	179.51	48.49	135.84	131.01
4.92%	529.04	131.76	180.55	48.79	136.63	131.76
5.92%	541.31	134.81	183.61	48.79	138.67	134.81
6.92%	512.73	127.70	176.49	48.79	133.92	127.70
7.93%	532.85	132.71	181.50	48.79	137.27	132.71
8.93%	537.72	133.92	182.71	48.79	138.07	133.92
9.94%	526.17	131.04	179.84	48.79	136.16	131.04

σ des max 195.75 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "B"				Confinamiento	100 kPa
DIAMETRO	7.154	cm		Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm		Velocidad de corte	0.25 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm3		Área corregida	4011.18 mm2
DENSIDAD RELATIVA	95%			β	96.17%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
yd	1.87	g/cm3	
yt	1.97	g/cm3	

Después de la consolidación

Humedad	15.02%		
yd	1.89	g/cm3	
yt	2.17	g/cm3	

Def.	F	α des	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-2.73	-0.68	97.27	97.95	97.50	-0.68
0.10%	191.84	47.83	145.20	97.37	129.26	47.83
0.20%	316.64	78.94	176.02	97.08	149.71	78.94
0.30%	441.84	110.15	206.74	96.59	170.03	110.15
0.40%	602.36	150.17	247.88	97.71	197.82	150.17
0.50%	748.54	186.61	283.87	97.26	221.67	186.61
0.60%	871.15	217.18	314.51	97.33	242.12	217.18
0.70%	925.45	230.72	327.52	96.80	250.61	230.72
0.80%	987.43	246.17	343.01	96.84	260.95	246.17
0.90%	1106.45	275.84	373.22	97.37	281.27	275.84
1.91%	1913.95	477.15	575.61	98.46	416.56	477.15
2.91%	1946.89	485.36	584.31	98.94	422.52	485.36
3.92%	1786.02	445.26	543.42	98.16	395.00	445.26
4.92%	1392.52	347.16	445.78	98.62	330.06	347.16
5.93%	1099.65	274.15	372.66	98.52	281.28	274.15
6.92%	1201.15	299.45	397.97	98.52	298.15	299.45
7.94%	1087.99	271.24	369.76	98.52	279.34	271.24
8.92%	1095.57	273.13	371.65	98.52	280.60	273.13
9.94%	1233.47	307.51	406.03	98.52	303.52	307.51

α des max 485.36 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.25 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4006.59 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.89%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ _d	1.87	g/cm ³
γ _t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	15.22%	
γ _d	1.90	g/cm ³
γ _t	2.19	g/cm ³

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-16.19	-4.04	193.47	197.51	194.82	-4.04
0.10%	274.73	68.57	266.13	197.57	243.28	68.57
0.20%	459.81	114.76	311.78	197.02	273.52	114.76
0.30%	732.20	182.75	379.06	196.31	318.14	182.75
0.40%	930.34	232.20	430.11	197.90	352.71	232.20
0.50%	1219.59	304.40	501.44	197.04	399.97	304.40
0.60%	1408.36	351.51	548.62	197.11	431.45	351.51
0.70%	1610.72	402.02	598.42	196.41	464.42	402.02
0.80%	1851.32	462.07	658.77	196.70	504.74	462.07
0.90%	1994.40	497.78	694.84	197.06	528.91	497.78
1.91%	3253.35	812.00	1010.00	198.00	739.34	812.00
2.91%	3443.65	859.50	1058.43	198.94	771.94	859.50
3.91%	3079.87	768.70	966.57	197.87	710.34	768.70
4.93%	2458.73	613.67	812.60	198.93	608.04	613.67
5.94%	2120.53	529.26	727.70	198.44	551.28	529.26
6.92%	1954.22	487.75	686.19	198.44	523.61	487.75
7.93%	1850.46	461.85	660.29	198.44	506.34	461.85
8.92%	1890.04	471.73	670.17	198.44	512.93	471.73
9.92%	1880.13	469.26	667.70	198.44	511.28	469.26

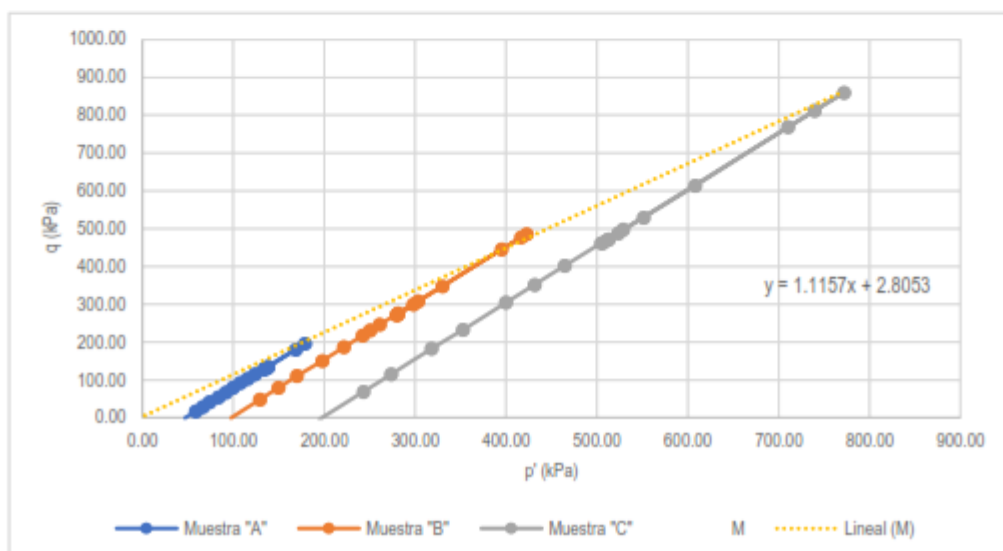
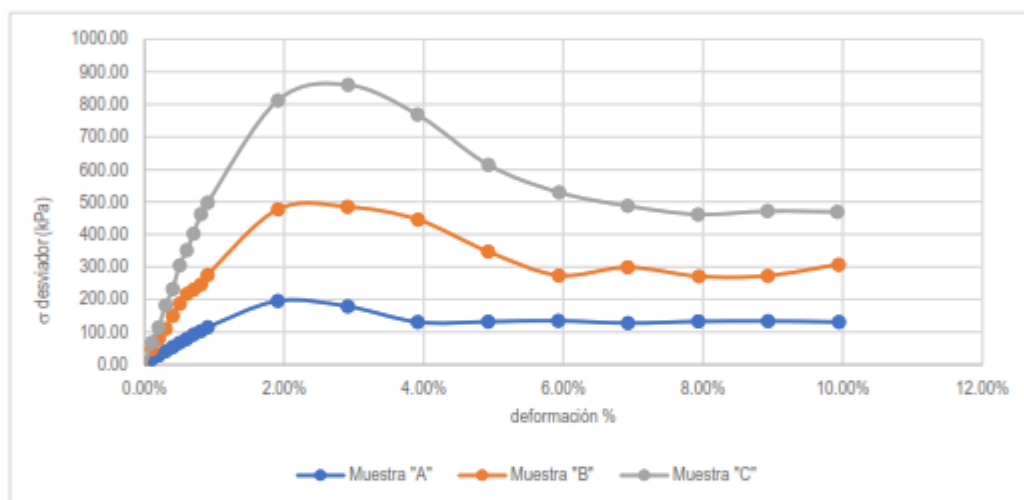
σ des max 859.50 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
	NTP 339.164 / NTP 339.166		Versión:	01
			Página :	1 de 1
			F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.25 mm/min
DENSIDAD 1.97 g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2023 Arena 95%	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de cor

0.25

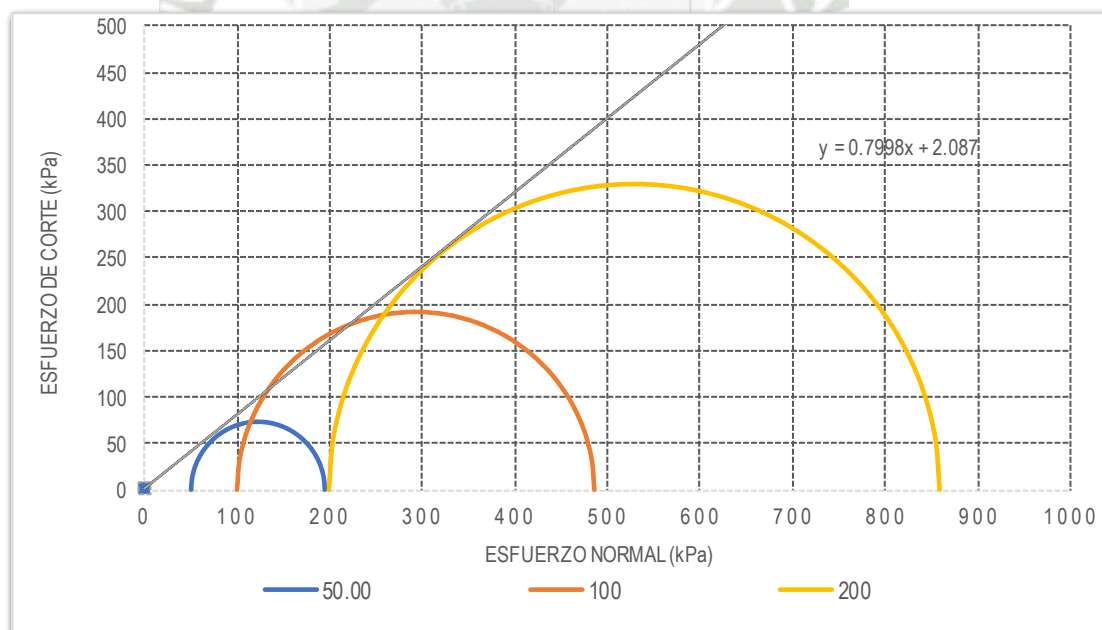
mm/min

DENSIDAD

1.97

g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	195.75
100.00	485.36
200.00	859.50



RESULTADOS	
Pendiente:	0.7998
Cohesión :	2.09
Angulo de fricción:	38.7

ANEXO 18

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.05
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
NTP 339.164 / NTP 339.166			Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.05 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4009.17 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.10%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ _d	1.87	g/cm ³	
γ _t	1.97	g/cm ³	

Después de la consolidación

Humedad	14.80%		
γ _d	1.89	g/cm ³	
γ _t	2.17	g/cm ³	

Def.	F	σ _{des}	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.45	0.11	47.69	47.58	47.65	0.11
0.10%	80.34	20.04	67.26	47.22	60.58	20.04
0.20%	136.54	34.06	81.38	47.32	70.03	34.06
0.30%	194.32	48.47	95.10	46.63	78.94	48.47
0.40%	255.59	63.75	111.21	47.46	89.96	63.75
0.50%	316.62	78.97	126.23	47.26	99.91	78.97
0.60%	373.41	93.14	140.19	47.06	109.15	93.14
0.70%	441.03	110.01	156.58	46.57	119.91	110.01
0.80%	487.53	121.60	168.47	46.86	127.93	121.60
0.90%	541.62	135.09	182.29	47.20	137.26	135.09
1.91%	912.37	227.57	275.90	48.33	200.05	227.57
2.91%	964.84	240.66	289.81	49.15	209.59	240.66
3.91%	809.28	201.86	250.29	48.43	183.00	201.86
4.92%	610.86	152.37	201.13	48.76	150.34	152.37
5.92%	532.40	132.79	181.50	48.70	137.23	132.79
6.92%	573.47	143.04	191.74	48.70	144.06	143.04
7.94%	566.12	141.21	189.91	48.70	142.84	141.21
8.93%	592.84	147.87	196.57	48.70	147.28	147.87
9.94%	572.52	142.80	191.50	48.70	143.90	142.80

σ_{des max} 240.66 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "B"				Confinamiento	100 kPa
DIAMETRO	7.154	cm		Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm		Velocidad de corte	0.05 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³		Área corregida	4008.78 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%			β	96.08%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ_d	1.87	g/cm ³	
γ_t	1.97	g/cm ³	

Después de la consolidación

Humedad	14.11%		
γ_d	1.89	g/cm ³	
γ_t	2.16	g/cm ³	

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-2.57	-0.64	97.34	97.98	97.56	-0.64
0.10%	181.09	45.17	142.61	97.44	127.56	45.17
0.20%	298.89	74.56	171.66	97.10	146.80	74.56
0.30%	417.49	104.14	200.77	96.62	166.05	104.14
0.40%	564.05	140.70	238.36	97.66	191.46	140.70
0.50%	700.23	174.67	271.98	97.30	213.75	174.67
0.60%	780.49	194.70	292.01	97.31	227.11	194.70
0.70%	880.56	219.66	316.50	96.84	243.28	219.66
0.80%	976.49	243.59	340.43	96.84	259.23	243.59
0.90%	1052.77	262.62	360.03	97.42	272.50	262.62
1.91%	1795.83	447.97	546.40	98.42	397.07	447.97
2.91%	1843.26	459.81	558.75	98.94	405.48	459.81
3.92%	1632.69	407.28	505.45	98.17	369.69	407.28
4.92%	1365.55	340.64	439.34	98.70	325.80	340.64
5.93%	1242.36	309.91	408.50	98.59	305.19	309.91
6.92%	1224.71	305.51	404.10	98.59	302.26	305.51
7.94%	1216.62	303.49	402.08	98.59	300.91	303.49
8.92%	1216.56	303.47	402.06	98.59	300.90	303.47
9.94%	1152.69	287.54	386.13	98.59	290.28	287.54

$\sigma_{des \max}$ 459.81 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	

PROYECTO: TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANtera:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Código	2023 Arena 95%
ALTURA	14.315	cm	Velocidad de corte	0.05 mm/min
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4009.17 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	95.09%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%
γ _d	1.87 g/cm ³
γ _t	1.97 g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	14.02%
γ _d	1.90 g/cm ³
γ _t	2.16 g/cm ³

Def.	F	σ des	σ ₁	σ ₃	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	-7.14	-1.78	195.75	197.53	196.34	-1.78
0.10%	294.97	73.57	271.21	197.63	246.68	73.57
0.20%	493.68	123.14	320.17	197.04	279.13	123.14
0.30%	783.22	195.36	391.75	196.39	326.63	195.36
0.40%	992.68	247.60	445.50	197.90	362.97	247.60
0.50%	1311.07	327.02	524.14	197.12	415.13	327.02
0.60%	1506.47	375.76	572.75	197.00	447.50	375.76
0.70%	1716.49	428.14	624.55	196.41	481.83	428.14
0.80%	1987.70	495.79	692.51	196.73	527.25	495.79
0.90%	2130.69	531.45	728.45	197.00	551.30	531.45
1.91%	3453.97	861.52	1059.57	198.05	772.40	861.52
2.91%	3688.15	919.93	1118.84	198.91	812.20	919.93
3.91%	3302.65	823.77	1021.68	197.91	747.09	823.77
4.93%	2633.30	656.82	855.78	198.97	636.84	656.82
5.94%	2239.98	558.71	757.20	198.49	570.96	558.71
6.92%	2092.97	522.05	720.54	198.49	546.52	522.05
7.93%	1979.37	493.71	692.20	198.49	527.63	493.71
8.91%	2011.63	501.76	700.25	198.49	532.99	501.76
9.93%	2003.60	499.75	698.24	198.49	531.66	499.75

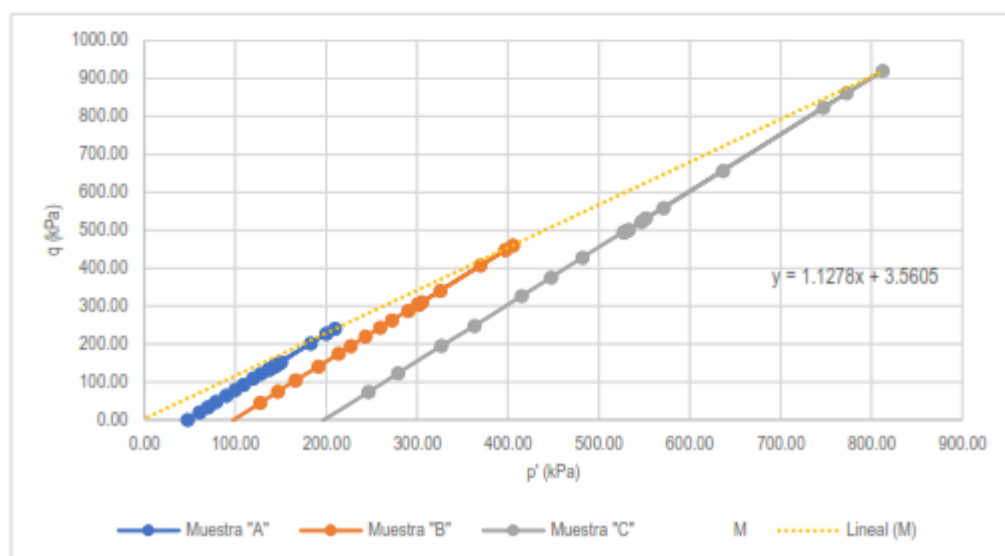
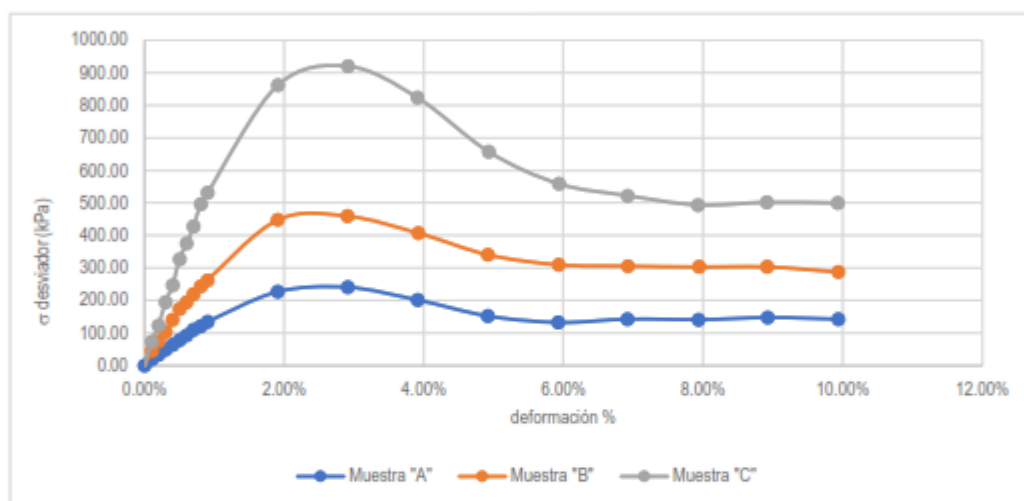
σ des max 919.93 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
	NTP 339.164 / NTP 339.166		Versión:	01
			Página :	1 de 1
			F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

DENSIDAD RELATIVA 95%

Velocidad de corte 0.05 mm/min
DENSIDAD 1.97 g/cm³



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2023 Arena 95%	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de cor

0.05

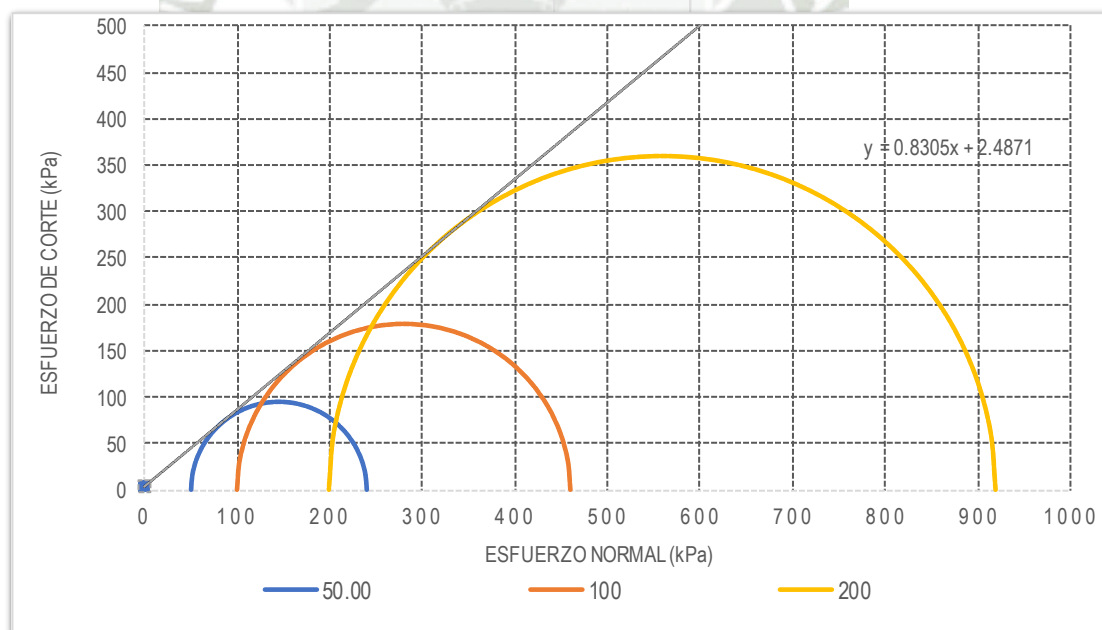
mm/min

DENSIDAD

1.97

g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	240.66
100.00	459.81
200.00	919.93



RESULTADOS	
Pendiente:	0.8305
Cohesión :	2.49
Angulo de fricción:	39.7

ANEXO 19

**ENSAYO DE TRIAXIAL CD CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA, 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
DE 4.48 EN LA MUESTRA M-1 DE LA CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 CD 4.48 cu	
			Versión:	01
NTP 339.164 / NTP 339.166			Página :	1 de 1
			F. emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA			
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01	
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023	
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023	
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM	

Muestra "A"			Confinamiento	50 kPa
DIAMETRO	7.1535	cm	Velocidad de corte	0.10 mm/min
ALTURA	14.315	cm	CU	4.48
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4013.99 mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.14%

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%		
γ_d	1.87	g/cm ³	
γ_t	1.97	g/cm ³	

Después de la consolidación

Humedad	15.66%		
γ_d	1.99	g/cm ³	
γ_t	2.30	g/cm ³	

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	2.63	0.65	48.22	47.57	48.00	0.65
0.10%	71.80	17.89	65.10	47.21	59.14	17.89
0.20%	130.60	32.54	79.93	47.39	69.08	32.54
0.30%	192.41	47.94	94.55	46.62	78.57	47.94
0.40%	243.71	60.72	108.25	47.54	88.01	60.72
0.50%	286.82	71.46	118.63	47.18	94.81	71.46
0.60%	337.55	84.09	131.13	47.03	103.10	84.09
0.70%	396.91	98.88	145.45	46.57	112.49	98.88
0.80%	469.11	116.87	163.78	46.91	124.82	116.87
0.90%	507.04	126.32	173.51	47.19	131.40	126.32
1.91%	962.93	239.89	288.24	48.35	208.28	239.89
2.91%	889.78	221.67	270.84	49.18	196.95	221.67
3.91%	548.12	136.55	185.02	48.47	139.50	136.55
4.92%	611.81	152.42	201.30	48.88	150.50	152.42
5.92%	675.58	168.31	217.07	48.77	160.97	168.31
6.93%	545.98	136.02	184.79	48.77	139.45	136.02
7.92%	604.01	150.48	199.24	48.77	149.09	150.48
8.93%	615.69	153.39	202.15	48.77	151.02	153.39
9.95%	584.39	145.59	194.36	48.77	145.83	145.59

$\sigma_{des max}$ 239.89 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2024 CD 4.48 cu	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "B"			Confinamiento	100 kPa	
DIAMETRO	7.154	cm	Velocidad de corte	0.10	mm/min
ALTURA	14.315	cm	CU	4.48	
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4012.39	mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	95.16%	

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.87	g/cm ³
γ_t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	13.02%	
γ_d	1.99	g/cm ³
γ_t	2.25	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	0.18	0.04	98.06	98.01	98.04	0.04
0.10%	153.47	38.25	135.57	97.33	122.82	38.25
0.20%	255.34	63.64	160.74	97.10	139.52	63.64
0.30%	359.15	89.51	186.09	96.58	156.25	89.51
0.40%	488.65	121.79	219.40	97.62	178.81	121.79
0.50%	598.20	149.09	246.36	97.27	196.67	149.09
0.60%	701.10	174.73	272.02	97.29	213.78	174.73
0.70%	790.90	197.11	293.90	96.78	228.19	197.11
0.80%	848.71	211.52	308.35	96.83	237.84	211.52
0.90%	928.03	231.29	328.71	97.42	251.61	231.29
1.91%	1528.00	380.82	479.31	98.49	352.37	380.82
2.91%	1566.84	390.50	489.42	98.91	359.25	390.50
3.91%	1431.63	356.80	455.00	98.20	336.07	356.80
4.92%	1126.30	280.71	379.24	98.54	285.67	280.71
5.93%	963.78	240.20	338.65	98.45	258.59	240.20
6.93%	961.84	239.72	338.17	98.45	258.26	239.72
7.94%	954.41	237.87	336.32	98.45	257.03	237.87
8.93%	955.21	238.06	336.52	98.45	257.16	238.06
9.93%	995.67	248.15	346.60	98.45	263.89	248.15

$\sigma_{des\ max}$ 390.50 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
			2024 CD 4.48 cu	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
	NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

Muestra "C"			Confinamiento	200 kPa	
DIAMETRO	7.1535	cm	Velocidad de corte	0.10	mm/min
ALTURA	14.315	cm	CU	4.48	
VOLUMEN	575.33	cm ³	Área corregida	4010.78	mm ²
DENSIDAD RELATIVA	95%		β	96.86%	

Condiciones iniciales

Humedad	5.50%	
γ_d	1.87	g/cm ³
γ_t	1.97	g/cm ³

Después de la consolidación

Humedad	14.32%	
γ_d	2.00	g/cm ³
γ_t	2.29	g/cm ³

Def.	F	σ_{des}	σ_1	σ_3	p	q
%	kN	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
0.00%	5.77	1.44	198.99	197.55	198.51	1.44
0.10%	270.84	67.53	265.13	197.60	242.62	67.53
0.20%	452.39	112.79	309.78	196.98	272.18	112.79
0.30%	711.08	177.29	373.59	196.30	314.49	177.29
0.40%	913.51	227.76	425.76	198.00	349.84	227.76
0.50%	1192.76	297.39	494.40	197.01	395.27	297.39
0.60%	1387.02	345.82	542.93	197.10	427.65	345.82
0.70%	1570.55	391.58	587.91	196.33	457.38	391.58
0.80%	1801.54	449.17	645.83	196.66	496.11	449.17
0.90%	1960.28	488.75	685.75	196.99	522.83	488.75
1.91%	3194.50	796.48	994.42	197.94	728.93	796.48
2.91%	3371.26	840.55	1039.43	198.88	759.24	840.55
3.91%	2994.04	746.50	944.34	197.84	695.51	746.50
4.93%	2399.82	598.34	797.29	198.94	597.84	598.34
5.94%	2065.58	515.01	713.49	198.49	541.82	515.01
6.92%	1901.67	474.14	672.63	198.49	514.58	474.14
7.93%	1822.41	454.38	652.86	198.49	501.40	454.38
8.91%	1831.82	456.72	655.21	198.49	502.97	456.72
9.92%	1855.32	462.58	661.07	198.49	506.87	462.58

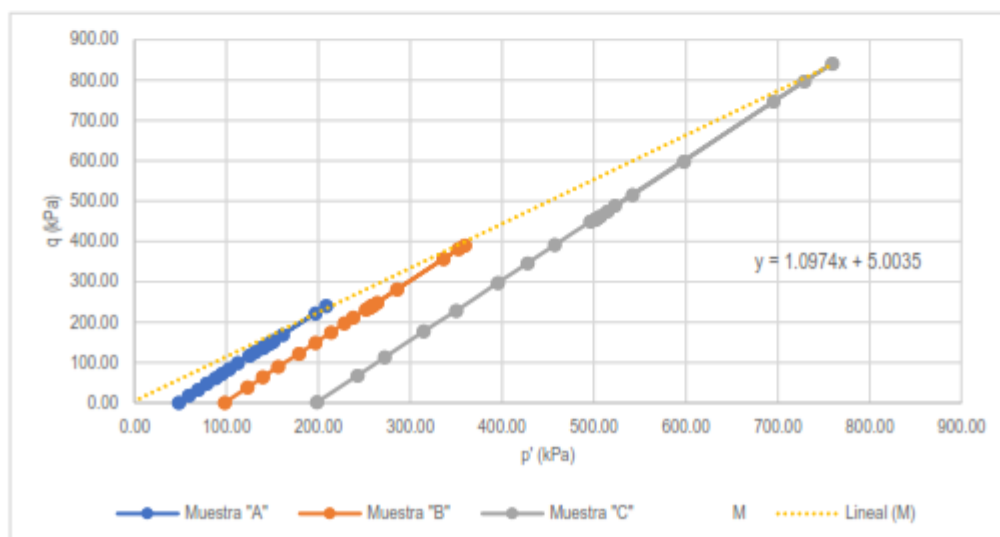
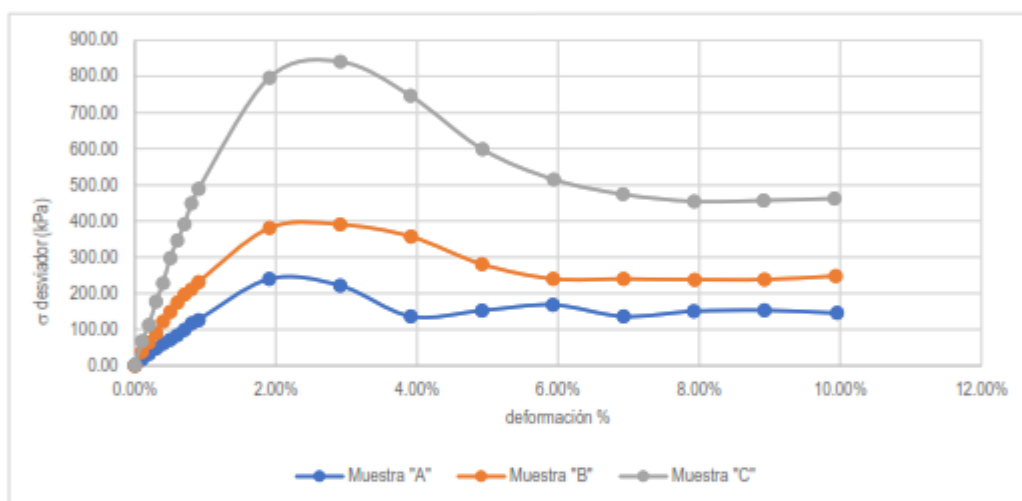
$\sigma_{des \text{ max}}$ 840.55 kPa

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 CD 4.48 cu	
			Versión:	01
			Pagina :	1 de 1
			NTP 339.164 / NTP 339.166	F.emisión:

PROYECTO:	TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA		
UBICACIÓN:	Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2	MUESTRA :	M-01
CANTERA:	Propiedad Privada	F. MUESTREO :	10/07/2023
EJECUTADO POR:	Guillen Cerpa, Alvaro Christian	F. EJECUCION :	17/07/2023
	Mundaca Apaza, Eduardo Aldair	ENSAYADO EN :	Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA	95%
CU	4.48

Velocidad de corte	0.1	mm/min
DENSIDAD	1.97	g/cm3



	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO		2024 CD 4.48 cu	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANtera:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA

95%

CU

4.48

Velocidad de cor

0.1

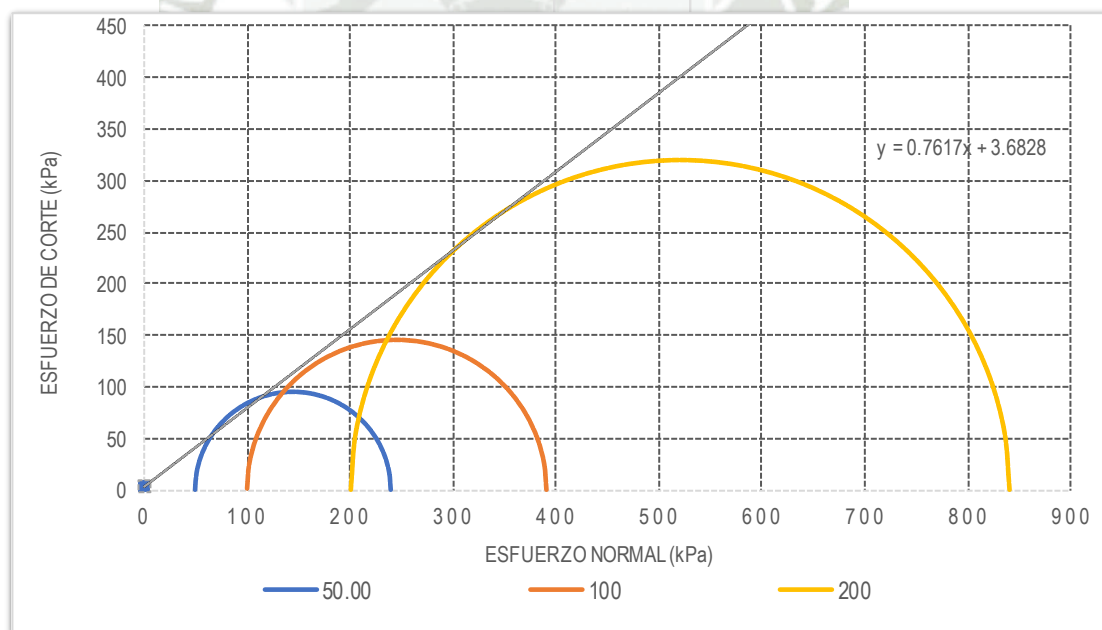
mm/min

DENSIDAD

1.97

g/cm3

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	239.89
100.00	390.50
200.00	840.55



RESULTADOS	
Pendiente:	0.7617
Cohesión :	3.68
Angulo de fricción:	37.30

ANEXO 20

**ENSAYO DE TRIAXIAL UU CON 95% DE DENSIDAD RELATIVA Y 0.10
MM/MIN DE VELOCIDAD DE CORTE EN LA MUESTRA M-1 DE LA
CALICATA C-1**

	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE INFORME	
	ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO		2024 CU 95	
			Versión:	01
			Página :	1 de 1
NTP 339.164 / NTP 339.166		F.emisión:	07/09/2023	

PROYECTO:

TESIS UCSM 2023 GUILLEN - MUNDACA

UBICACIÓN:

Urbanización Manuel Prado, Distrito Paucarpata Z RM2

MUESTRA :

M-01

CANTERA:

Propiedad Privada

F. MUESTREO :

10/07/2023

EJECUTADO POR

Guillen Cerpa, Alvaro Christian

F. EJECUCION :

17/07/2023

Mundaca Apaza, Eduardo Aldair

ENSAYADO EN :

Lab. Mec. Suelos UCSM

DENSIDAD RELATIVA

95%

Velocidad de cor

0.1

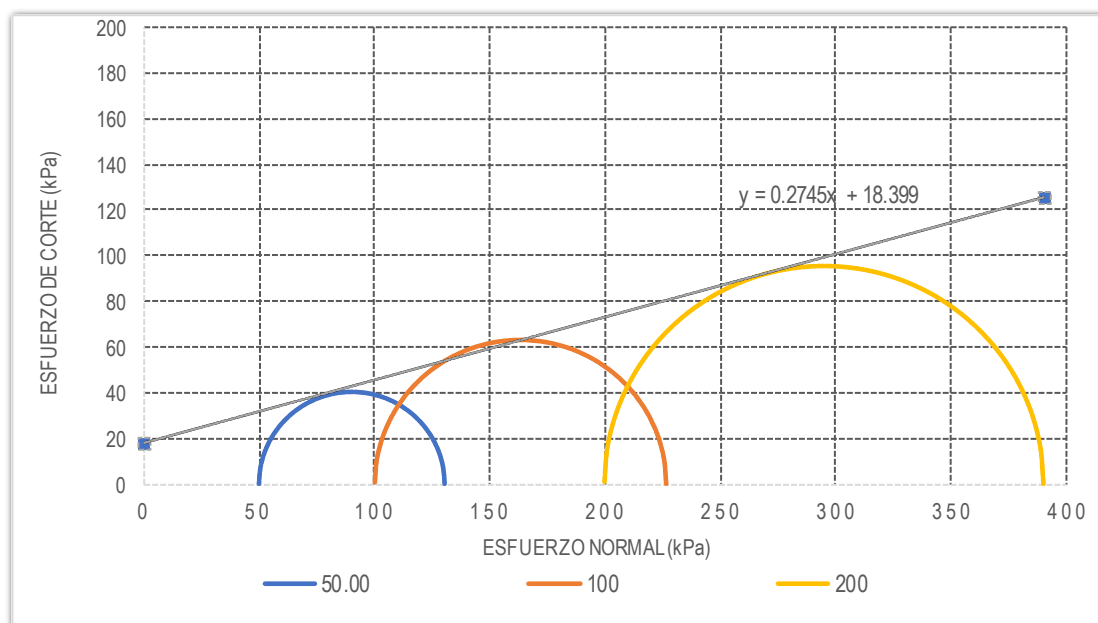
mm/min

DENSIDAD

0.97

g/cm³

ESFUERZO DE CONFINAMIENTO	ESFUERZO DESVIADOR
σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa)
50.00	130.05
100.00	226.57
200.00	390.15



RESULTADOS	
Pendiente:	0.2745
Cohesión (KPa) :	18.40
Angulo de fricción:	15.3



ANEXO 21

PANEL FOTOGRÁFICO



Calicata C -1



Calicata C -1



Extracción de muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Extracción de muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Granulometría por tamizado en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Límites de consistencia en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Límites de consistencia en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Densidad máxima y mínima en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Gravedad específica de los sólidos en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Preparación de muestra para ensayos de corte directo en muestra M-1 proveniente de
calicata C-1



Ensayo de corte directo en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Ensayo de corte directo en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Toma de datos en ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Toma de datos en ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1



Toma de datos en ensayos triaxiales en muestra M-1 proveniente de calicata C-1