

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis de los parámetros geotécnicos de los depósitos de
suelos aluvionales y fluviales ubicados cerca del borde
lacustre en la zona costera de la ciudad de Puno, y su
influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación,
entre 2022 y 2023**

Kelly Dhayana Fuentes Callata

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Puno, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Franz Emmanuel Estrada Porras
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 11 de Agosto de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"Análisis de los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos aluvionales y fluviales ubicados cerca del borde lacustre en la zona costera de la ciudad de Puno, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación, entre 2022 y 2023"

Autores:

1. Kelly Dhayana Fuentes Callata – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios,
quien me guía y me acompaña en cada momento de mi vida.

A mis padres, Irma Callata y José Luis Fuentes,
por su apoyo, cuidados y por haber estado a mi lado desde el comienzo de este viaje, por creer en mí y permitirme iniciar mi carrera universitaria, les agradezco profundamente. Su confianza en mí me ha enseñado que, con dedicación, constancia y humildad, podemos alcanzar cualquier meta que nos propongamos.

A mis hermanos,
por quererme y motivarme para alcanzar mis sueños y metas. Valoraré siempre sus consejos y su orientación. Gracias por apoyarme siempre que los necesitaba, y porque, gracias a las enseñanzas que nuestros padres nos dieron, hoy somos personas de bien.

A la Ingeniera, Mary Carmen, y a su pareja, el Ingeniero Alex,
por su apoyo y enseñanzas para la culminación de esta investigación.
A mis asesores, el Ing. Franz Emmanuel Estrada Porras y el Ing. Alex Luis Gomes Calla,
en virtud de sus orientaciones y enseñanzas, quiero agradecerles porque contribuyeron a la finalización de este estudio, así como por su paciencia y comprensión.

A la Universidad Continental,
por brindarme la oportunidad de conseguir el título en ingeniería civil, marcando el cierre de una etapa crucial en mi vida y abriendo las puertas a mi carrera profesional.

Igualmente, agradezco a G&C Consultores y Contratistas S.A.C.,
por permitir el uso de su laboratorio de suelos, a G&C Geotechnik M.T.L., por respaldar mi investigación con sus consejos y cumplir con sus requisitos.

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios,
por ofrecerme la sabiduría, la fortaleza para afrontar los retos que me pone la vida.

A mis padres,
por apoyarme en todas mis metas y disfrutar de la alegría de tenerlos conmigo.
Por acompañarme y darme el apoyo necesario para recorrer este camino, por tener
paciencia y compartir a mi lado todas las alegrías y triunfos.

A mi asesor,
por su orientación invaluable durante la elaboración de este proyecto de titulación.
Asimismo, agradezco a MTL - G&C Consultores y Contratistas Generales S.A.C.,
por sus enseñanzas, su colaboración y apoyo en la realización de los ensayos de suelos
requeridos en este trabajo.

También estoy agradecida con mis amigos, Mary Carmen y Alex,
por los momentos compartidos y las lecciones brindadas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación práctica	20
1.3.2. Justificación técnica	20
1.3.3. Justificación social	21
1.4. Hipótesis y descripción de variables	22
1.4.1. Hipótesis	22
1.4.2. Descripción de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes del problema	24
2.1.1. Antecedentes mundiales	24
2.1.2. Antecedentes regionales	25
2.1.3. Antecedentes nacionales	27
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Suelos colapsables	28
2.2.2. Origen de suelos colapsables	28
2.2.3. Factores de microestructura del suelo para interpretar el comportamiento de colapso	29
2.2.4. Tipos de colapso	30
2.2.5. Manifestación de problemas en edificaciones sobre suelos colapsables	31
2.2.6. Métodos para la determinación de suelos colapsables	33
2.2.7. Parámetros físicos para la determinación de suelos colapsables	36
2.2.8. Ensayos de laboratorio usados para su caracterización física	38
2.3. Criterios de Chequeos Rápidos	39
2.3.1. Colapsabilidad de los Estratos	39
2.3.2. Susceptibilidad a Licuación	40

2.4.	Requisitos de ensayos para Determinar Licuación	41
2.4.1.	Ensayos en Campo	41
2.4.2.	Ensayos en Laboratorio	42
2.5.	Potencial Licuable de Suelos Criterios Composicionales	43
2.6.	Evaluación de Licuación Mediante Métodos Semiempírico	44
2.6.1.	Determinación del CRRm	44
2.6.2.	Determinación del CSR.....	46
2.6.3.	Determinación del Factor de Seguridad.....	47
2.6.4.	Determinación de la Probabilidad de Licuación	48
2.7.	Definición de términos básicos.....	49
2.7.1.	Asentamiento Diferencial	49
2.7.2.	Colapso	49
2.7.3.	Edómetro.....	50
2.7.4.	Expansión	50
2.7.5.	Microestructura	50
2.7.6.	Napa freática.....	50
2.7.7.	Potencial de colapso	50
2.7.8.	Propiedades físicas.....	50
2.7.9.	Suelos colapsables	50
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		51
3.1.	Método y alcances de la investigación.....	51
3.1.1.	Método de investigación	51
3.1.2.	Enfoque de investigación	51
3.1.3.	Tipo de investigación	51
3.1.4.	Alcance de investigación.....	52
3.2.	Diseño de la investigación.....	52
3.3.	Población y muestra.....	53
3.3.1.	Población	53
3.3.2.	Muestra	54
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.4.1.	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	55
3.4.2.	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	55
3.4.3.	Procedimiento de recolección de datos	55
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		98
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	98

4.1.1.	Parámetros físicos	98
4.1.2.	Ensayos de colapso en laboratorio	102
4.1.3.	Análisis de Potencial de Licuación de Acuerdo a la NT E.050	114
4.2.	Prueba de hipótesis.....	119
4.2.1.	Hipótesis específica	119
4.2.2.	Hipótesis general	122
4.3.	Discusión de resultados	123
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		129
5.1	Conclusiones.....	129
5.2	Recomendaciones	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		133
ANEXOS.....		137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	23
Tabla 2. Índice de colapso Ic.....	37
Tabla 3. Criterios reportados para la identificación de suelos que sufren colapso.	38
Tabla 4. Criterios reportados para la identificación de suelos que sufren colapso.	39
Tabla 5. Factor de Seguridad Mínimo en relación a la categoría de la Edificación	48
Tabla 6. Potencial de Licuación Según la NT E.030	49
Tabla 7. Número de puntos de exploración.	58
Tabla 8. Calicatas, Muestras y Coordenadas UTM de las calicatas	59
Tabla 9. El resumen de los resultados del contenido de humedad se presenta a continuación.....	62
Tabla 10. Resumen de los resultados del análisis granulométrico del % que pasa	64
Tabla 11. Resumen de resultados de los límites de consistencia de los suelos ensayados	65
Tabla 12. Clasificación de suelos SUCS	67
Tabla 13. Clasificación de suelos por el metodo SUCS.....	68
Tabla 14. Clasificación de suelos AASHTO	68
Tabla 15. Clasificación de suelos por el método AASHTO:	69
Tabla 16. Valores de Densidad Natural y Densidad Seca	71
Tabla 17. Resumen de los resultados del ensayo de hidrometría	72
Tabla 18. Resumen del ensayo de colapso doble edómetro (calicata 01).....	74
Tabla 19. Resumen del ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 02).....	75
Tabla 20. Resumen del ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 03).....	76
Tabla 21. Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 01	78
Tabla 22. Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02.....	79
Tabla 23. Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03.....	80
Tabla 24. Resumen de ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01	81
Tabla 25. Resumen del ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02.....	82
Tabla 26. Resumen del ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03.....	83
Tabla 27. Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01	84
Tabla 28. Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02.....	85
Tabla 29. Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03.....	86
Tabla 30. Calicatas en la Avenida Costanera Sur.....	92
Tabla 31. Densidades secas obtenidas en campo Av. Costanera.....	93

Tabla 32. Resumen de ensayos analizados en la presente tesis.	95
Tabla 33. Relaciones de Vacíos, Porosidad y Saturación de las Muestras.	95
Tabla 34. Análisis Potencial de Licuación de Suelos Según Seed 2003	96
Tabla 35. Análisis Potencial de Licuación de Suelos Según Bray 2006	96
Tabla 36. Grado de colapso – calicata 01	99
Tabla 37. Grado de colapso – calicata 02	100
Tabla 38. Grado de colapso – calicata 03	101
Tabla 39. Resultados del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 01.....	108
Tabla 40. Resultado del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 02	109
Tabla 41. Resultados del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 03.....	110
Tabla 42. Resumen de Cálculos del Método Semi – Empírico de Análisis de Licuación.....	118
Tabla 43. Prueba de Hipótesis, Resumen de Parámetros Geotécnicos	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura típica de un suelo colapsable	28
Figura 2. Grietas y fisuras a 45° en edificaciones.....	31
Figura 3. Deformación en vías a consecuencia de un colapso de suelo	32
Figura 4. Colapso del terreno y hundimiento de viviendas existentes	32
Figura 5. Relación de vacíos Vs presión efectiva en suelo colapsable.	34
Figura 6. Curvas de compresión obtenidas de la prueba de doble edómetro	35
Figura 7. Distribución de los tamaños de partículas de suelos.....	36
Figura 8. Criterios del potencial de colapso.....	36
Figura 9. Criterio del potencial de colapso con varias gravedades específica.....	40
Figura 10. Criterio licuable de suelos según Seed	43
Figura 11. Criterio licuable de suelos según Bray y Sancio	44
Figura 12. Curva simplificado para calcular el CRR con los valores de (N1)60.....	45
Figura 13. Variaciones de los factores MSF	47
Figura 14. Curva de riesgo normalizados de ciudades de USA	49
Figura 15. Exploración de campo para reconocimiento de área de investigación.....	57
Figura 16. Ubicación u localización geográfica.....	57
Figura 17. Ubicación de calicatas	59
Figura 18. Fotografía de la calicata 01 – Laguna de Oxidación.	60
Figura 19. Fotografía de la calicata 02 – Malecón.....	60
Figura 20. Fotografía de la calicata 03 – Universidad del Altiplano.....	61
Figura 21. Procedimiento realizado para el contenido de humedad.....	62
Figura 22. Procedimientos del ensayo de granulometría	63
Figura 23. Se realizaron ensayos de muestras de suelo utilizando el método de Casagrande y la placa de vidrio esmerilado.....	64
Figura 24. Carta de plasticidad	66
Figura 25. Ubicación de tipo de suelos en la carta de plasticidad (AASHTO).....	69
Figura 26. Muestras inalteradas para determinar su densidad.....	70
Figura 27. Procedimiento del ensayo de hidrometría	71
Figura 28. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 01).....	74
Figura 29. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 02).....	75
Figura 30. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 03).....	76

Figura 31. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 01.....	78
Figura 32. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02.....	79
Figura 33. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03.....	80
Figura 34. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01.....	81
Figura 35. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02.....	82
Figura 36. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03.....	83
Figura 37. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01.....	84
Figura 38. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02.....	85
Figura 39. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03.....	86
Figura 40. Ruta de los Perfiles Alrededor de la Costa.....	87
Figura 41. Perfil 01 con Cota del Nivel del Lago en 3815 msnm.....	88
Figura 42. Perfil 01 con Cota de Terreno de 3.826 msnm a 702 m.....	88
Figura 43. Perfil 02 con Cota de Terreno de 3.819 m.s.n.m. a 367 m.....	89
Figura 44. Perfil 03 con Cota de Terreno de 3.824 m.s.n.m. a 813 m.....	89
Figura 45. <i>Topografía General ciudad de Puno</i>	90
Figura 46. <i>Topografía General ciudad Juliaca</i>	90
Figura 47. Calicatas en la Av. Costanera Sur.....	91
Figura 48. Perfil 06, Punto Sobre la Av. Costanera de Cota 3819 msnm.....	92
Figura 49. Av. Costanera – Límites de Consistencia.....	93
Figura 50. Susceptibilidad al Colapso Suelos, Av. Costanera.....	94
Figura 51. Relación entre suelos colapsables y no colapsables	98
Figura 52. Ensayo de colapso a 50 Kpa -calicata 01.....	102
Figura 53. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02.....	103
Figura 54. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03.....	103
Figura 55. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01.....	104
Figura 56. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02.....	104
Figura 57. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03.....	105
Figura 58. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01.....	105
Figura 59. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02.....	106
Figura 60. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03.....	106
Figura 61. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 01.	107
Figura 62. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 02.	108
Figura 63. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 03	109
Figura 64. Ensayo de hidrometría 1 – calicata 01.	110
Figura 65. Ensayo de hidrometría 2 – calicata 01.	111

Figura 66. Ensayo de hidrometría 1 – calicata 02.	111
Figura 67. Ensayo de hidrometría 2 – calicata 02.	112
Figura 68. Ensayo de hidrometría 1 - calicata 03.	112
Figura 69. Ensayo de hidrometría 2 – calicata 03.	113
Figura 70. Espectro de Diseño	116
Figura 71. Ejemplo de determinación de frecuencia anual	119
Figura 72. Relación deformación VS relación de vacíos	121
Figura 73. Densidades naturales aproximadas.....	122
Figura 74. Plano de zonificación geotécnica d de la micro cuenca de Puno.....	137
Figura 75. Mapa de escenario de riesgo ante Lluvias de la provincia de Puno - Inundación.	138
Figura 76. Mapa de escenario de riesgo ante Lluvias de la provincia de Puno – Movimiento de Masas.....	139
Figura 77. Exploración y muestreo de la calicata 01 - Laguna de oxidación.....	245
Figura 78. Exploración y muestreo de la calicata 02 – Malecón.....	245
Figura 79. Exploración y muestreo de la calicata 03 – Universidad del altiplano.	246
Figura 80. El cuarteo de las muestras es importante para tener una muestra representativa.	246
Figura 81. Muestras para determinar su contenido de humedad.	247
Figura 82. Muestras para determinar la densidad natural del suelo.	247
Figura 83. Preparación de las muestras para el ensayo de límites de consistencia.	248
Figura 84. Ensayo de límite líquido en la cuchara de Casagrande.....	248
Figura 85. Ensayo de límite de plasticidad.	249
Figura 86. Lavado de muestras para el ensayo de granulometría.	249
Figura 87. Tamizado de muestras – ensayo de granulometría.	250
Figura 88. Ensayo de gravedad específica.....	250
Figura 89. Moldeo de las muestras para los ensayos de simple y doble edómetro.	251
Figura 90. Preparación de las muestras para colocar al equipo de edometría.	251
Figura 91. Ensayo de simple edómetro, las muestras están inundadas a diferentes cargas.	252
Figura 92. Ensayo de doble edómetro, sometemos a las muestras las mismas cargas, pero una con su humedad natural y la otra se inunda.....	252
Figura 93. Registro de las lecturas de deformaciones.....	253
Figura 94. Muestras después del ensayo de colapso, se observa la deformación que sufrió la muestra.	253

Figura 95. Ensayo de hidrometría, uso de batidora para mezclar el agua, la muestra y el hexametafosfato.	254
Figura 96. Medición de cimentación con el hidrómetro 152-H.....	254

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Plano de zonificación geotécnica de la micro cuenca de Puno	137
Anexo B. Mapa de escenario de riesgo de lluvias en la provincia de Puno.....	138
Anexo C. Plano de cartografía , zona afectada.....	140
Anexo D. Certificados de resultados de ensayos de laboratorio.....	141
Anexo E. Certificados de calibración de equipos del laboratorio.. ..	192
Anexo F. Constancia de haber realizado los ensayos en el laboratorio	244
Anexo G. Panel fotográfico	245
Anexo H. Matriz de consistencia.....	255

RESUMEN

Este trabajo tiene entre sus objetivos fundamentales determinar los cambios de los parámetros geotécnicos en los suelos del depósito sedimentario de origen aluvional y fluvial que se encuentra cercanos al borde lacustre, en la costa de la Ciudad de Puno. Por otra parte, evaluar posibles fallas por colapso o licuación que se pueden presentar al variar estos parámetros de suelos. Se planteó, para el cumplimiento de la investigación, los objetivos siguientes: definir los valores o el rango de variación de los parámetros geotécnicos; el segundo objetivo es determinar la probabilidad y potencial de los suelos de presentar colapso en el área cercados al lago; y, en tercer lugar, determinar la probabilidad de ocurrencia de licuación de estos estratos. Se realizaron ensayos en el laboratorio y se complementaron con la información bibliográfica disponibles, donde se pudo observar la variabilidad tanto horizontal como vertical que presentan los parámetros geotécnicos. Posteriormente, se determinaron la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos de colapso y licuación. El principal inconveniente encontrado es que, frecuentemente, cuando se habla de estudio de suelo, solo se realizan calicatas de tres metros y se requieren de por lo menos 15 metros de acuerdo a la norma técnica E.050 para realizar las comprobaciones que la misma norma establece para la colapsabilidad y licuación de los suelos. Por otra parte, de todos los estudios de suelos revisados, no se encontraron ensayos de SPT para el establecimiento de la consistencia de los estratos, tampoco se obtuvieron muestras imperturbadas a las cuales realizar ensayos de densidad volumétrica seca, gravedades específicas, con las cuales determinar las relaciones de vacío y porcentaje de saturación. Se pudieron realizar las comprobaciones establecidas por la norma anteriormente citada en la determinación de las potencialidades de los suelos a presentar colapso o licuación, tomando los parámetros geotécnicos encontrados. En cuanto a los resultados, se concluye que existe la posibilidad de ocurrencia de ambos fenómenos, sin embargo, se requiere estudios de mecánica de suelos (EMS) específicos en el área costera bajo estudio. Es conveniente resaltar que las humedades encontradas son muy altas y, en consecuencia, los suelos no presentan grados de cementación, presentándose inmediatamente la falla del suelo al ser cargados, por lo que no deben ser tratados como suelos colapsables.

Palabras clave: suelo, colapso, licuación, densidad natural seca, límite líquido.

ABSTRACT

Among its fundamental objectives, this work has to determine the changes in the geotechnical parameters in the soils of the sedimentary deposit of alluvial and fluvial origin that is located near the lake edge, on the coast of the City of Puno. And on the other hand, evaluate possible failures due to collapse or liquefaction that may occur when these soil parameters vary. The following objectives were proposed to fulfill the research: define the values or range of variation of the geotechnical parameters, the second objective is to determine the probability and potential of the soils to present collapse in the area surrounded by the lake, and thirdly determine the probability of liquefaction occurring in these strata. Tests were carried out in the laboratory, and were complemented with the available bibliographic information, where both horizontal and vertical variability of the geotechnical parameters could be observed. Subsequently, the probability of occurrence of collapse and liquefaction phenomena was determined. The main drawback found is that, frequently when talking about soil studies, only three-meter pits are made and at least 15 meters are required according to technical standard E.050 to be able to carry out the checks that it requires. standard established for the collapsibility and liquefaction of soils. On the other hand, of all the soil studies reviewed, no SPT tests were found for establishing the consistency of the strata, nor were undisturbed samples obtained on which to perform dry volumetric density tests, specific gravities, with which to determine vacuum and percentage saturation relationships. The verifications established by the previously mentioned standard could be carried out in determining the potential of the soils to present collapse or liquefaction, taking the geotechnical parameters found. Regarding the results, it is concluded that there is the possibility of occurrence of both phenomena, however, specific soil mechanics studies (EMS) are required in the coastal area under study. It is convenient to highlight that the humidities found are very high, and consequently the soils do not present degrees of cementation, immediately causing soil failure when loaded, so they should not be treated as collapsible soils.

Keywords: soil, collapse, liquefaction, natural dry density, liquid limit.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, se analizaron las fallas por colapso o licuación que pueden presentarse en los depósitos sedimentarios de los suelos de origen aluvionales y fluviales ubicados en el borde lacustre del área costera en la ciudad de Puno, basándose en los valores típicos y comportamientos de los parámetros geotécnicos. Estos estratos de suelos en general se caracterizan por una consistencia blanda o suelta, de tamaño de los granos finos y con nivel freático cercano a la superficie.

Para el análisis del comportamiento de los parámetros geotécnicos, se realizaron ensayos de campo como de laboratorio. Se revisaron las literaturas donde se describen los mismos, evaluándose posteriormente el potencial de falla de los estratos de suelos por colapso y licuación.

En cuanto al potencial de colapso del suelo cercanos al borde lacustre, puede ocurrir por el aumento de la saturación o tensiones sobre el suelo, el cual provoca el ablandamiento o remoción del material cementante entre partículas esto hace que se ocasione colapso hacia sus poros vacíos, el cual refleja el cambio brusco de volumen y disminución de la resistencia al corte. La ocurrencia de colapso en los suelos genera grandes problemas en obras civiles, observándose fisuras y grietas en elementos estructurales por asentamientos diferenciales, desprendimientos superficiales de las capas de suelos en los taludes, fallas en terrazas de suelos naturales, fractura y hundimiento de pavimentos entre otros. De lo anterior, se desprende la importancia de realizar estudios de evaluación de posibilidad de ocurrencia de los fenómenos de colapso y licuación, tomando las medidas correctivas con el propósito de eliminar o disminuir los impactos (1).

Hay varios métodos teóricos propuestos y normados que estiman el potencial de colapso partiendo de algunos parámetros físicos de los suelos, entre ellos, tenemos a los ensayos de simple edómetro y doble edómetro que son los ensayos más utilizados en la identificación de suelos colapsables.

En relación a las posibilidades de ocurrencia del fenómeno de licuación, se procede a la revisión las propiedades geotécnicas de acuerdo a dos criterios, el primero, revisando las propiedades en el campo según el criterio de Kishida, y, el segundo, basado en el potencial de licuación establecido en la norma técnica E.050, que rigen los estudios, ensayos y diseños de cimientos.

El objetivo principal es determinar cómo se ven afectados los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos cercanos al borde lacustre, al ocurrir cambios en el nivel freáticos o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por

colapso o licuación. En este sentido, se plantean tres objetivos específicos: 1) Obtener los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre, 2) Determinar la posibilidad de ocurrencia y potencial de colapso del depósito de suelos cercano al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno, y 3) Definir la posibilidad de ocurrencia y potencial de licuación del depósito de suelos cercano al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno.

Para determinar los parámetros geotécnicos de los suelos, se siguieron las normas internacionales ASTM y la Norma Técnica Peruana (NTP), las cuales estandarizan los procedimientos y cálculos correspondientes. Las normativas ASTM y NTP aplicadas incluyen los códigos ASTM D5333, ASTM D2216-19, ASTM D422-63, ASTM D4318-27 y NTP 339.139-1999. Además, para el análisis de los resultados, se utilizaron los indicadores especificados en la E. 050 "Suelos y Cimentaciones".

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. *Planteamiento del problema.*

Entre los desastres naturales, los cuales conllevan a grandes pérdidas de vidas, así como de materiales, se encuentran aquellos que ocurren por cambios en el comportamiento de los depósitos suelos donde se encuentran asentadas las ciudades. En los diferentes medios de comunicación se han escuchado casos como: fallas en edificaciones por asentamientos bruscos debido a suelos colapsables; fallas, desplazamientos o inclinación en estructuras debido al fenómeno de licuación del suelo; colapso de estructuras debido a asentamientos diferenciales; grandes incrementos de la amplitud de las ondas sísmicas al pasar por depósitos de suelos muy blandos o sueltos; o grandes desplazamientos de tierras en taludes al perderse la resistencia cortante de los suelos.

Un factor externo que influye en el cambio de las propiedades de estos depósitos de suelos son los cambios climáticos, como lo menciona la Organización Meteorológica Mundial (2) que debido a las tormentas que han arrojado una gran cantidad de precipitaciones en un periodo muy corto, en los 50 años anteriores, se han producidos unos 11,000 desastres con unos 2 millones de muertes e innumerables pérdidas.

En cuanto a los movimientos sísmicos, el Distrito de Puno está en zona sísmica 3. Sin embargo, sus efectos se ven amplificados debido a que los depósitos aluviales y fluviales son muy blandos o sueltos, uno de sus efectos es que sismos lejanos se sienten su intensidad en esta región. Se recuerda el sismo de 1868, el cual destruyó las ciudades de Juliaca, Puno, Tacna y Arequipa. (3)

El 26 de mayo de 2019, un terremoto con magnitud 8,0 Mw, ocasionó el colapso de viviendas en los departamentos de Loreto, Amazonas, San Martín y Cajamarca. Se observó la licuación en el Malecón de Huallaga, se presentaron conos de arenas, grietas largas y abiertas, y desplazamientos laterales. (4)

De todo lo anterior expresado, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastre, UNDRR, hace hincapié que los desastres son resultado de la ignorancia, descuido, incapacidad del personal técnico, falta de cumplimiento de las

normativas, o faltas de medidas preventivas, de todas aquellas personas que intervienen en el ordenamiento y construcción de las ciudades o metrópolis. (5)

Dado el planteamiento de la UNDRR, se podría preguntar si los entes gubernamentales, que organizan y aprueban las diferentes edificaciones en la ciudad de Puno, así como las empresas privadas encargadas de estas construcciones, comprenden el comportamiento del depósito aluvional y fluvial cuando se encuentra sometidos a cambios del nivel freático o bajo acciones sísmicas. Aplicando las medidas correctivas, evitando pérdidas de vida y materiales por la disminución de los esfuerzos cortante de los suelos o modificaciones de solicitudes sobre las diferentes edificaciones.

1.1.1.1. Problema general.

¿Cómo se ven afectados los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno cercanos al Lago, al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación?

1.1.1.2. Problemas específicos.

1. ¿Se pueden determinar valores o rangos de los parámetros geotécnicos del depósito de suelos cercanos al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno?
2. ¿Con la información geotécnica obtenida se puede determinar la posibilidad de ocurrencia y el potencial de colapso del depósito de suelo cercano al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno?
3. ¿Con la información geotécnica obtenida se puede determinar la posibilidad de ocurrencia y el potencial de licuación del depósito de suelo cercano al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Realizar un análisis de los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno, al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación, mediante análisis de muestras y observaciones de campo en los años 2022 y 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar rangos de valores para los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno.
2. Determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de colapso del depósito de suelo cercano al borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno.
3. Determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de licuación del depósito de suelos cercano al borde lacustre en la zona costera de la ciudad de Puno.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica.

El estudio de los suelos de fundación es muy importante en la construcción de obras de edificaciones, porque el suelo es el que soporta el peso de las edificaciones, en este caso, el estudio del suelo es necesaria para diseñar y definir la altura de una edificación, para evitar pérdidas financieras causadas por daños en el suelo durante los procesos constructivos y posteriores a la construcción.

Para la determinación de los potenciales de colapso y licuación de los suelos, se requiere la aplicación de ciertos criterios para los cual se debe tener definidos los parámetros geotécnicos del suelo en estudio, en este caso los depósitos sedimentarios de suelos aluvionales y fluviales que se encuentran en la cercanía del borde lacustre. Por esta razón, como el caso de suelos colapsable, se deben realizar ensayos físicos para identificarlos y clasificar, tales como Simple Edometría, Doble Edometría, para identificar los cambios de un suelo al humedecerlo y someterlo a cargas de diferentes esfuerzos y el ensayo de Hidrometría, para evaluar si las arcillas aportan resistencia adicional al humedecerse el suelo o son lavados si aumenta su saturación y producir el colapso.

1.3.2. Justificación técnica.

Este trabajo viene a organizar la información existente en cuanto a propiedades físicas y mecánicas, identificadas como parámetros geotécnicos, del depósito de suelos que se encuentra cerca del borde lacustre en la ciudad de Puno, por cuanto se considera que los profesionales que diseñan las diferentes edificaciones de la ciudad, no poseen conocimiento de los riesgos de desastre si se encuentra la posibilidad de tener suelos colapsables o licuables bajo las estructuras.

Por otra parte, al revisar la literatura existente, se puede determinar si los ensayos realizados son los requeridos para correcta evaluación de los fenómenos de colapso y licuación de los suelos.

Se planteó determinar el potencial de colapso en el borde lacustre en el área costera de la ciudad de Puno, en lugares que tienen mayor riesgo de movimiento de masas e inundación, para evitar problemas de asentamiento del terreno, agrietamientos, fisuras en las estructuras, desniveles entre los pisos de las edificaciones, que viene afectando a la gente de dichas zonas.

El suelo colapsable es un problema en la ingeniería civil por que pierde resistencia cuando su volumen disminuye bruscamente por el impacto del agua o el aumento de carga. Si estos suelos no se estudian pueden generar serios problemas en las edificaciones como fallas en las cimentaciones por el suelo de fundación y asentamientos diferenciales.

Debido a ello se planteó determinar el potencial de colapso, para evitar la problemática actual que presenta el borde lacustre de la ciudad de Puno, debido a que se encuentra en zonas de movimiento de masas e inundación.

1.3.3. *Justificación social.*

Esta investigación beneficia a los habitantes de la ciudad por cuanto evita pérdida de vidas y económicas, aportando conocimientos fundamentales sobre el comportamiento del suelo al incrementar su saturación e incrementando cargas, permitiendo determinar la potencia de colapso de los suelos del borde lacustre de la ciudad de Puno.

Indistintamente, la importancia de la determinación de la potencia de colapso de los suelos, se fundamenta en definir si es posible realizar cimientos de edificios en estos suelos, de acuerdo al artículo 35 relacionado al estudio sobre suelos colapsables, de la NTP E.050, así los profesionales responsables de realizar los diseños de los cimientos, definirán los tipos más adecuados para mitigar o eliminar los efectos de estos tipos de suelos.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis.

1.4.1.1. Hipótesis general.

En un suelo inmerso por agua freática y sometido a carga se genera condiciones de potencial colapso.

1.4.1.2. Hipótesis específica.

1. La dispersión de las partículas en una inmersión del suelo arcilloso en la napa freática baja la densidad del suelo.
2. Cuando la variación de deformación vertical tiene valores negativos, se tiende a alcanzar variaciones de relación de vacíos positivos.
3. Cuando aumenta la presión de carga en el suelo inundado, provoca una mayor deformación del suelo.

1.4.2. Descripción de variables.

1.4.2.1. Variable Independiente.

La variable independiente está constituida, por los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos del depósito sedimentario (de origen aluvional y fluvial) cercano al borde lacustre de la zona costera en la ciudad de Puno, los cuales influyen en las capacidades de cargas y asentamiento.

Entre estos parámetros se encuentran: la humedad, densidad seca, la gravedad específica, la distribución granulométrica, los índices de consistencia, la relación de vacíos, entre otros.

1.4.2.2. Variable Dependiente.

Es la posibilidad de ocurrencia de fallas de los estratos de suelos por los fenómenos de colapso o licuación, al ocurrir cambios en los parámetros geotécnicos.

1.4.2.3. Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Tipo de Variable		Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Técnicas	Tipo de Variable	Escala de Medición
Variables Independiente	Parámetros geotécnicos	Propiedades de los suelos que definen su capacidad para soportar cargas, y establecen el asentamiento en una cimentación.	Características Físicas	Tamaño de los granos. Contenido de humedad. Densidad seca.	Ensayos de laboratorio y de campo	Cuantitativa	Tamices normados.
						Cuantitativa	Porcentaje.
			Características mecánicas	Límites de consistencias. Esfuerzo cortante. Saturación Relación de vacío.	Ensayos de laboratorio y de campo	Cuantitativa	Kg/m3
						Cuantitativa	Porcentaje
			Cambio de humedad o Nivel Freático	Diferencia de nivel entre las superficies suelo y agua	Medición vertical	Cuantitativa	Kgf/cm2 Razón
Magnitud sísmica	Coeficiente de aceleración horizontal	Espectro de diseño.	Cuantitativa	Razón			
Variable Dependiente	Falla de los estratos de suelos	Falla en los estratos de suelo por cambios en su capacidad portante o incremento de los asentamientos, debido a los fenómenos de colapso o licuación, como consecuencia de cambios en los parámetros geotécnicos.	Colapso del suelo	Índice de compresión. Coeficiente de Consolidación. (Método del simple edómetro)	Gráfica de relación de vacíos (e) vs logaritmo de presión.	Cuantitativas - Continuas	Escala de Razón
				Índice de colapsabilidad del suelo. (Método del doble edómetro)				Gráfica de relación de vacíos (e) vs logaritmo de presión.	Cuantitativas - Continuas	Escala de Razón
				Porcentaje de finos. Razón limo-finis, y arcilla-finis (Método por hidrometría)	%	Cuantitativas - Continuas	Porcentaje. Escala de Razón
			Susceptibilidad a la licuación	Resistencia cíclica al corte del suelo (CRR). Esfuerzo cíclico de corte debido al sismo (CSR).	Criterios y formulas.	Cuantitativa	Kgf/cm2
				Criterios y formulas.	Cuantitativa	Kgf/cm2	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

En cuanto a los suelos colapsables, alrededor de la década de 1950 se comenzó a investigar y estudiar estos suelos, y se encontró que tenía las siguientes características: estructura microporosa, tamaño de grano principalmente fino, baja densidad y alta proporción de huecos. A continuación, se presenta diferentes investigaciones desde el campo internacional, nacional y local relacionada con el problema de esta investigación.

2.1.1. Antecedentes mundiales.

LI, P., VANAPALLI, S. y LI, T. (2016) (6) presentaron el artículo de investigación titulado: “*Review of Collapse Triggering of Collapsible Soil Due to Wetting*”, que en español dice “Revisión del Mecanismo Desencadenante del Colapso de Suelos Colapsables por Humectación”, en la revista “*Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering – Chinese Academy of Sciences*”. Los investigadores señalan que existe un problema con los suelos loess ya que su estructura es suelta en forma de panal que tienden a reducir repentinamente su tamaño o colapsar cuando estas se humedecen. Este problema ocasiona daños a las estructuras construidas en estos terrenos, con casos de pérdidas de vidas. El cual tuvieron como objetivo proporcionar una revisión del estado del arte sobre el mecanismo de colapso con especial referencia a los depósitos de suelos loes. Mediante los estudios del mecanismo de colapso donde se resumen en tres categorías, es decir, enfoque tradicional, basados en la microestructura y la mecánica del suelo, con especial referencia a los depósitos de suelo de loess ya que los enfoques tradicionales no son suficiente para definir el comportamiento del colapso de todos los suelos. Concluyendo, que los enfoques tradicionales no son satisfactorios para explicar universalmente el comportamiento de colapso de todos los suelos loes. Sin embargo, estos enfoques fueron valiosos para comprender mejor la colapsabilidad de suelos loess locales a partir de pruebas simples. Se reconoce ampliamente que la microestructura del suelo influye en el control del comportamiento de suelos loess. Sugieren enfoques más simples basados en la mecánica de suelos con menos parámetros o parámetros que sean fáciles de determinar a partir de pruebas convencionales para futuras investigadores a fin de comprender mejor el colapso de los suelos loess natural.

OPUKUMO, A.W. et al. (2022) (7). Presentaron el artículo de investigación titulado: “*A Review of the Identification Methods and Types of Collapsible Soils*”, que en español dice, “Una Revisión de los Métodos de Identificación y Tipos de Suelos Colapsables”, en la revista *Engineering and Applied Science*. Los investigadores presentaron que la estructura metaestable abierta de los suelos colapsables que han estado causando daños en infraestructuras resultando varias pérdidas económicas y pérdidas de vidas en ciertos casos. El objetivo es proporcionar una revisión de última generación de los diferentes tipos de suelos colapsables, métodos de campo y de laboratorio para predecir y medir su potencial de colapso. Los investigadores concluyeron que, existen ciertos consensos sobre qué características hacen que un suelo sea metaestable o colapsable, ya sea natural o antropogénico. Las principales de estas características incluyen una estructura abierta, estado no saturado, baja densidad seca, alta relación de vacíos y porosidad, y una unión inicial suficientemente alta. Casi todos los tipos de suelos pueden exhibir características de colapso dadas las condiciones adecuadas de colocación o envejecimiento, pero los suelos loess o loessial parecen ser las formas más comunes de suelos colapsables que dominan la literatura. Se han propuesto varias técnicas para predecir y clasificar el colapso. Se agrupan en correlaciones indirectas, método de carga de laboratorio, geofísico y de campo. Aunque se considera que los métodos de laboratorio son los mejores para describir estos suelos, con el fin de diseñar infraestructuras seguras y económicas.

QUINTOS (2020), (8), trabajo de maestría, “*Métodos de análisis de vulnerabilidad a la licuación en suelos*”. En este trabajo se revisan los métodos para el análisis de la licuación, se revisan los cálculos de asentamientos comparándolo con un fenómeno en estudio, se analizan los parámetros requeridos por los métodos de determinación de vulnerabilidad por licuación. Analiza los parámetros en el cálculo de deformaciones y se aplican los métodos a casos de estudio. El aporte al presente trabajo es presentar las metodologías para determinar el esfuerzo cortante cíclico normalizado inducido por el sismo (CSR).

2.1.2. Antecedentes regionales.

ALMENDRAS, A. (2018) (9). En la revista "Ciencia Sur", se ha presentado un artículo de investigación bajo el título "Potencial de Colapso en Suelos Limosos", donde el investigador aborda el estudio de los suelos loess ubicados en el Dpto. de Tarija, Prov. de Gran Chaco, Sur de Bolivia. Regiones áridas con predominio de limos arenosos. El objetivo fue definir el **PC** de suelos limosos, considerando los valores característicos de estos suelos que generen colapso, según la ASTM D-5333 se obtuvo un PC de 13,94%, lo cual indica que al aumentar la humedad y ubicarse cerca de la saturación ocurrirá un asentamiento brusco

por colapso. La propuesta de revisión fue: definir el PC por Gibbs (1962), Fedá (1964), Benites (1968) y Handy (1973), verificando posteriormente por las pruebas de Denisov (1951) y Soviet Building Code (1962).

RAMIREZ, E. T. (2021) (10). Sustenta la tesis: “Métodos para Identificar Suelos Colapsables”, en la Univ. Santo Tomás, Bogotá, el investigador explicó los desafíos relacionados con los suelos colapsables, que generan importantes asentamientos diferenciales, dando provocar pérdidas humanas y económicas considerablemente importantes. Su objetivo fue establecer rangos de valores geotécnicos de colapso para diferentes suelos, agrupando los diferentes métodos y técnicas de estudios del fenómeno de colapso. Estableciéndose el método a través del edómetro (ensayo simple o doble) como el más confiable en la definición del PC, ya que, se puede controlar los factores que más influye (humedad, densidad seca, carga externa). El método SEM proporciona características importantes que permiten identificar en detalle la composición y estructura de la muestra. Su desventaja radica en que es caro y difícil de conseguir. El método de hidrometría convencional es práctico ya que normalmente es correcto al interpretar los resultados utilizando las tablas que tienen los diferentes estándares (ASTM, USCS).

PARRA, A. y GRISALES, Y. (2021) (11). Sustentaron la tesis: “Evaluación del Potencial de Colapso de las Dunitas de Medellín”, en la Universidad Cooperativa, en la carrera de Ingeniería Civil, los investigadores examinaron la situación en Medellín, Colombia, donde se han observado movimientos de tierra que podría atribuirse al colapso del suelo en esa zona. Esta evidencia resalta la importancia de abordar los problemas asociados con estos fenómenos para asegurar la estabilidad de las edificaciones y de la comunidad en general. deslizamientos de tierra con víctimas mortales y pérdida de materiales. Con el objetivo de definir los parámetros que conduzcan al análisis del potencial de colapso en las Dunitas de Medellín. Concluyeron que los resultados de la prueba de **PC** de los suelos casi saturados utilizando la norma INV E-157 determinaron el GC de los suelos. Lo que dio un índice de colapso (IC) de 0,1 para la muestra 1, que tiene posibilidad de colapsarse, y la muestra 2 se obtuvo un **IC** de 0,4, que es medianamente colapsable. Además se analizó el **PC** con base en los criterios propuestos por Denisov (1964), Abelev (1948), Fedá (1960), Priklonski (1952), Código de Construcción Soviético (1962), según los criterios antes mencionados el suelo no es colapsable, A excepción del Código de Construcción Soviético que dio un suelo colapsable, siendo conservador para la normativa o investigador que dio resultado de colapso, consiguieron suelos porosos y por esta razón son propenso al colapso.

QUISPE (2023) (12), *“Evaluación geotécnica de los Suelos del Terreno de Fundación para la Construcción de la Avenida Costanera Sur de la Ciudad de Puno”*. Este trabajo se ubica en la Av. Costanera en la ciudad De Puno, donde se realizó un estudio geotécnico para la construcción de la avenida definiendo los parámetros geotécnicos de la subrasante y de los sitios de préstamos. La metodología es tipo descriptivo y analítico. Se realizaron 12 calicatas con profundidad que llegaron hasta los 3,60 m, los niveles de agua se ubicaron entre 1,30m y 2,5 m. Se determinó que los suelos encontrados no son estables, encontrándose en su mayoría limos arenosos de mediana a alta compresibilidad (MH). Se mejoró la construcción de terrazas con préstamos que cumple con las bandas granulométricas del manual de carreteras. El aporte para este trabajo, es que los ensayos realizados se encuentran dentro del área de estudio de esta investigación, comparándose estos ensayos con los obtenidos en el laboratorio.

2.1.3. Antecedentes nacionales.

FLOREZ, A. O. (2017) (13) . Apoya la tesis: “Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Distrito del Puesto de Salud Intiorko de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna – 2017”. El investigador se presentó con base en información existente cerca del área de estudio y debido a la alta proporción de huecos, humedad natural y alto contenido de sal decidió realizar la investigación ya que sus propiedades físicas podrían ser propias de suelos colapsables. Con el objetivo de definir parámetros físicos, mecánicos, químicos y **PC** de suelos del Puesto de Salud de Intiorko, distrito de Ciudad Nueva, departamento de Tacna. Se desarrolló investigación aplicada, porque se utilizaron conocimientos preexistentes en investigación y códigos técnicos, revisando la documentación existente en el área estudiada, realizando ensayos estándar para identificar los suelos colapsables, como también ensayos en sitio utilizando la carga de colapso de la estructura del suelo para determinar el **PC**. Concluyó que el **PC** del suelo del Puesto de Salud de Intiorko, para la carga admisible de 1.00 kg/cm² es moderado, debido a cambios en las propiedades contribuyendo al **PC** y a la presión angular no produce grietas en las paredes.

CHOQUE y HUACHALLA (2022) (14). *“Evaluación por Diferentes Tipos del Potencial de Colapso en Suelos Inestables para Zonas Residenciales Urbanas”*. La finalidad del trabajo es realizar el análisis de suelos considerados colapsables utilizando diferentes criterios de identificación. Primeramente, se hicieron pruebas de laboratorio obteniéndose la caracterización de los suelos. El estudio se hizo en la ciudad de Juliaca, Urb. Villa Médica donde las edificaciones presentan grietas, con posibilidad que se deban al poca

compacidad y alta humedad de los suelos, al analizar el PC se presentan acciones que eviten la falla de las edificaciones. El aporte a esta investigación es que desarrolla una metodología para revisar los efectos en las estructuras, agrietamiento y asentamiento, debido a suelos colapsables. Por otro lado, se observa variabilidad de distribución de estratos vertical y horizontal, al igual que de los parámetros geotécnicos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelos colapsables.

El colapso generalmente ocurre en suelos porosos insaturados con estructura metaestable, que soportan altas fuerzas verticales en su estado natural, pero al aumentar el grado de saturación se produce un ablandamiento y remoción del material cementante que une las partículas, provocando un cambio brusco en el volumen del suelo y la disminución de la resistencia del material.

Estos suelos colapsables se caracterizan por tener estructuras macroporosas, predominando en el tamaño de su grano fino de la arcilla, limo y arena, con gran separación entre partículas. Tienen una alta resistencia a la deformación con su contenido natural de agua, tienen baja plasticidad, alta proporción de huecos, baja densidad y alta rigidez en estado seco. (10). La figura 1 muestra la vista microscópica de un suelo colapsable.

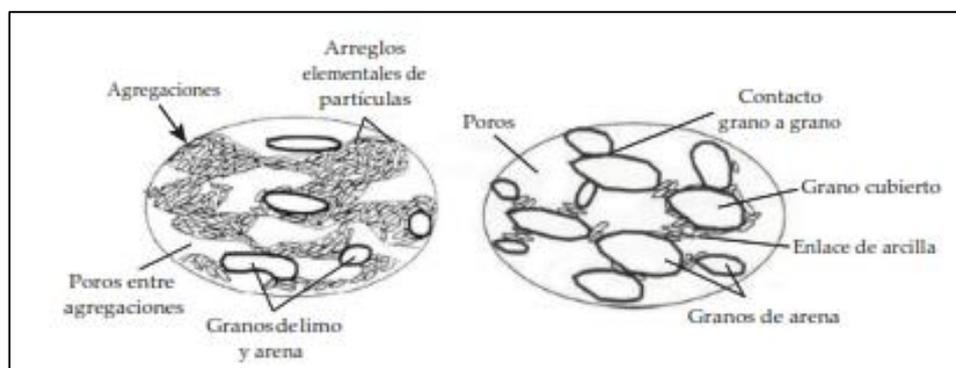


Figura 1. Estructura típica de un suelo colapsable. Tomada de "Revisión teórica de evaluación del potencial de colapso en las Dunitas de Medellín", por Rodríguez, Salgado, Gallo y Vanegas, 2014, p. 194.

2.2.2. Origen de suelos colapsables.

Los suelos con potencial de colapso pueden ser naturales o antropogénicos (diseñados o no diseñados). Respecto a los suelos naturales los hay (eólicos, aluviales, coluviales, etc.).

Los suelos identificados como potencialmente colapsables tienen orígenes bastante variables. Almendras (9) señala que, para que se presente el colapso en un suelo debe reunirse ciertas características de estados, que originen una meta-estabilidad en el suelo que con el cambio de ciertos factores externos cambien su estado tensional y produzca un cambio volumétrico brusco.

“La magnitud y su velocidad de colapso se gradúa según la mineralogía, el porcentaje de saturación, el índice de saturación, el índice de vacíos, las sobrecargas aplicadas y la estructura del suelo. Las altas temperaturas y precipitaciones de las regiones tropicales contribuyen a particulares propiedades geotécnicas, que promueven la ocurrencia de ciertos fenómenos como el colapso” señalado por Valencia et al. (1 pág. 61).

2.2.3. Factores de microestructura del suelo para interpretar el comportamiento de colapso.

Según Ping L. et al. (6), la microestructura de los suelos se ha analizado en términos de cuatro factores, es decir:

2.2.3.1. Patrón de partículas.

Se basa principalmente en dimensión y el origen de las partículas, también en la forma de las partículas (esfera, escama, tubo, aguja y floculos), la forma de las partículas también es un indicador del comportamiento mecánico de las arcillas (6).

2.2.3.2. Relación de contacto.

El proceso de colapso se inicia con la modificación de la cantidad de agua, que depende del nivel inicial de humedad y la tensión vertical del suelo bajo la cual se humedece el suelo. La estructura del suelo falla y tiene lugar un reordenamiento de las partículas, transformando una estructura abierta estable inicial en una estructura cerrada remodelada, lo que se considera como el proceso de colapso. La relación de contacto es un indicador importante para determinar si es fácil o no que las partículas se deslicen unas sobre otras (6).

2.2.3.3. Forma de poros.

Los poros en los suelos se dividen en macro poros (agujeros de raíces, agujeros de gusanos y agujeros de roedores), poros espaciados (depósitos eólicos) y poros intergranulares (poros superiores, poros entre lazados y también poros en los agregados), los poros tienen una gran influencia en el comportamiento de colapso (6).

2.2.3.4. Material de unión.

El material de unión, incluye carbonatos de calcio y arcillas generalmente. Los minerales arcillosos se consideran dominantes agentes de unión, hay investigadores que indican si un suelo tiene suficiente arcilla, puede expandirse en lugar de colapsar al mojarse, pero Kraev (1969) sugirió que la presencia limitada de arcilla se hincharía y eso aflojaría la estructura primaria del suelo suelto al mojarse, lo cual contribuye al colapso. Otros investigadores indicaron que el colapso máximo ocurre con un contenido de arcilla intermedio en lugar del mínimo.

Los cuatro factores dependen uno del otro, pero la forma de poros y el material de unión son sugeridos como los factores con mayor influencia en el comportamiento de colapso (6).

2.2.4. Tipos de colapso.

“El potencial de colapso es un fenómeno producido por el aumento de la humedad y el incremento de carga, que ocurren en determinado momento”. En el proyecto de investigación de Ramírez (10, pp. 22,23) explica que, los tipos de colapso son los que se dan por:

2.2.4.1. Susceptibilidad al colapso.

Los parámetros geotécnicos de densidad, plasticidad y relación de vacíos sirven como características definitorias.

2.2.4.2. Colapso inducido por humectación o hidro-compresión.

Se forma cuando el suelo está saturado y compactado, lo que se puede lograr con diferentes contenidos de agua.

2.2.4.3. Auto colapso.

Ocurre cuando el suelo no puede soportar su propio peso y también se ve comprometida al adicionar peso sobre la estructura del suelo.

2.2.4.4. Colapso por compactación.

Esto se debe a la mala compactación de los rellenos artificiales.

2.2.4.5. Pseudo – colapso.

Esto se da por los cambios de fuerza de los enlaces que mantienen unidas a las partículas.

2.2.5. Manifestación de problemas en edificaciones sobre suelos colapsables.

La estructura de un edificio puede verse dañado por los asentamientos del suelo. En la figura 2, demuestra cómo estos daños, principalmente grietas y/o fisuras se asemejan a los provocados por asentamientos diferenciales.

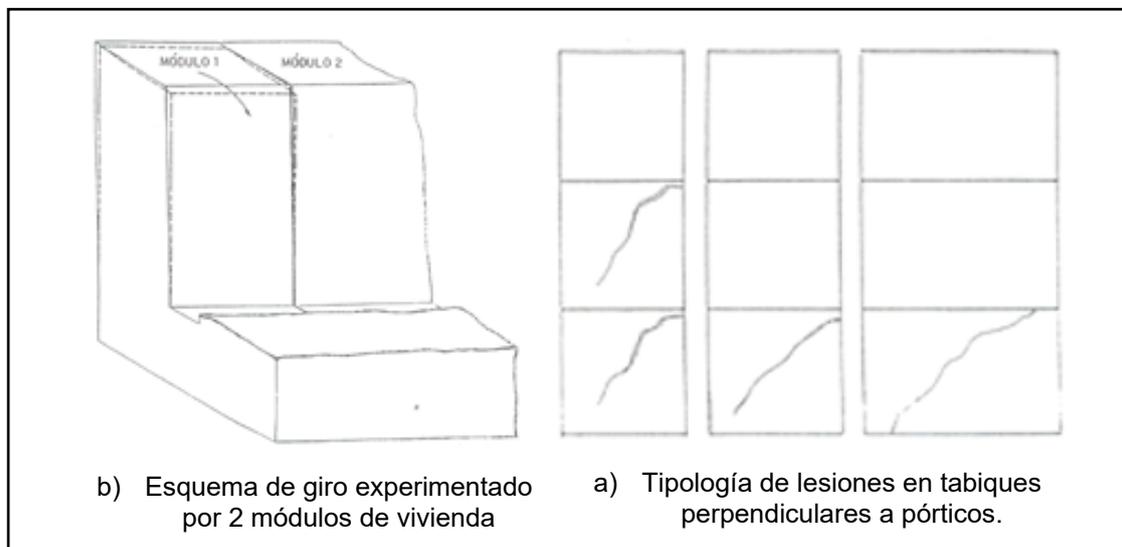


Figura 2. Grietas y fisuras a 45° en edificaciones. Tomado de “El lenguaje de las grietas”, por Serrano A. F., 1998.

La estructura de estos suelos puede producir asentamientos del terreno los cuales se reflejan sobre infraestructuras, como se observa en la figura 3, son muy evidentes generando daños importantes en vías, líneas férreas, etc.



Figura 3. Deformación en vías a consecuencia de un colapso de suelo, tomado de “vía colapsa a la salida de Fort-Louis”, por Antoine Cazabonne,2020.

En casos extraordinarios el colapso de suelos, puede tragarse literalmente algunas estructuras, como vemos en la figura 4.



Figura 4. Colapso del terreno y hundimiento de viviendas existentes. Tomado de “Suelos colapsables: conceptos y desarrollo de patologías” por ASEFA seguros, 2009, p. 5.

2.2.6. Métodos para la determinación de suelos colapsables.

Existen técnicas para identificar los suelos colapsables que analizan resultados numéricos y valores característicos de las muestras como lo son: porosidad, límites de consistencia, humedad, relación de vacíos y densidad. Ramírez (10 pp. 24-42) explica que, los métodos utilizados para la definir el potencial de colapso son:

1. **Método por simple edómetro**, se aplica gradualmente cargas verticales y aumentando el contenido de humedad nos permite medir la deformación o colapso.
2. **Método por doble edómetro**, también nos permite medir la deformación o colapso aplicando cargas verticales gradualmente, dicho método se realiza con una muestra en estado natural y la otra saturada.
3. **Método por hidrometría**, para la determinación de tamaños de partículas finas.
4. **Método por microscopio electrónico de barrido (SEM)**, Se analiza la superficie de materiales orgánicos e inorgánicos, aportándonos información sobre la composición química y morfológica de la muestra.
5. **Sistema PARIO**, nos permite identificar la distribución de partículas con más precisión.

De los cuales, se utilizarán los métodos simple edómetro, doble edómetro y método por hidrometría, debido que no se realizan los métodos de SEM y PARIO en los laboratorios.

2.2.6.1. Método por simple edómetro.

Mediante el uso de la máquina de consolidación, este método nos permite controlar, medir y calcular la saturación, densidad seca y la tensión máxima que soportara la muestra, factores que afectan el potencial de colapso.

El comportamiento del suelo durante el proceso de colapso se ilustra en la figura 5. En el tramo a-b, a medida que la carga σ_w aumenta, la relación de vacíos e_1 disminuye. Esto indica que la estructura sufrirá colapso y experimentará una reducción en altura y/o asentamiento mientras se mantiene la misma presión. Agregar agua continuamente llevará a la disolución del agente cementante, lo que provocará disminución adicional en la relación de vacíos. Este fenómeno ha sido señalado por Braja Das. (15 p. 728).

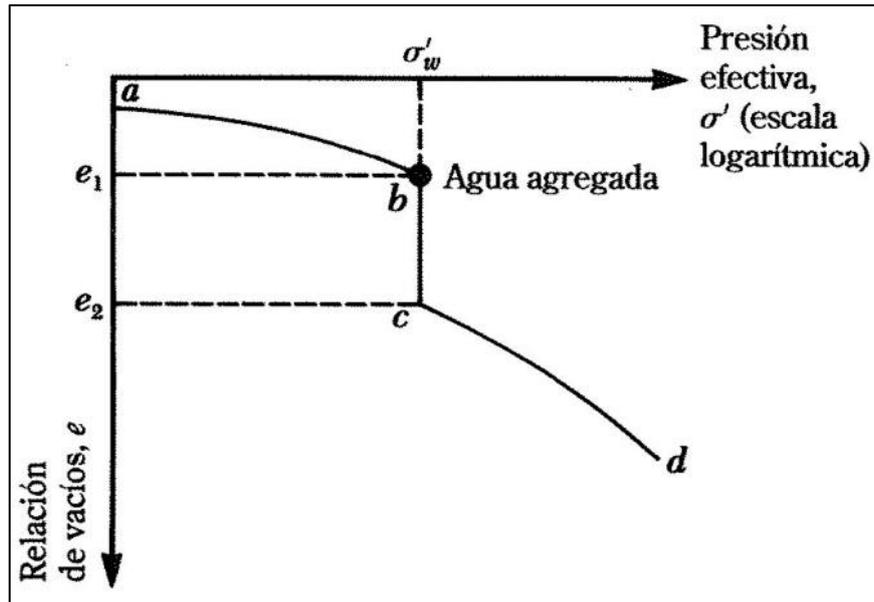


Figura 5. Relación de vacíos Vs presión efectiva en suelo colapsable.

Fuente: (Braja Das, 2001, p. 729).

2.2.6.2. Método por doble edómetro.

Se utilizan dos muestras de suelo idénticas e inalteradas, una con humedad natural y otra saturada, a cada muestra se le aplican cargas idénticas. Este método se basa en el supuesto de deformación. La Figura 6 muestra un ejemplo del resultado de una prueba de doble edómetro utilizando dos curvas de deformación vertical versus el esfuerzo aplicado, para la muestra con contenido de agua natural es la línea de círculos, donde se produce el colapso por la aplicación de una tensión vertical máxima; Para el segundo caso, la línea con triángulos representa la muestra saturada y da como resultado una disminución del colapso debido a la densificación y al aumento de agua en la muestra.

Cuando se comparan las curvas, el colapso observado ocurre a una tensión de 400 Kpa, donde hay una distancia vertical significativa entre las curvas, señalado por Ramírez (10, p. 28).

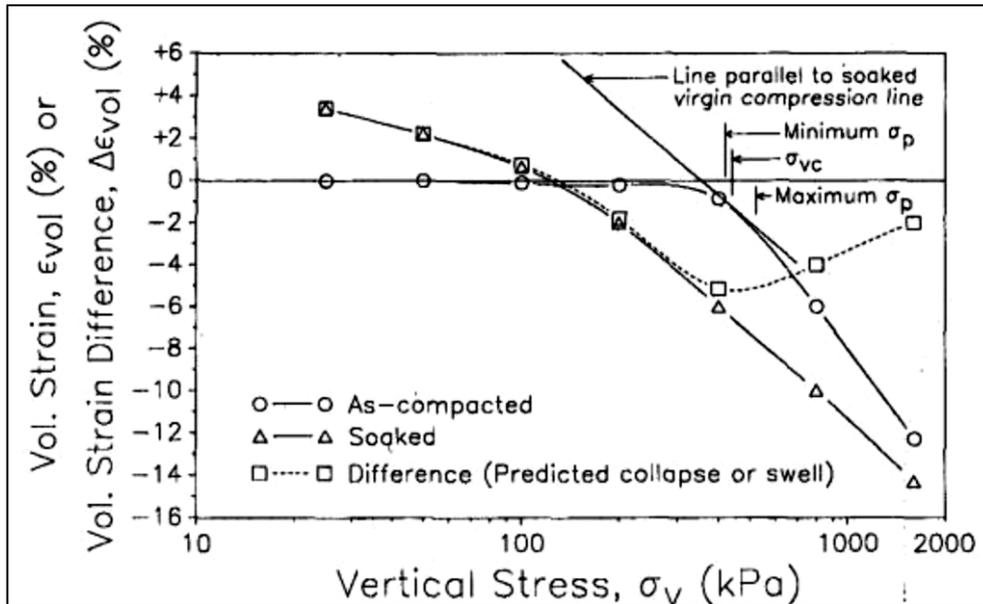


Figura 6. Curvas de compresión obtenidas de la prueba de doble edómetro. Tomado de “Métodos para identificar suelos colapsables”, por Ramírez, 2021, p. 28.

2.2.6.3. Método por hidrometría.

Se utilizan partículas que pasan por el tamiz de 74 μm (#200), las partículas se someten a un análisis granulométrico por hidrómetro, que consiste en determinar el tamaño de las partículas finas en suspensión, utilizando agua destilada y un agente dispersante durante un tiempo determinado.

“El resultado se muestra en una curva de distribución granulométrica (tamaño de partículas del suelo versus porcentaje que pasa). En la figura 7, se observa la distribución del tamaño de las partículas de un suelo colapsable mediante el ensayo de hidrometría”, señalado por Ramírez (10, p. 33).

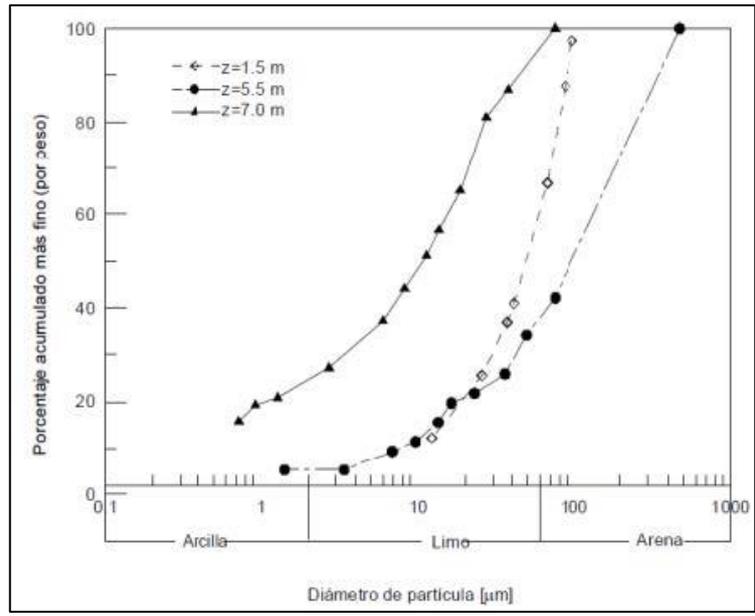


Figura 7. Distribución de los tamaños de partículas de suelos. Tomado de “Métodos para identificar suelos colapsables”, por Ramírez, 2021, p. 33.

2.2.7. Parámetros físicos para la determinación de suelos colapsables.

El artículo 35 de la NT E.050, establece que la probabilidad de colapso se debe determinar el límite líquido y la densidad natural. La figura 8, se ve la relación de suelos colapsables y no colapsables con los parámetros especificados.

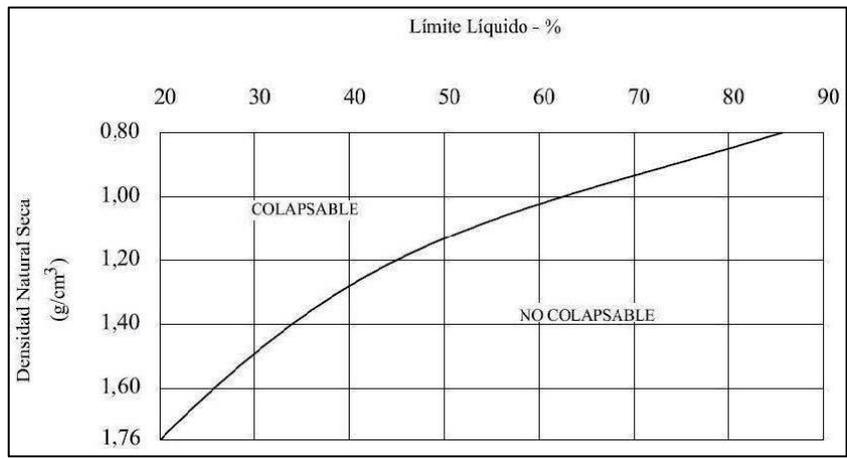


Figura 8. Criterios del potencial de colapso. Tomado de “NTP E. 050 Suelos y Cimentaciones”, por el Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018, p. 47.

La NTP E.050 (16), “establece que, si los resultados de la evaluación indican que el suelo es potencialmente colapsable, se deberá verificar la existencia de colapso mediante los resultados de ensayos normalizados para medir el potencial de colapso” (p. 47).

La prueba consiste en tomar una muestra inalterada y utilizar el equipo de edómetro para la realización del ensayo, aplicando cargas escalonadas hasta 2kg/cm² y luego se sumerge la muestra de suelo hasta saturarla. Determinándose las relaciones de vacíos (e_1 y e_2) Antes y después de la saturación, se calcula el Índice de Colapso (I_c) utilizando la siguiente expresión:

$$I_c(\%) = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad \text{o} \quad I_c(\%) = \frac{\Delta h}{h_0}$$

Donde:

Δe = representa el cambio en la relación de vacíos debido al colapso bajo humedecimiento.

e_0 = es la relación de vacíos inicial.

Δh = es el cambio en la altura de la muestra.

h_0 = es la altura inicial de la muestra.

En la tabla 2, la severidad del problema del colapso está determinada por los siguientes grados de colapso, los suelos dentro de la zona activa de cimentación no pueden tener un $I_c > 6$.

Tabla 2.

Índice de colapso I_c .

Grado de colapso	Índice de colapso I_c (%)
Ninguno	0
Ligero	0,1 a 2,0
Moderado	2,1 a 6,0
Moderadamente severo	6,1 a 10,0
Severo	>10,0

Nota: NTP E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, p.47.

Por otro lado, dependiendo del **LL**, la proporción de vacíos y el contenido de arcilla en las muestras que pueden colapsar, se han propuesto varios criterios para evaluar la susceptibilidad de un suelo al colapso.

En la tabla 3, se presenta los criterios para estimar el potencial de colapso:

Tabla 3.

Criterios reportados para la identificación de suelos que sufren colapso.

Investigador	Año	Criterio
Denisov	1951	<p>Coefficiente de hundimiento:</p> $k = \frac{\text{relación de vacíos en el límite líquido}}{\text{relación de vacíos natural}}$ <p>K=0,5 – 0.75; alto potencial de colapso K= 1.0; limo arcilloso que no presenta colapso K= 1,5 – 2,0; suelo que no presenta colapso</p>
Prikloński	1952	$K_D = \frac{(\text{humedad natural} - \text{límite plástico})}{\text{índice de plasticidad}}$ <p>$K_D < 0,0$; suelo con alto potencial de colapso $K_D > 0,5$; suelo que no presenta colapso $K_D > 1,0$; suelos expansivos</p>
Soviet Building Code	1962	$L = \frac{e_0 - e_L}{1 + e_0}$ <p>Donde e_0= relación de vacíos natural y e_L= relación de vacíos en el límite líquido. Para un grado de saturación natural menor que 60%, si $L > -0,1$, se trata de un suelo que presenta colapso.</p>
Feda	1964	$K_L = \frac{W_0}{S_r} - \frac{L_p}{I_p}$ <p>Donde W_0=contenido de agua natural, S_r = grado de saturación natural, L_p= límite plástico e I_p= índice de plasticidad. Para $S_r < 100\%$, si $K_L > 0,85$, se trata de un suelo que presenta colapso.</p>
Handy	1973	<p>Loess de Iowa con contenido de arcilla (<0,002 mm):</p> <p><16%; alta probabilidad de colapso 16 – 24 %; probabilidad de colapso 24 – 32%; menos del 50% de probabilidad de colapso >32%; usualmente seguro contra colapso</p>

Nota: tomado de “Evaluación por diferentes métodos del potencial de colapso de algunos suelos residuales en los Valles de Aburrá y San Nicolás”, por Valencia, Yepes y Echeverri, 2015, p. 63”.

2.2.8. Ensayos de laboratorio usados para su caracterización física.

Los estudios geotécnicos se basan para determinar los parámetros físicos y mecánicos de los suelos, dichos estudios están establecidos por la NT E.050 Suelos y Cimentaciones y las Normas ASTM.

Entre los ensayos requeridos para la definición de las características físicas se debe incluir:

1. Contenido de humedad (NTP 339.127)
2. granulometría (ASTM D422-63 (2007) e2,)
3. Límites de consistencias (, NTP 339.129)
4. Determinación de peso volumétrico de suelos cohesivos (NTP 339.139-1999 -revisada al 2019)

2.3. Criterios de Chequeos Rápidos

Se plantea a continuación dos procedimientos de revisión de los suelos colapsables y propensos a licuación, ya que los ensayos requeridos pueden hacerse en campo en una camioneta adaptada para realizar granulometrías, límite de consistencias, gravedad específica, densidad seca, y humedades.

2.3.1. Colapsabilidad de los Estratos.

Se utiliza el criterio de Holtz y Hilf (1961), que en general expresa que los suelos susceptibles a colapso son aquellos cuya relación de vacío es grande que permita que su humedad sea mayor que **LL** al humedecerse (17).

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + LL \cdot G_s}$$

Con el fin de determinar la variación de los rangos al variar el peso específico, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 4.

Criterios reportados para la identificación de suelos que sufren colapso.

LL	Gs 2,65	Gs 2,66	Gs 2,67	Gs 2,68
5%	2,34	2,35	2,36	2,36
10%	2,09	2,09	2,09	2,09
15%	1,90	1,90	1,91	1,91
20%	1,73	1,74	1,74	1,74
25%	1,59	1,60	1,60	1,60
30%	1,48	1,48	1,48	1,49
35%	1,37	1,38	1,38	1,38
40%	1,29	1,29	1,29	1,29

45%	1,21	1,21	1,21	1,21
50%	1,14	1,14	1,14	1,15
60%	1,02	1,02	1,03	1,03
70%	0,93	0,93	0,93	0,93
80%	0,85	0,85	0,85	0,85
90%	0,78	0,78	0,78	0,79

Para identificar los suelos colapsables se puede interpolar en la tabla anterior o simplemente utilizar su representación gráfica que se muestra seguidamente.

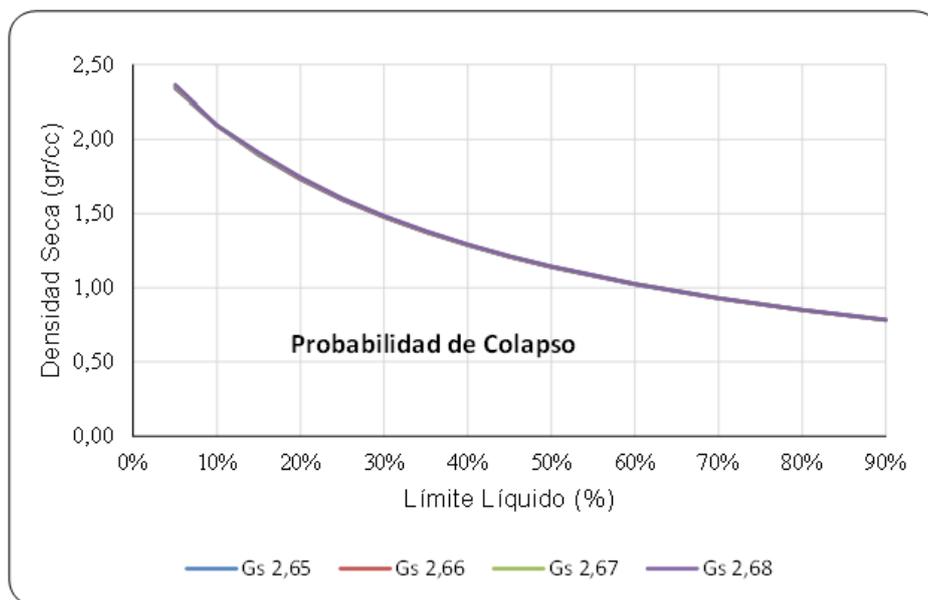


Figura 9. Criterios del potencial de colapso, con varias Gravedades Específicas

Se observa, que pequeños cambios de la gravedad específica, no va a afectar la evaluación.

2.3.2. Susceptibilidad a Licuación

Se utiliza para evaluar la susceptibilidad a la licuefacción de los estratos el método empírico de Kishida (1969), que como se indicó anteriormente el procedimiento se puede realizar en campo (8).

- El nivel de agua debe encontrarse próximo a la superficie, debe quedar dentro de los espesores de los suelos susceptibles de licuefacción (15 mts).
- Diámetro D₅₀ entre 2 mm y 0,74 mm y, C_u inferior o igual a 10 en la mayoría de los casos.

A demás debe cumplirse las condiciones:

- La altura de los suelos no licuable, sobre los estratos licuables en total tienen menos de 8 mts.
- El espesor de los estratos no licuable entre el espesor de los licuables es inferior a 1.

Por otra parte, los suelos no son licuables si se da una de las condiciones:

- Presión efectiva de confinamiento superior a 2 kg/cm².
- Compacidad relativa superior a 75%.

De los puntos indicados anteriormente se encuentra que los estratos analizados son susceptibles de licuefacción.

2.4. Requisitos de ensayos para Determinar Licuación

Se presenta a continuación un conjunto de ensayos que se deben realizar en campo como en laboratorio para poder realizar los cálculos necesarios para definir el factor de seguridad de licuación (F_{SL}), y el potencial de licuación (PL), de acuerdo al contenido de la NT E.050. Una gran parte están contenidas en la norma técnica y otras son recomendaciones para poder establecer los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos.

Se considera importante realizar los mismos ensayos para definir el potencial de colapso de los estratos.

2.4.1. Ensayos en campo.

La NT E.050 recomienda realizar perforaciones no menores de 15 mts de profundidad, de igual manera recomienda que el método de perforación sea rotativo con ensayo SPT cada metro. En este sentido, la profundidad de la perforación será determinada por el ingeniero inspector, dependiendo de las cargas a la que estarán sometidas los estratos de suelo y a la consistencia del suelo.

Durante el ensayo SPT, se tratará de tomar muestras imperturbadas, el logro del mismo depende de los finos y consistencia de los estratos de suelos. Los números de golpes

obtenidos (N), deberán ser normalizados (N1)60, ya que las fórmulas y tablas de las normas y libros técnicos se refiere a estos valores. Con estos números de golpes se pueden obtener dependiendo de la granulometría y clasificación del material: densidades relativas, consistencia de los suelos cohesivos, estimación del esfuerzo cortante, entre otros.

Si la muestra obtenida posee la suficiente consistencia, se puede calcular la densidad humedad, densidad seca, porcentaje de humedad. Como se verá posteriormente requisitos necesarios para definir el potencial de licuación y colapso.

Para la determinación del nivel freático, generalmente después de un día de haber realizado la perforación será medido. Hay que tener cuidado de no confundir un suelo parcialmente saturado, con la existencia de nivel freático.

En la tabla No. 6, de la NT E.050 establece la frecuencia en que se deben realizar las perforaciones de sondeo, estas pueden ser acortada dependiendo a la variabilidad de los perfiles litológicos de sondeos vecinos, estos serán levantados con los registros de campo de muestras.

Si se da el caso de no poder obtenerse por el ensayo SPT muestras imperturbadas, como el caso de suelos granulares como gravas y arenas poco densas, en las calicatas o fosas de exploración se deberá realizar pruebas con el densímetro nuclear, o utilizar en ensayo de cono y arena para determinar las densidades secas y el porcentaje de humedad.

2.4.2. Ensayos en laboratorio.

Los siguientes ensayos son fundamentales realizar en el laboratorio, si las muestras lo permiten, y de acuerdo a los estudios que se quieren realizar:

Límites de consistencia, con los cuales se puede determinar con bastante seguridad si las arcillas son elásticas o plásticas, o si los limos son compresibles o no. Adicionalmente, estos límites son utilizados para determinar el grado de expansión del material, entre otras propiedades mecánicas del suelo.

Determinación de la gravedad específica relativa que, junto a la densidad natural y humedad, se determina las relaciones de vacío, porosidad y la saturación. Por esta razón no se puede determinar el nivel freático solo con los ensayos de suelo en campo.

Según la importancia de obra las granulometrías pueden ser solo por tamizado, o incluir algunas por hidrómetro

En muestras arcillosas ensayos de compresión sin confinar, con lo cual se puede obtener el esfuerzo cortante. Otro ensayo de ser requerido es cantidad de materia orgánica, NTP 339.134 (ASTM D-2487), si se considera necesario.

2.5. Potencial Licuable de Suelos Criterios Composicionales

En este aparte se utiliza el criterio composicional, el cual consiste en evaluar los parámetros geotécnicos en forma conjunta de los estratos de suelos cercanos al borde lacustre. Se analizan combinadamente: el porcentaje de finos, los límites de consistencia, densidad seca, humedad natural, porcentaje de saturación, la distribución granulométrica, y la relación de vacío.

Los suelos se analizarán de acuerdo a dos criterios, el primero es el de susceptibilidad de Seed en el 2003, (figura 10).

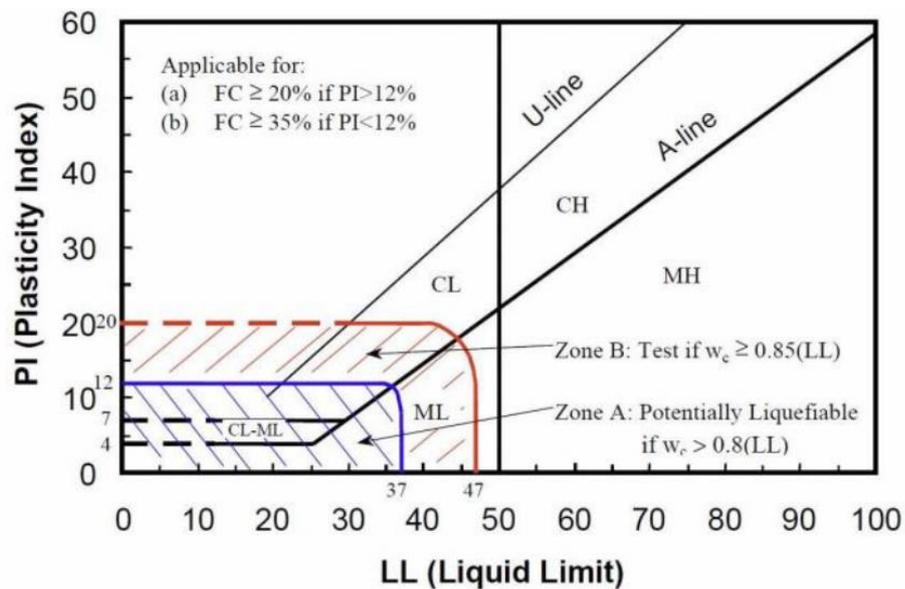


Figura 10. Criterio Licuable de Suelo Según Seed 2003

Fuente: Seed et al, 2003 (18).

Si el suelo está en la región A, tiene potencial licuable (Índice de Plasticidad $\leq 12\%$; Límite Líquido $\leq 37\%$; y con humedad $\geq 0,80*LL$). Si el suelo está en el área B podría ser colapsable se requiere de un mayor número de ensayos, los rangos de parámetros son: índice de plasticidad $\leq 20\%$, límites líquidos $\leq 47\%$ y con humedad natural $\geq 0,85*LL$. El resto de área que no pertenece al A y B corresponden al C, no susceptibles.

El segundo criterio, (Bray & Sancio, 2006), se incluyen suelos con contenido de fino mayores a 50%, no se limita el límite líquido sino se entabla una relación entre la humedad natural y este límite. Las condiciones son: para suelos susceptible el $IP \leq 12\%$, y la relación humedad natural entre límite líquido mayor que 0,85. Para suelos moderadamente susceptibles a la licuación, el índice plástico menor o igual a 18%, con relación humedad natural entre el límite líquido mayor de 0,80. El resto no son susceptibles, la figura siguiente representan estas condiciones.

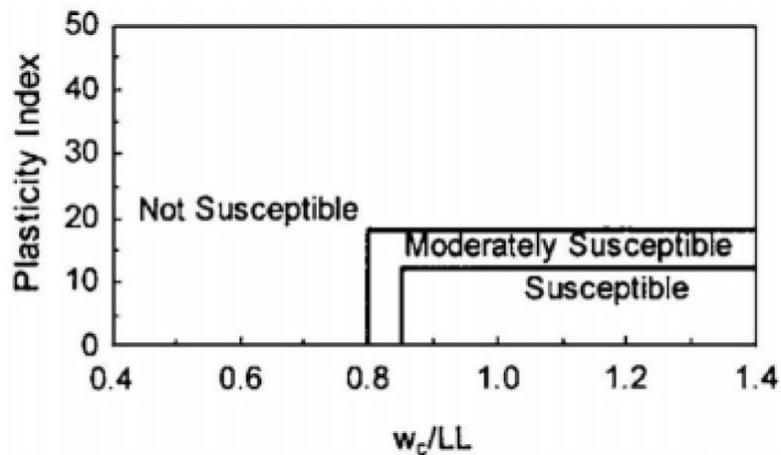


Figura 11. Criterio Licuable de Suelo Según Bray & Sancio 2006
Fuente: Bray & Sancio, 2006 (19).

2.6. Evaluación de Licuación Mediante Métodos Semi-Empírico

2.6.1. Determinación del CRRm.

Para la determinar el esfuerzo cortante cíclico normalizado resistente mínimo que produce licuación se utiliza la Figura 12, de la NT E.050 mostrada en la parte inferior.

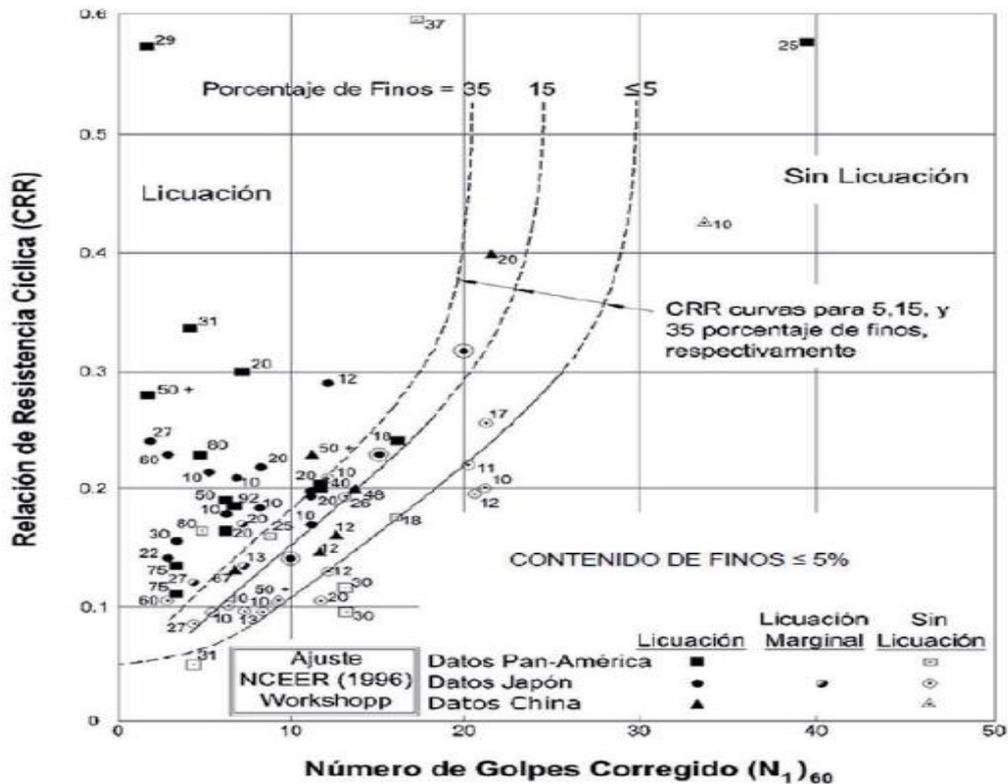


Figura 12. Curva Simplificada para Calcular el CRR con los valores de $(N_1)_{60}$
Fuente: Norma Técnica Peruana E.050.

La grafica 10, fue formulada en ecuación por Seed – Idriss en 1.988, corregida posteriormente por Youd y otros en el 2001, entre los cuales se encuentra Idriss. Posteriormente, Idriss y Boulanger propusieron otra ecuación en 2008. Se presenta las fórmulas a continuación:

Youd & Idriss, 2001 (20):

$$CRR = \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60CS} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Idriss & Boulanger, 2008 (21):

$$CRR = e^{\left(\frac{(N_1)_{60CS}}{14,1} + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{23,6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{25,4} \right)^4 - 2,8 \right)}$$

2.6.2. Determinación del CSR.

Existen muchos métodos para la determinación del esfuerzo cortante cíclico normalizado inducido por un sismo. Se presenta a continuación el desarrollado por Idriss en 1999 obtenido de (8).

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{m\acute{a}x}}{g} \cdot \frac{\gamma_h}{\sigma'} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

$$r_d = e^{(\alpha(z)+\beta(z) \cdot M_w)}$$

$$\alpha(z) = -1,012 - 1,126 \sin\left(\frac{z}{11,73} + 5,133\right)$$

$$\beta(z) = 0,106 - 0,118 \sin\left(\frac{z}{11,28} + 5,142\right)$$

$$MSF = 69 \cdot e^{-\frac{M_w}{4}} - 0,058$$

Donde:

$a_{m\acute{a}x}$ = Aceleración máxima del sismo a nivel de superficie.

σ_h = Esfuerzo total a la profundidad "h" deseada.

g = Aceleración de la gravedad.

σ' = Esfuerzo efectivo en condiciones naturales

r_d = Factor de reducción de esfuerzos

MSF = Factor de modificación de escala por sismo

M_w = Magnitud del momento sísmico

El factor de reducción de esfuerzo como se puede observar depende de la profundidad y de las propiedades dinámicas del suelo, poseen varias formas de calcularse, sin embargo, dada la información que se dispone se tomó las expresiones anteriores. Para la asignación de la magnitud de momento, se tomó en cuenta los siguientes movimientos sísmicos.

En el movimiento sísmicos de 1747, se presentó una magnitud de momento de 8 en Ayapata y Puno. El 09/04/1928, se presentó otro movimiento sísmico de magnitud de 8 que afecto: Ayapata, Macusani, Ollachea y Puno, (22).

En cuanto al factor de modificación de escala por sismo, se tomó la expresión de Idriss & Boulanger de 1999, (21), por cuanto arroja valores intermedios a las demás expresiones, figura 13.

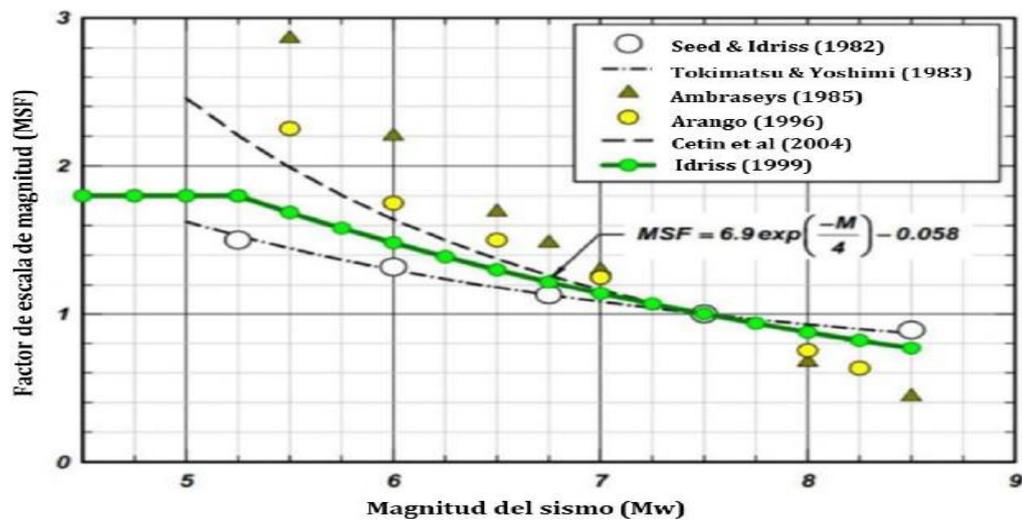


Figura 13. Variaciones de los Factores MSF
Fuente: Idriss, 2008 (23).

2.6.3. Determinación del Factor de Seguridad.

El factor de seguridad frente a la ocurrencia de la licuación (**FSL**) se determina por la expresión:

$$FS_L = \frac{CRR_M}{CSR}$$

Los Factores de seguridad mínimo requeridos de según la NT E.050, son los indicados por la siguiente tabla.

Tabla 5.

Factor de Seguridad Mínimo en relación a la categoría de la Edificación

Categoría de las Edificaciones (E,030)	FSL mínimo
A	1,25
B	1,15
C	1,00

2.6.4. Determinación de la Probabilidad de Licuación.

Con los FSL por categoría de edificaciones se determina el factor CSR, conocido el CRR. El segundo paso consiste en determinar, la aceleración horizontal máxima del sismo en la superficie, este valor viene siendo la aceleración pico del espectro de respuestas.

Esta aceleración pico involucra: características del suelo, irregularidades de la estructura, importancia de la estructura y tipo de estructura. En otras palabras, todos los factores que involucra pasar del espectro elástico al espectro de diseño. Al realizar el cálculo inverso se obtendrá el coeficiente de aceleración horizontal máximo normalizado (tercer paso), que hace que se genere el fenómeno de licuación.

Para el cuarto paso, hace falta solicitar al Instituto Geofísico del Perú (IGP) la curva de riesgo sísmico normalizada de la zona. Estas curvas, aunque no son publicadas por el instituto pueden elaborarse, por cuanto son requeridas en los casos que se evalúa el comportamiento no lineal estático (PUSHOVER) de una edificación importante bajo los efectos de diferentes sismos. Se presenta en la figura 14, ejemplos de estas curvas.

El quinto paso, es mediante la curva entregada por IGP determinar la frecuencia anual de excedencias y llevarla a porcentaje, ya que se tiene el coeficiente de aceleración horizontal máximo que genera el fenómeno de licuación.

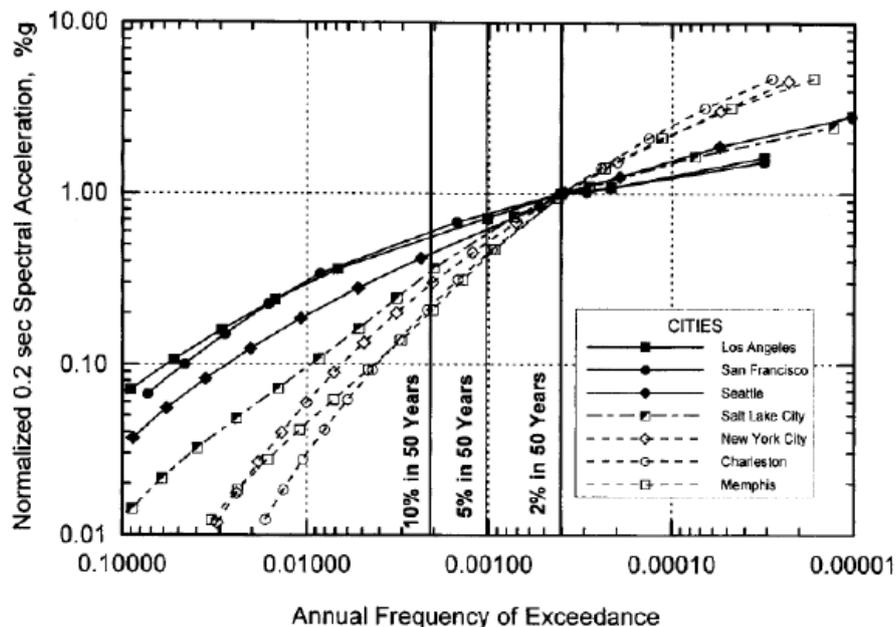


Figura 14. Curvas de Riesgo Normalizadas de Ciudades de USA
Fuente: Leyendecker and Frankel, 2000 (24.)

Con el porcentaje de excedencia obtenido, se busca el potencial de licuación en la tabla siguiente obtenida de la norma E.030.

Tabla 6.

Potencial de Licuación Según la NT E.030

Clasificación del Potencial de licuación	
Licuación	PL
Alta	>50%
Moderada	10% < PL ≤ 50%
Baja	5% < PL ≤ 10%
Muy baja	<5%

2.7. Definición de términos básicos

2.7.1. Asentamiento Diferencial.

Diferencia de asentamiento entre dos fundaciones de la misma edificación. (16).

2.7.2. Colapso.

Cambio en las tensiones internas del suelo, representado por una pérdida brusca en la altura, generalmente como consecuencia de un incremento de carga o aumento de la humedad, caracterizado por una densidad natural seca baja. (25).

2.7.3. Edómetro.

Equipo utilizado en la medición de los coeficientes de contracción y expansión en suelos cohesivos, que mide el PC en muestra de suelos, siendo necesario que la muestra este lo menos perturbada posible.(26).

2.7.4. Expansión.

Incremento en el volumen de un suelo al aumentar la humedad, cuando el aumento de las tensiones internas sobrepasa la carga a la cual está sometido. Existen varios métodos para medir el Índice de Expansión (IE) y las cargas de control. (26).

2.7.5. Microestructura.

Representan el arreglo de los minerales que componen el suelo, observado a través del microscopio, con lo cual se puede intuir ciertos comportamientos de la masa del suelo.(26).

2.7.6. Napa freática.

Nivel de agua subterránea, frecuentemente medido en un depósito de suelo, representado por una unidad de longitud como la diferencia entre este y la superficie (16).

2.7.7. Potencial de colapso.

Expresión empírica para medir el cambio de altura drástico en el suelo al cambiar el estado tensional interno, debido frecuentemente a aumento de la humedad. Ensayo ASTM D 5333 (25).

2.7.8. Propiedades físicas.

“Son las características del suelo como: contenido de humedad natural, densidad in situ, límite líquido, densidad” (26).

2.7.9. Suelos colapsables.

Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos (16).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de investigación.

En su libro Fernández (27) presento 2 tipos de método de investigación: los inductivos en el que se describe el comportamiento de un fenómeno, y el deductivo donde se analizan las relaciones de causas y efectos de un fenómeno. En el primero se utilizan frecuentemente métodos cualitativos, y en el segundo se requieren de metodologías cuantitativas.

La investigación será de método deductivo, ya que se verificará el fenómeno del colapso del borde lacustre de la ciudad de Puno, mediante razonamientos lógicos basado en las teorías actuales, para posteriormente establecer hipótesis que se sometieron a prueba.

3.1.2. Enfoque de investigación.

El enfoque cualitativo pretende desarrollar categorías de elementos que se agrupan por sus efectos en el fenómeno investigado, y de acuerdo Fernández (27) en el enfoque cuantitativo se establecen relaciones generalmente asociadas a análisis matemáticos y estadísticos. Cuando se utilizan ambos se indica que el enfoque es mixto. De acuerdo con estos conocimientos podemos decir que:

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que su objetivo principal es medir y cuantificar el comportamiento de los suelos en las áreas de investigación del borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno, utilizando diversos métodos de ensayo de laboratorio.

3.1.3. Tipo de investigación

De acuerdo a Fernández (27) existen dos tipos de investigación de acuerdo a su propósito básica y aplicada (incluye las tecnológicas), cada uno de estos enfoques tiene objetivos diferentes. “La investigación básica se centra en la generación de nuevos conocimientos sobre un hecho o un objeto. Por otro lado, la investigación aplicada tiene como propósito encontrar soluciones a situaciones o problemas específicos e identificables.”.

Este trabajo, reúne las características de una investigación aplicada, porque se obtienen resultados aplicando diferentes metodologías mediante ensayos en laboratorio, con la

finalidad de contribuir con los conocimientos en la ingeniería geotécnica existente en el suelo del borde lacustre de la ciudad de Puno.

3.1.4. Alcance de investigación.

De acuerdo a Fernández (27) el alcance en la investigación es el nivel o profundidad del estudio de la investigación, el autor no lo define como un tipo de investigación, sino que depende de las estrategias implementadas en el estudio: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Es estudio explicativo, está dirigido a “explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 95).

El proyecto de investigación busca la posibilidad de ocurrencia de fallas de los estratos de suelos cercanos al borde lacustre de la zona costera de la Ciudad de Puno, debido a los fenómenos de colapso o licuación como consecuencia a cambios en los parámetros geotécnicos. En cuanto a los causantes de los cambios en los parámetros, se revisan cambios en el contenido de humedad al modificarse el nivel freático, y cambios en la resistencia al corte (cíclica) de los estratos debido a movimientos sísmicos.

3.2. Diseño de la investigación

Fernández (27) separa los diferentes diseños dependiendo del enfoque cuantitativo o cualitativo de la investigación, Sin embargo su definición del diseño de la investigación es la misma: “Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento” (p. 128). Según el autor el diseño el diseño de este trabajo se enmarca en no experimental cuantitativo transversal (o Transeccional), no experimental por cuanto no modifica los valores de las variables independientes, transversal por cuanto se obtienen su utilizan los datos obtenidos en un tiempo determinado.

Adicionalmente, según Fernández (27), en el capítulo 4 adicional de su libro, que se puede obtener de la página web de la editorial, se define un tipo de diseño particular que se puede utilizar bajo los enfoques cualitativo, cuantitativo y mixto, donde se enmarca la primera parte de la investigación, este diseño es el de **estudio de caso** con enfoque cualitativo, que conlleva las siguientes actividades:

- Documentar la evidencia de manera sistemática, completa y ofrecer detalles específicos del desarrollo de la investigación.

- Utilizar fuentes múltiples de datos e información.
- Realizar triangulación de datos y entre investigadores.
- Establecer la cadena de evidencia.
- Verificar con la persona o personas pertinentes los resultados.
- Evaluar cuidadosamente cómo los detalles del caso explican los resultados.
- Documentar los procedimientos utilizados.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

Según el mapa de Escenario de Riesgo ante Lluvias de la provincia de Puno - Movimiento de Masas, se verificó las zonas que están en más riesgo del Borde lacustre de la Ciudad de Puno, para la exploración e investigación de campo, así como para la ejecución de calicatas, se llevaron a cabo para definir y validar la población. Para ello, se realizaron dos calicatas en las zonas de nivel muy alto (zonas rojas) y una calicata en las zonas de nivel medio (zonas amarillas), ya que estas áreas representan un mayor riesgo según los mapas previamente mencionados. Según la Norma Técnica Peruana E.050 Suelo y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, para el número de puntos a investigar en un tipo de edificación III se requiere un (1) punto por cada 900 m² de área techada, teniendo en cuenta dicha condición las zonas de nivel muy alto (zona roja) tiene un área no techada de 5,121.45 m² aprox. de la cual se realizó dos calicatas, una en el Malecón y la otra en la UNA y en el nivel medio (zona amarilla) tiene un área no techada de 3,766.2 m² aprox. se realizó una calicata en Laguna de Oxidación, se recolectaron muestras de suelo (tanto inalteradas como alteradas) en cantidades suficientes y representativas durante la exploración de campo y las calicatas. Con base en las pruebas realizadas, se define la población como aquel conjunto de suelos que se obtuvieron de manera representativa y en cantidad adecuada para llevar a cabo los análisis y evaluaciones pertinentes. La población de esta investigación se encuentra delimitada por las áreas de las zonas rojas y amarillas según el mapa de Escenario de Riesgo ante Lluvias en la Provincia de Puno – Movimiento de Masas, ubicados en el Borde Lacustre de la Ciudad de Puno, ya que son zonas de mayor riesgo de movimiento de masas y puede presentar colapso.

3.3.2. Muestra.

Para la definición de la muestra, se utiliza el siguiente criterio: “Muestra no probabilística o dirigida, subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación”, Fernández (27, p.176).

Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población. En este caso, la muestra estará constituida por las zonas de suelo con mayor riesgo de movimiento de masas, seleccionadas de la población estudiada. Las muestras tomadas de las calicatas 01 es la zona de color amarillo y la calicata 02 y calicata 03 son las de zona roja, estas presentan niveles de riesgo de movimiento de masas, debido a esto, se han seleccionado estas áreas como muestra para determinar el potencial de colapso. El investigador ha optado por aplicar el criterio técnico más conservador para la selección de las muestras, basándose en la norma E. 050 Suelos y Cimentaciones, que proporciona pautas para la ubicación de puntos de muestreo en áreas específicas según el tipo de edificación a construir sobre estos suelos. A través de esta investigación, se buscará determinar el potencial de colapso utilizando diferentes métodos de identificación en el laboratorio.

3.3.2.1. Tipo de muestreo.

El muestreo es no probabilístico e intencional. Esto se debe a que el investigador seleccionó las muestras basándose en el criterio técnico más conservador, guiándose por la norma E. 050 Suelos y Cimentaciones, la cual proporciona directrices sobre los puntos de muestreo en áreas específicas según el tipo de edificación a construir sobre esos suelos.

Para la obtención de las muestras se realizaron calicatas, evitando en lo posible la alteración del material, con la finalidad de que los ensayos sean representativos de las condiciones reales de los estratos de suelos.

3.3.2.2. Tamaño de muestra.

El tamaño de la muestra se concentrará en las 3 calicatas, para obtener el potencial de colapso, se realizará ensayos físicos en laboratorio para su clasificación y también para la determinación del potencial de colapso.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos.

Para recopilar datos en la investigación, se empleó la técnica de observación directa. Esta técnica ofrece la ventaja de analizar los problemas principales presentes en el borde lacustre de la ciudad de Puno de manera directa y sin intermediarios, lo que facilita la identificación de situaciones y condiciones relevantes para el estudio.

3.4.1.1. Observación directa.

La técnica recopila información con más credibilidad, debido a que se enfoca en obtener datos de forma directa, confiable e in situ del objeto o situación en estudio.

En la presente investigación se observó la situación actual del borde lacustre de la ciudad de Puno, se realizó una visita a campo, se pudo visualizar lugares donde se observa las características físicas de suelos colapsables, entre ellos se pudo ver casas y cercos presentan asentamientos y lugares donde se observaba más sequía del lago, de esta manera se validó la población aplicando lo observado en el mapa de Escenario de Riesgo ante Lluvias de la Provincia de Puno como punto de referencia la laguna de oxidación, el malecón y la universidad del altiplano para realizar las calicatas y proceder a explorar y muestrear. Se realizaron ensayos de diferentes métodos para la determinación de potencial de colapso en laboratorio, aplicando normativas internacionales ASTM para obtener los valores.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos.

En la presente investigación, el investigador utiliza fichas técnicas como recurso para la recolección de datos. Estas fichas técnicas se basan en normativas ASTM, las cuales son validadas internacionalmente y se actualizan regularmente. Esto garantiza la confiabilidad del instrumento utilizado, ya que es ampliamente reconocido y utilizado a nivel internacional.

En esta investigación se tomó como instrumento ASTM D422-63, ASTM D 4318-17e1, ASTM D2216-19, ASTM D5333-03, ASTM D7928-21 y NTP 339.139, de las cuales cada normativa tiene su ficha de recolección de datos al final del ítem de cálculo.

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos.

Para la recolección de información, es crucial comenzar por comprender las propiedades físicas del suelo a través de ensayos de laboratorio. Por lo tanto, es necesario seguir

procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana. La recolección de datos se organizó en una secuencia dividida en fases, que se llevaron a cabo en el siguiente orden:

3.4.3.1. Fase 1: revisión de bibliográfica.

Examinar y explorar los procedimientos de cada ensayo y la toma de muestras para determinar las propiedades de los materiales. Esto implica consultar manuales, libros y reglamentos que estén en concordancia con las normas estandarizadas.

3.4.3.2. Fase 2: trabajos de investigación de campo (exploración y muestreo).

En esta fase de la investigación corresponde la visita e inspección del sitio consiste en la planeación, para efectuar la recolección de muestras de suelo a los intervalos y profundidad deseados para la investigación y posteriormente se realizaron las pruebas de laboratorio.

3.4.3.2.1. Reconocimiento de campo.

Para el reconocimiento de campo nos basamos en el mapa “Escenario de Riesgo ante Lluvias de la Provincia de Puno - Movimiento de Masas”, donde podemos observar las zonas que presentan el nivel de riesgo de muy alto hasta el nivel de riesgo bajo, para este proyecto solo estudiaremos las zonas de más alto nivel de riesgo del borde lacustre de la ciudad de Puno. Las zonas en estudio son las rojas que son las de nivel muy alto y la zona amarilla que es de nivel de riesgo medio.

Las zonas de investigación tienen presencia de nivel freático, esto hace que las viviendas presenten agrietamientos y asentamientos en las paredes, descuadre de puertas y ventanas. La Norma Técnica Peruana E. 050 Suelos y Cimentaciones establece el número de puntos de exploración en relación con el área techada y el área total del terreno. En la figura 15, se representan las zonas de alto riesgo (zona roja) y riesgo medio (zona amarilla) en el Borde Lacustre de la ciudad de Puno, lo cual se tuvo en cuenta para determinar la ubicación de los puntos de exploración tomar dos puntos en la zona roja ya que tiene mayor área y se tomó como punto de referencia el Malecón y la Universidad del Altiplano, para la zona amarilla solo se consideró un punto de investigación el cual se tomó como referencia la Laguna de Oxidación.

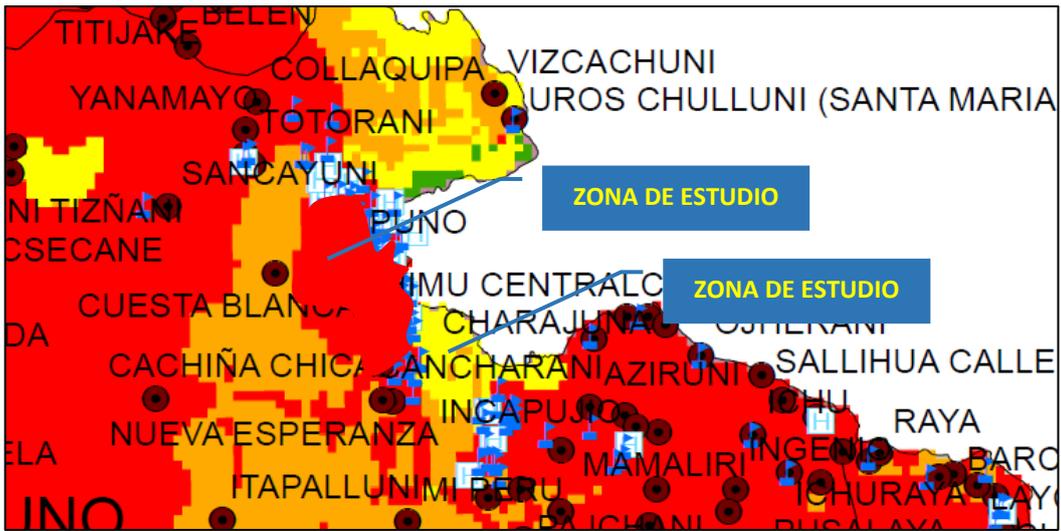


Figura 15. Exploración de campo para reconocimiento de área de investigación. Tomado de “Mapa de escenario de riesgo ante lluvias de la provincia de Puno”, por el Centro de operaciones de emergencia regional Puno, 2020.

3.4.3.2.2. Ubicación.

La investigación se lleva a cabo en el distrito de Puno, perteneciente a la provincia y departamento de Puno.

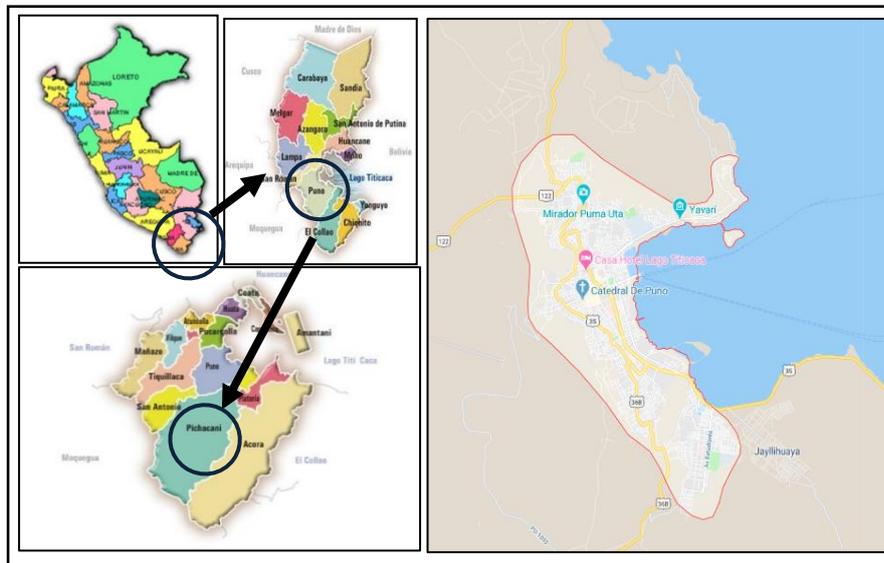


Figura 16. Ubicación u localización geográfica.

3.4.3.2.3. Características de la zona de estudio.

El borde lacustre de la ciudad de Puno, está a una altitud de 3.810 m s. n. m., su topografía presenta cambios debido que se encuentra zonas coluviales y residuales los cuales lo convierte en una zona muy inestable ya que presenta suelos arenosos o arcillosos con muy baja capacidad portante (0.41 a 1.15 kg/cm²).

3.4.3.2.4. Características climatológicas.

El clima en la ciudad de Puno se caracteriza por ser frío y seco, con una estación de lluvias que dura aproximadamente 4 meses. Su ubicación geográfica da lugar a dos estaciones climáticas bien definidas. Durante el invierno, que abarca de mayo a octubre, se experimentan noches frías, pero días soleados. La primavera se fusiona con el verano, marcando la época de lluvias que se extiende de noviembre a abril. La temperatura promedio es de alrededor de 9°C, con días cálidos alcanzando hasta los 24°C y noches frías con temperaturas de 2 a 3°C.

3.4.3.2.5. Exploración y muestreo de zonas de estudio.

Para la investigación, nos hemos orientado en la Norma Técnica Peruana E. 050 Suelos y Cimentaciones. Según la Tabla 7 de esta normativa, se establece el número de puntos de exploración en relación con el área techada en la planta del primer piso. En caso de conocerse dicho emplazamiento, el número de puntos de exploración se determina en función del área total del terreno (16).

Tabla 7.

Número de puntos de exploración.

Número de Puntos de Exploración	
Tipo de educación u obra (tabla1)	Número de puntos de explotación (n).
I	Uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso.
II	Uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso.
III	Uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso.
IV	Uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas.
Habilitación urbana para viviendas unifamiliar de hasta 3 pisos	3 por hectárea de terreno por habilitar.

Nota: NTP E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, p.32.

Los estudios de la presente investigación se llevaron a cabo en las zonas con alto riesgo de movimiento de masas en el borde lacustre de la ciudad de Puno. La Figura 17 muestra la ubicación de las calicatas, las cuales están distribuidas en las zonas de muy alto riesgo y riesgo medio del borde lacustre de la ciudad de Puno. Se tomó dos puntos de investigación en la zona de muy alta riesgo, porque tiene mayor área, el cual se tomó como punto de referencia el Malecón (C-02) y la Universidad del Altiplano (C-03), y en la zona de nivel medio solo se consideró un punto el cual se tomó como referencia la Laguna de Oxidación (C-01).

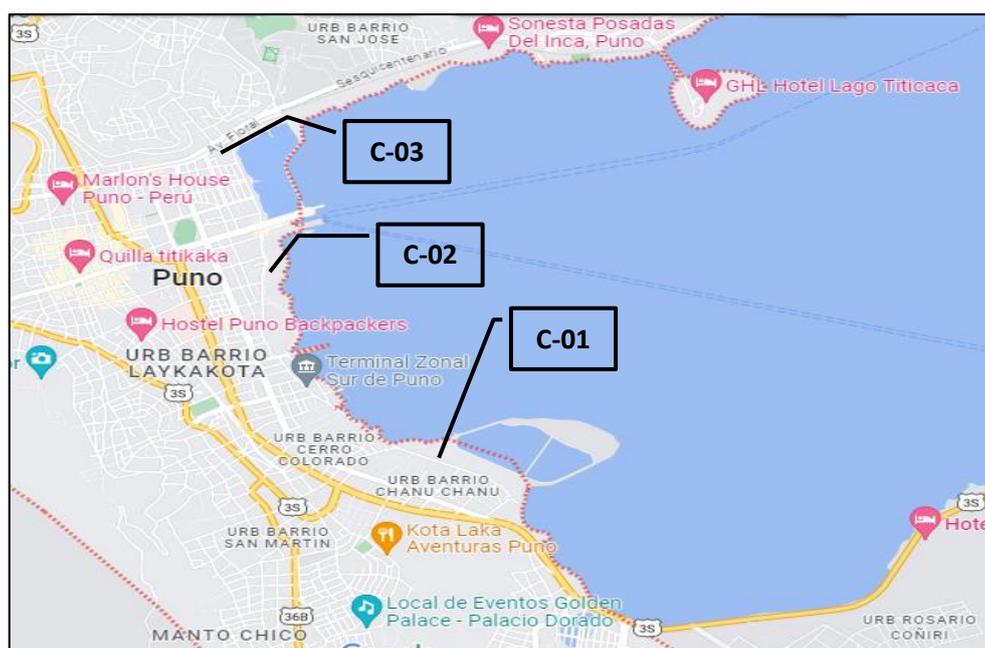


Figura 17. Ubicación de calicatas. Tomado de Google eart.

De cada calicata se extrajeron muestras tanto inalteradas como alteradas del segundo estrato, con el propósito de llevar a cabo ensayos convencionales y especiales para identificar suelos colapsables. En la Tabla 8 se muestran las calicatas junto con sus coordenadas respectivas.

Tabla 8.

Calicatas, Muestras y Coordenadas UTM de las calicatas

Procedencia	Calicatas	Muestras	Coordenadas	
			Este	Norte
Laguna de oxidación	C-01	1	392.635,911	8.246.896,815
Malecón	C-02	1	391.099,869	8.248.708,071
Universidad del Altiplano	C-03	1	391.301,092	8.249.817,249

3.4.3.2.6. Perfil estratigráfico natural.

Muestreo, calicata 01



Figura 18. Fotografía de la calicata 01 – Laguna de Oxidación.

Muestreo, calicata 02



Figura 19. Fotografía de la calicata 02 – Malecón.

Muestreo, calicata 03



Figura 20. Fotografía de la calicata 03 – Universidad del Altiplano.

3.4.3.3. Fase 3: ensayos de laboratorio (parámetros físicos).

Con las muestras tomadas en las 3 calicatas, se realizaron los ensayos de laboratorio para la determinación de los parámetros geotécnicos, según se detalla:

Para la determinación de los parámetros físicos, se detallan los siguientes ensayos, los cuales nos permite identificar cualitativamente si los suelos son colapsables.

3.4.3.3.1. Contenido de humedad (ASTM D2216-19).

Determina la cantidad de agua que contiene una masa de suelo, el contenido de humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una muestra de suelo y el peso de las partículas sólidas.

$$W\% = \frac{\text{masa del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Donde:

W%= Contenido de humedad del suelo

Wh= Masa de la muestra húmeda

Ws= Masa de la muestra seca



Figura 21. Procedimiento realizado para el contenido de humedad.

En la tabla 9, se resume los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de contenido de humedad de las tres muestras.

Tabla 9.

El resumen de los resultados del contenido de humedad se presenta a continuación

Procedencia	Calicata	Muestra	Humedad natural %
Laguna de oxidación	C-01	M-01	56.3
Malecón	C-02	M-01	62.7
Universidad del altiplano	C-03	M-01	37.4

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

3.4.3.3.2. Análisis granulométrico (ASTM D6913-17).

Determina la distribución granulométrica de acuerdo al tamaño de sus partículas de un suelo, el método que se empleó en laboratorio es el mecánico (lavado y cribado) para el ensayo se redujo el suelo hasta obtener una muestra representativa. Y como aplicación más importante se puede mencionar, que permitirá conjuntamente con los límites de consistencia clasificar al suelo dentro de la mecánica de suelo (SUCS Y AASHTO).



Figura 22. Procedimientos del ensayo de granulometría

Para calcular el porcentaje que pasa se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%Retenido = \frac{M_{tamiz}}{M_1} \times 100$$

Donde:

M_{tamiz} = La masa retenida en cada tamiz

M_1 = La masa de la muestra seca al horno

Después se calcula:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido}$$

Los parámetros de gradación de los suelos granulares se evalúan en base a la distribución del tamaño de las partículas, que se determina mediante análisis granulométricos utilizando tamices de diferentes aberturas

Coefficiente de uniformidad:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coefficiente de curvatura:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

En la tabla 10, se presenta un resumen de los resultados de laboratorio de los porcentajes que pasan a través de los tamices recomendados por la normativa.

Tabla 10.

Resumen de los resultados del análisis granulométrico del % que pasa

Procedencia	Fosa	Muestra	Análisis Granulométrico						
			No.4	No.10	No.20	No.40	No.60	No.100	No.200
Laguna de oxidación	C-01	M-01	99,30	97,56	94,71	90,44	86,52	81,23	65,30
Malecón	C-02	M-01		99,88	99,37	97,72	96,37	93,32	77,85
Universidad del Altiplano	C-03	M-01		98,58	97,33	91,24	83,23	74,56	64,03

3.4.3.3.3. Límites de consistencia (ASTM D4318-17e1).

Los límites de consistencia nos permiten clasificar a los suelos dentro de los sistemas de clasificación de suelos vigentes. El límite líquido es la frontera entre el estado líquido y plástico de los suelos. El límite plástico es la frontera entre el estado plástico y semisólido. El ensayo fue realizado según la normativa.



Figura 23. Se realizaron ensayos de muestras de suelo utilizando el método de Casagrande y la placa de vidrio esmerilado.

Para la determinación del límite líquido, límite plástico y índice plástico se aplica las siguientes formulas:

$$LL = W_n \left(\frac{N_n}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

LL= Límite líquido (%)

N_n = Cantidad de golpes necesarios para cerrar la ranura en el ensayo de Casagrande.

W_n = Contenido de humedad del suelo (%)

$$W\% = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso de Suelo Seco}} * 100$$

$$IP\% = LL - LP$$

Donde:

IP= Índice plástico

LL= Límite líquido

LP= Límite plástico

$$LL = W_n \left(\frac{N_n}{25} \right)^{0.121}$$

En la tabla 11, se observa el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio de los límite líquidos (LL), límite plásticos (LP) y índice plástico (IP).

Tabla 11.

Resumen de resultados de los límites de consistencia de los suelos ensayados

Procedencia	Calicata	Muestra	Límites de consistencia		
			LL	LP	IP
Laguna de oxidación	C-01	M-01	44.00	29.00	15.00
Malecón	C-02	M-01	65.00	22.00	43.00
Universidad del altiplano	C-03	M-01	42.00	31.00	11.00

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

3.4.3.3.4. Clasificación de suelos por el método SUCS (ASTM D2487-17e1).

El sistema unificado de clasificación de suelos se utiliza para la identificación de suelos con fines de ingeniería, y emplea una serie de símbolos para describir las características del suelo. Estos símbolos incluyen grava (G), arena (S), arcilla (C), limo (M), suelo bien graduado (W), suelo mal graduado (P), baja plasticidad (L), alta plasticidad (H), orgánico (O) y turba (P).

La clasificación de un suelo utilizando este sistema comienza determinando el porcentaje que pasa a través del tamiz N°200. Si el suelo es predominantemente fino (más del 50% pasa por el tamiz N°200), se procede a evaluar el límite líquido y el índice de plasticidad para ubicar un punto en la carta de plasticidad. Si el punto está por encima de la línea A, el suelo se clasifica como arcilla (C); si está por debajo, se clasifica como limo (M); y si se encuentra en la zona sombreada, se considera un suelo mixto.

Por otro lado, si el suelo es predominantemente granular (menos del 50% pasa por el tamiz N°200), se evalúa el porcentaje que pasa a través del tamiz N°4 para determinar si es arena (S) o grava (G), según si más o menos del 50% pasa por este tamiz, respectivamente.

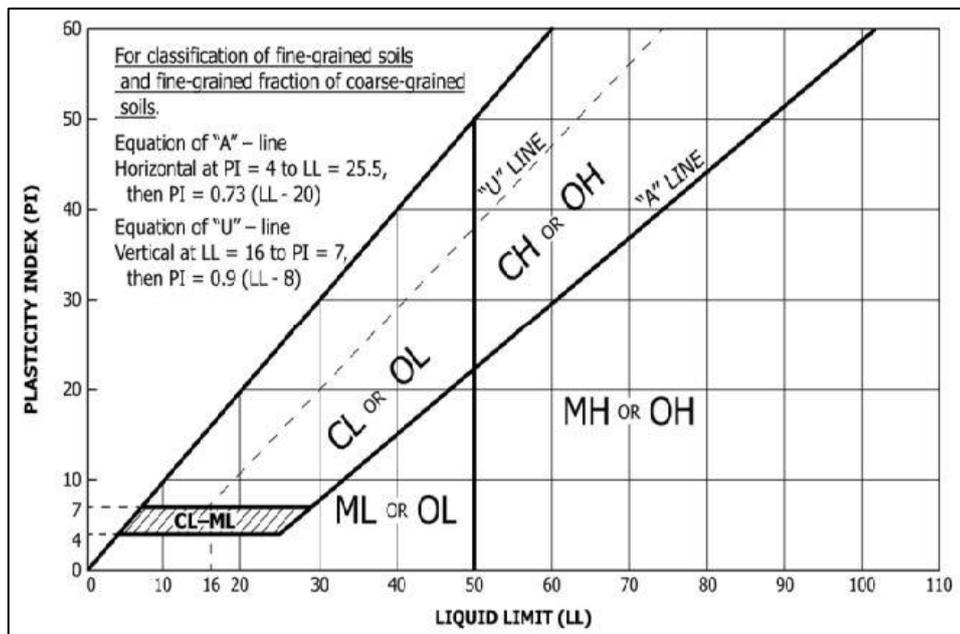


Figura 24. Carta de plasticidad. Tomado de "Standard Practice for classification of soils for Engineering Purposes", por la ASTM D2487-17e1, 2020"

Tabla 12.

Clasificación de suelos SUCS

Criterios para la Asignación de Símbolos y Nombres de Grupos usados para la Clasificación de Suelos en los Ensayos de Laboratorio				Clasificación de Grupo	
				Símbolo del Grupo	Nombre de Grupo
COARSE-GRAINED SOILS	Gravels (More than 50 % of coarse fraction retained On No. 4 sieve)	Clean Gravels (Less than 5 % fines)	$Cu \geq 4.0$ and $1 \leq Cc \leq 3.0$	GW	Well-graded gravel
			$Cu < 4.0$ and/or $[Cc < 1$ or $Cc > 3.0]^d$	GP	Poorly graded gravel
	Gravels with Fines (More than 12 % fines)	Fines classify as ML or MH	GM	Silty gravel	
		Fines classify as CL or CH	GC	Clayey gravel	
More than 50 % retained on No. 200 sieve	Sands (50 % or more of coarse fraction passes No. 4 sieve)	Clean Sands (Less than 5 % fines)	$Cu \geq 6.0$ and $1.0 \leq Cc \leq 3.0$	SW	Well-graded sand'
			$Cu < 6.0$ and/or $[Cc < 1.0$ or $Cc > 3.0]$	SP	Poorly graded sand'
	Sands with Fines (More than 12 % fines)	Fines classify as ML or MH	SM	Silty sand	
		Fines classify as CL or CH	SC	Clayey sand	
FINE-GRAINED SOILS	Silts and Clays	inorganic	$PI > 7$ and plots on or above "A" line ^d	CL	Lean clay
			$PI < 4$ or plots below "A" line ^d	ML	Silt
	50 % or more passes the No. 200 sieve	organic	Liquia limn - oven ariea < 0 75 Liquid limit - not dried	OL	Organic clay Organic silt
		Silts and Clays	inorganic	PI plots on or above "A" line	CH	Fat clay
Liquid limit 50 or more			PI plots below "A" line	MH	Elastic silt
		organic	Liquia limn - oven ariea < 0 75 Liquid limit - not dried	OH	Organic clay Organic silt
HIGHLY ORGANIC SOILS	Primarily organic matter, dark in color, and organic odor			PT	Peat

Nota: tomado de "Standard Practice for calssification of soils for Engineering Purposes", por la ASTM D2487-17e1, 2020.

En la tabla 13, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en el análisis de gabinete, incluyendo la clasificación de las muestras según el método SUCS:

Tabla 13.

Clasificación de suelos por el método SUCS:

Procedencia	Calicata	Muestra	SUCS
Laguna de oxidación	C-01	M-01	ML
Malecón	C-02	M-01	CH
Universidad del altiplano	C-03	M-01	ML

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

3.4.3.3.5. Clasificación de suelos por el método AASHTO (ASTM d3282-15).

El sistema de clasificación de suelos AASHTO se utiliza para la identificación y clasificación de suelos con fines de ingeniería. Este método divide los suelos inorgánicos en siete grupos, designados del grupo A-1 al grupo A-7. El grupo A-1 está compuesto principalmente por arena y grava, con un contenido de arcilla insignificante. Los criterios de clasificación se detallan en la tabla correspondiente 14.

Tabla 14.

Clasificación de suelos AASHTO

General Classification	Granular Materials 35 % or Less Passing 75 µm (No. 200)							Silt-Clay Materials More Than 35 % Passing 75 µm (No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Group Classification	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5, A-7-6
Sieve analysis, % passing:											
2.00 mm (No. 10)	50 max	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
425 µm (No. 40)	30 max	50 max	51 min	...	...	...	...	...	...	...	...
75 µm (No. 200)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing 425 µm (No. 40):											
Liquid Limit	...	...	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Plasticity Index	6 max	...	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min^
Usual types of significant constituent materials	Stone Fragments, Gravel and Sand		Fine Sand	Silty or Clayey Gravel and Sand				Silty Soils		Clayey Soils	
General rating as subgrade	Excellent to Good							Fair to Poor			

Nota: El texto mencionado parece ser una referencia a la norma ASTM D3282-15 del año 2020, titulada "Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes"

La figura 25 presenta una forma práctica de clasificar los suelos finos y los suelos granulares con presencia de finos utilizando una carta de rangos de índice de plasticidad y límite líquido para una clasificación inmediata.

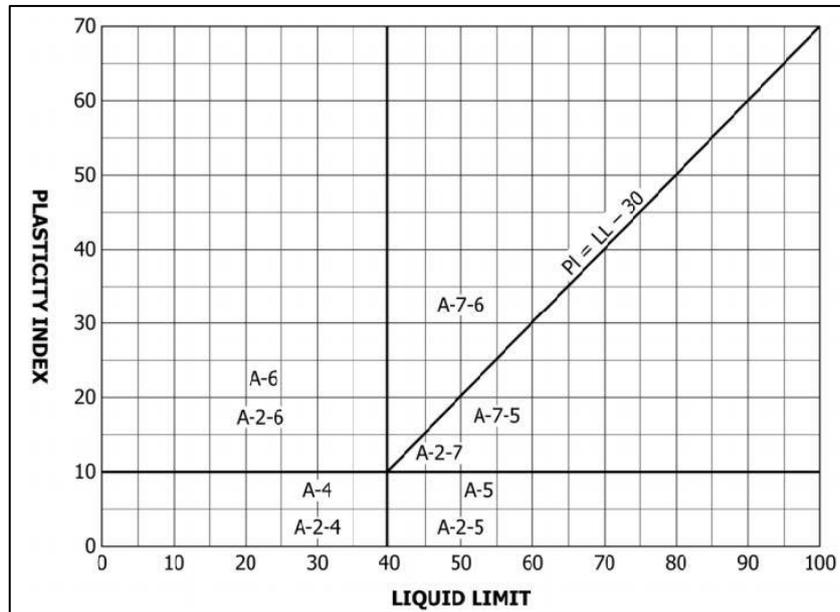


Figura 25. Ubicación de tipo de suelos en la carta de plasticidad (AASHTO)

Fuente: norma ASTM D3282-15

La tabla 15 contiene la clasificación de la AASHTO de las muestras de suelos.

Tabla 15.

Clasificación de suelos por el método AASHTO:

Procedencia	Calicata	Muestra	AASHTO
Laguna de oxidación	C-01	M-01	A-7-6 (9)
Malecón	C-02	M-01	A-7-6 (34)
Universidad del altiplano	C-03	M-01	A-7-5 (7)

Nota: Ver Anexo C.

3.4.3.3.6. *Peso volumétrico del suelo cohesivo (NTP 339.1999).*

Dada la clasificación de las muestras, se requiere la aplicación de esta norma, se describe el procedimiento y valores encontrados.



Figura 26. Muestras inalteradas para determinar su densidad.

En la presente investigación se realizó este ensayo para la determinación de la densidad natural y densidad seca (γ_d).

Para la determinar las densidades se utilizó las siguientes formulas:

Densidad natural del suelo mediante el método lineal:

$$\rho(\text{para especimen cilindro}) = \frac{4000 * m}{\pi * D * L}$$

Donde:

m= peso de la muestra

D= diámetro del espécimen

L= altura del espécimen

Densidad natural seca:

$$\rho_d(\text{para especimen cilindro}) = \frac{100 * \rho}{100 * W}$$

Donde:

ρ = densidad natural

W= contenido de humedad

En la tabla 13 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio, del ensayo de peso volumétrico.

Tabla 16.

Valores de Densidad Natural y Densidad Seca

Procedencia	Calicata	Muestra	Densidad natural (gr/cc)	Densidad seca (gr/cc)
Laguna de oxidación	C-01	M-01	1.62	1.04
Malecón	C-02	M-01	1.64	1.00
Universidad del altiplano	C-03	M-01	1.92	1.39

Nota: Ver Anexo C, detalle de ensayos.

3.4.3.3.7. Distribución granulométrica de suelos de grano fino por sedimentación – hidrometría (ASTM D7928-21).

Metodología utilizada para definir el tamaño de las partículas finas, el equipo utilizado es el hidrómetro, determinándose el porcentaje de fino (Pasante tamiz #200) que corresponde a limo y arcilla. Dependiendo del hidrómetro se puede conseguir la gravedad específica de la matriz del suelo. Se utiliza el hexametáfosfato de sodio para liberar o separar las partículas.



Figura 27. Procedimiento del ensayo de hidrometría

Los resultados de las hidrometrías, están muestran seguidamente, tabla 17.

Tabla 17.*Resumen de los resultados del ensayo de hidrometría*

Procedencia	Calicata	Muestra	% Arcillas	% Limos
Laguna de oxidación	C-01	M-01	17.25	53.45
Malecón	C-02	M-01	14.35	63.55
Universidad del altiplano	C-03	M-01	16.60	47.50

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

Los resultados de porcentajes de arcillas y limos presentados en la tabla anterior, están relacionados con el peso total de la muestra, los porcentajes de finos (pasante No. 200) son: 70,7% para C-01, 77,9% para C-02 y 64,1% para C-03, observándose diferencias con la granulometría por tamizado. Adicionalmente si se compara la muestra con los límites de consistencia, se destaca que la calicata 02 dio arcilla de alta plasticidad, y sin embargo por hidrometría se clasificaría como limo, e inclusive la razón entre arcilla y limo es 0,226 inferior a las otras dos calicatas (0,322 para C-01 y 0,349 para C-03).

De la revisión anterior podemos indicar que el material fino de las calicatas C-01 y C03 se clasificarían como limos comprensibles, más sueltos, se quedan deformados después de la descargar, y tienen una mayor susceptibilidad al colapso. En cambio, en la C-02, se tiene un limo elástico, más cohesivo, recuperar su forma inicial después de la descarga, y de mayor estabilidad (menor susceptibilidad al colapso). Se acota, que la posible diferencia entre los ensayos puede ser debido a que se trató de no alterar las muestras y obtener en lo posible las condiciones iniciales. Es decir, no se realizó el método de cuarteo para la homogenización de la muestra antes de los ensayos, para evitar cambios en las propiedades de los suelos y a su vez de los resultados.

3.4.3.4. Etapa 4: ensayos de colapso en laboratorio.

En la presente investigación se realizó en laboratorio los ensayos de colapso con muestras inalteradas tomadas en las 3 calicatas, según se detalla:

Para la determinación del potencial de colapso del suelo bajo estudio, se detallan los siguientes ensayos:

3.4.3.4.1. Método de doble edómetro (ASTM D5333-03).

Este procedimiento fue propuesto por Jennings y Knight en 1975, se puede determinar el asentamiento por colapso de estructuras al saturarse el suelo, el método de doble edómetro consiste en:

- 1) Obtener dos muestras inalteradas de suelo de aproximadamente 6 cm de diámetro y 2 cm de altura para el ensayo de consolidación estándar (edómetro). Se pesa la muestra con su humedad inicial incluyendo el anillo.
- 2) Se coloca la muestra en el dispositivo de carga inmediatamente, colocando papel filtro en cada cara del anillo para minimizar la pérdida de humedad.
- 3) Iniciar el ensayo de las dos muestras a una presión mínima. Después una de las muestras se inunda, muestras que la otra mantiene su contenido de humedad natural.
- 4) Se continúa con la prueba en las dos muestras incrementando las cargas (12, 25, 50, 100, 200, 300, 400 y 800) Kpa, registrar las deformaciones antes de aplicar cada incremento de carga. En la investigación se aplicó todas las cargas desde 12.5 a 800 Kpa.
- 5) Registrar la deformación en función del tiempo aproximadamente (0,1, 0.25,0.5, 1, 2, 8, 15, 30 min y 1, 2, 4, 8, 24 hrs). Dejar cada incremento durante toda la noche o hasta que se haya completado la consolidación primaria.

Mediante este método obtenemos el potencial de colapso se obtiene aplicando esfuerzo vertical hasta 800 Kpa y sumergido la muestra, el índice de colapso se calcula con la siguiente expresión.

$$I_c = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * 100$$

Donde:

Δe = cambio en la relación de vacíos resultante de la humectación

e_o = relación de vacíos inicial

Aplicando el método descrito con dos muestras, la primera en estado natural y la segunda inundada, se obtuvo las siguientes gráficas.

- Laguna de oxidación C-01, M – 01.

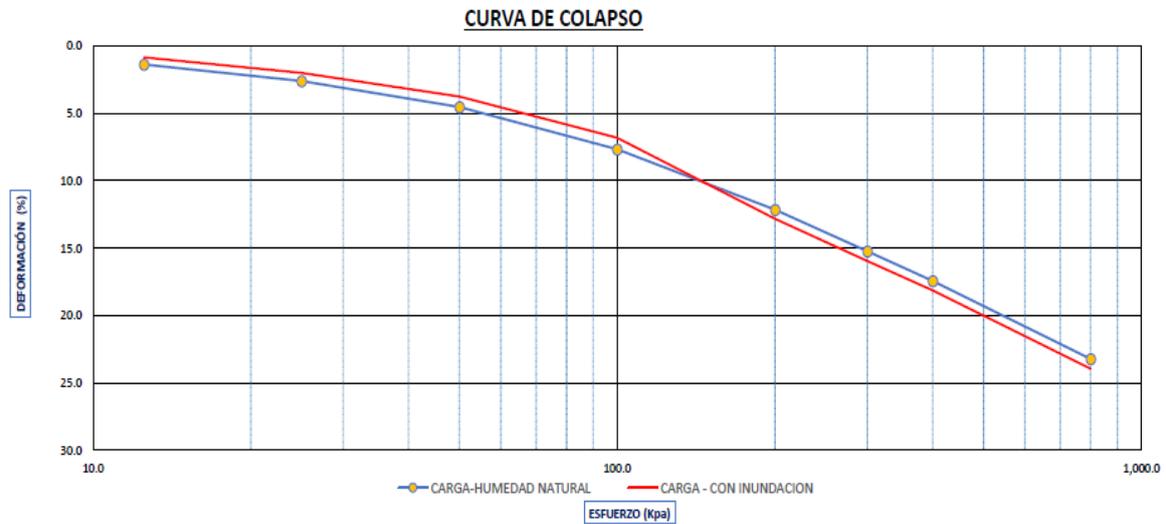


Figura 28. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 01)

Tabla 18.

Resumen del ensayo de colapso doble edómetro (calicata 01)

Carga - Humedad Natural		Carga – Inundado	
Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)	Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)
0	1.5114	0	1.5186
12.5	1.4765	12.5	1.4973
25	1.4454	25	1.4676
50	1.3973	50	1.4239
100	1.3185	100	1.347
200	1.2061	200	1.1958
300	1.129	300	1.1165
400	1.0738	400	1.0621
800	0.9286	800	0.9163
1600		1600	

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Malecón C-02, M- 01.

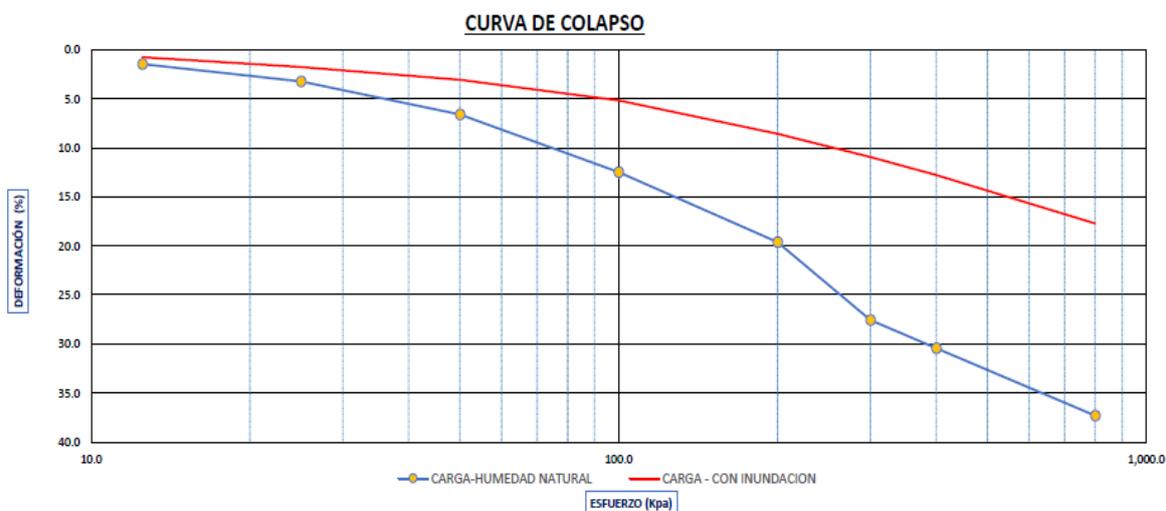


Figura 29. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 02)

Tabla 19.

Resumen del ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 02)

Carga - Humedad Natural		Carga – Inundado	
Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)	Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)
0	2.154	0	1.3742
12.5	2.1083	12.5	1.3567
25	2.0526	25	1.3327
50	1.9462	50	1.3014
100	1.7607	100	1.2515
200	1.5359	200	1.1708
300	1.2857	300	1.1144
400	1.1946	400	1.071
800	0.9784	800	0.9541
1600		1600	

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- **Universidad del altiplano C-03, M-01**

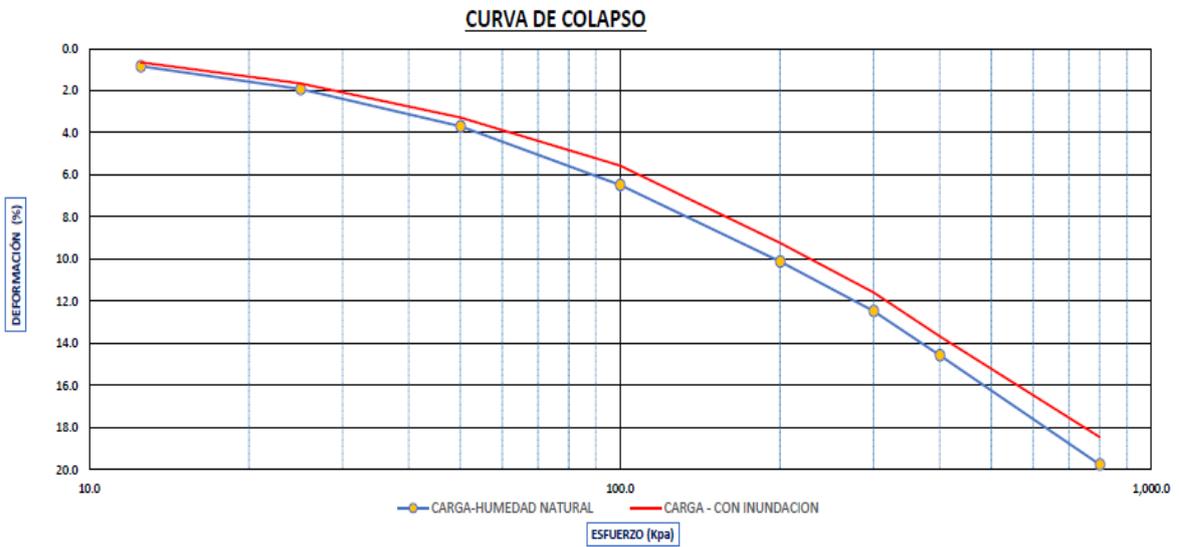


Figura 30. Ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 03)

Tabla 20.

Resumen del ensayo de colapso – doble edómetro (calicata 03)

Carga - Humedad Natural		Carga - Inundado	
Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)	Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)
0	1.0633	0	0.9989
12.5	1.0459	12.5	0.9858
25	1.0234	25	0.9658
50	0.9871	50	0.9333
100	0.9294	100	0.8877
200	0.8545	200	0.8144
300	0.806	300	0.7674
400	0.7627	400	0.7257
800	0.6557	800	0.63
1600		1600	

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

3.4.3.4.2. Método de simple edómetro (ASTM D5333-03).

Fue propuesto por Houston en 1988, el cual nos permite determinar la magnitud del colapso unidimensional que ocurren cuando los suelos no saturados se inundan con agua. También se determina la magnitud del colapso que puede ocurrir en un incremento de carga vertical. El método consiste en:

- 1) Se coloca la muestra en el dispositivo de carga inmediatamente, colocando papel filtro en cada cara del anillo para minimizar la pérdida de humedad.
- 2) Iniciar el ensayo con una tensión de 5 Kpa. Después de 5 minutos se incrementa la carga, la duración de incremento de carga antes de la inundación se limita a 1 hora para evitar la evaporación de humedad de la muestra. Se aplica el incremento de carga hasta aplicar la tensión vertical adecuada.
- 3) Para el incrementando de cargas utilizaremos (12.5, 25, 50, 100, 200, 300, 400 y 800) Kpa, después que cada asentamiento se mantenga constante.
- 4) Las tensiones que se aplicara al suelo antes del mojado serán: 50, 100 y 200 Kpa. Registrar las deformaciones antes de aplicar cada incremento de carga.
- 5) Registrar la deformación en función del tiempo aproximadamente (0,1, 0.25,0.5, 1, 2, 8, 15, 30 min y 1, 2, 4, 8, 24 hrs). Dejar cada incremento durante toda la noche o hasta que se haya completado la consolidación primaria.

Mediante este método se realizó el ensayo de colapso unidimensional en 50, 100 y 200 Kpa para las tres calicatas en estudio.

Con respecto con el primero de ellos, se inició con 5 Kpa y se incrementó a 50 Kpa, luego de mantener el asentamiento, se inundó la muestra y posteriormente se aumentó la carga a 100, 200, 300, 400 y 800 Kpa, obteniendo la siguiente grafica de relación de vacíos (e) – esfuerzo (Kpa), según se aprecia en las siguientes figuras.

- Laguna de oxidación C-01, M-01.

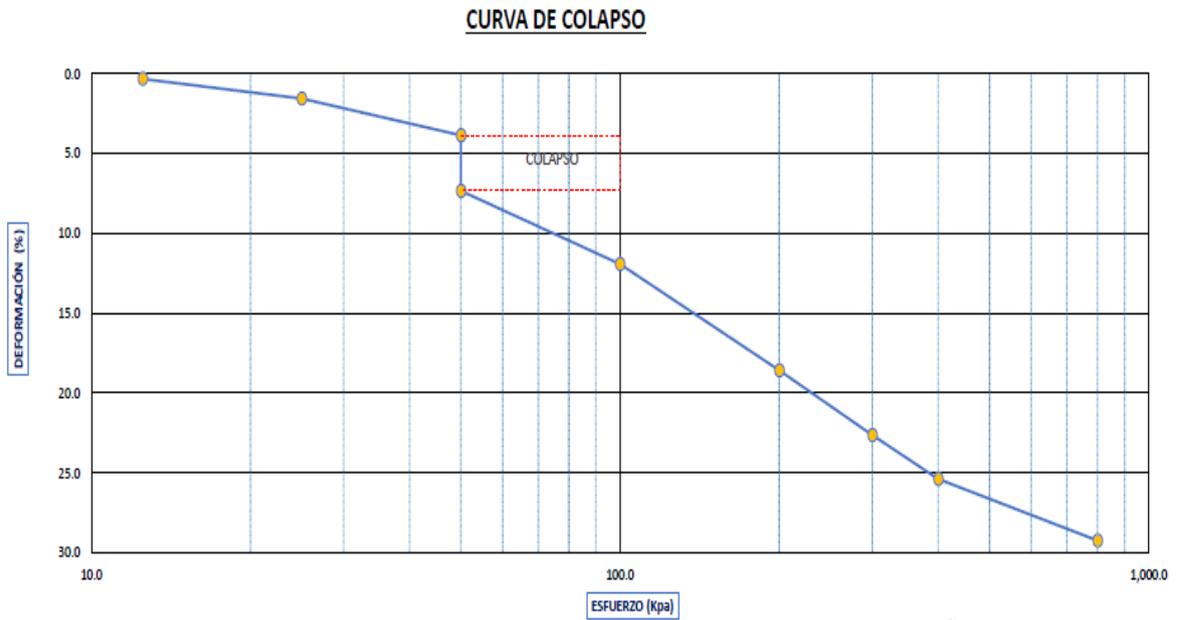


Figura 31. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 01.

Tabla 21.

Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 01

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
	NATURAL	2.170	0.0
12.5	NATURAL	2.160	0.3
25	NATURAL	2.121	1.6
50	NATURAL	2.048	3.9
50	INUNDADO	1.938	7.3
100	INUNDADO	1.792	11.9
200	INUNDADO	1.581	18.6
300	INUNDADO	1.453	22.6
400	INUNDADO	1.366	25.4
800	INUNDADO	1.244	29.2

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Malecón C-02, M-01.

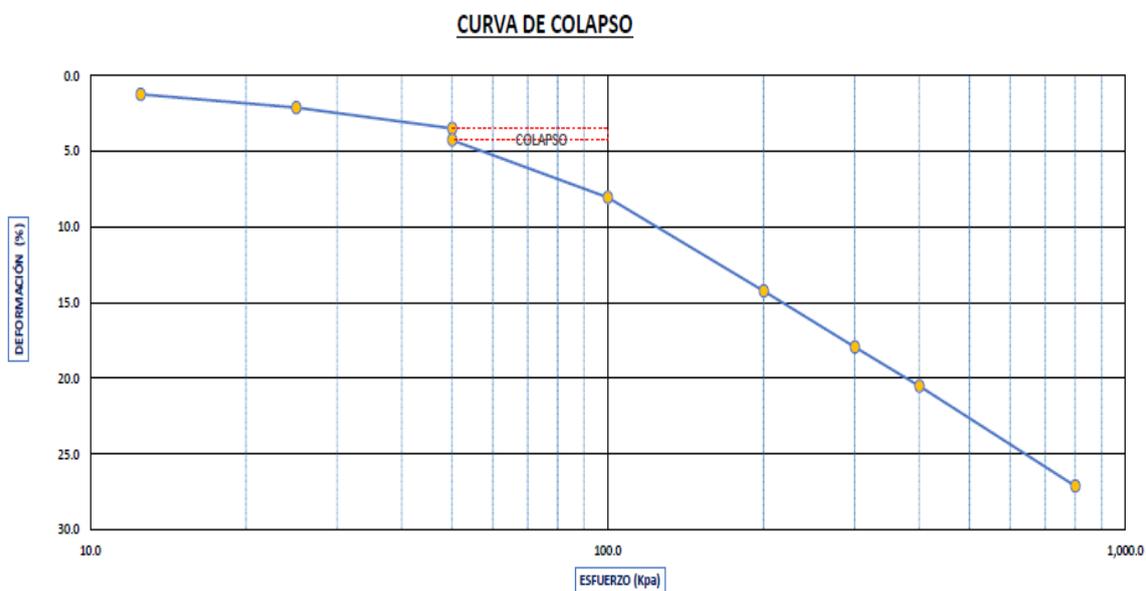


Figura 32. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02

Tabla 22.

Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
	NATURAL	1.734	0.0
12.5	NATURAL	1.701	1.2
25	NATURAL	1.677	2.1
50	NATURAL	1.639	3.5
50	INUNDADO	1.618	4.2
100	INUNDADO	1.515	8.0
200	INUNDADO	1.346	14.2
300	INUNDADO	1.244	17.9
400	INUNDADO	1.174	20.5
800	INUNDADO	0.994	27.1

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Universidad del altiplano C-03, M-01

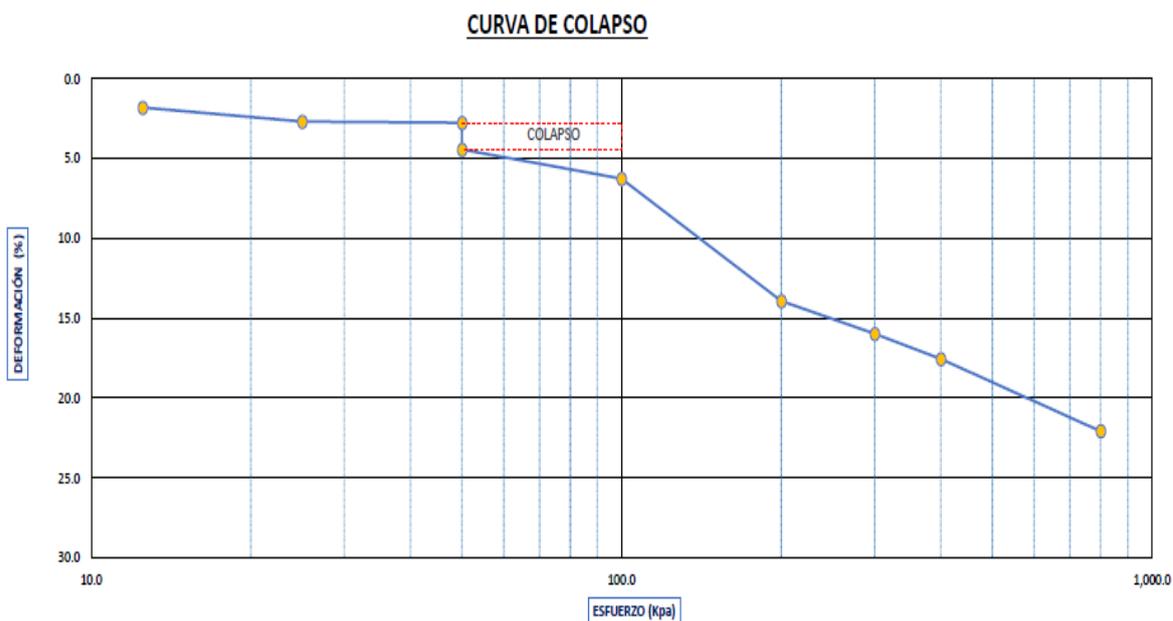


Figura 33. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03

Tabla 23.

Resumen del ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
	NATURAL	0.875	0.0
12.5	NATURAL	0.842	1.8
25	NATURAL	0.825	2.7
50	NATURAL	0.824	2.8
50	INUNDADO	0.792	4.4
100	INUNDADO	0.758	6.3
200	INUNDADO	0.615	13.9
300	INUNDADO	0.576	16.0
400	INUNDADO	0.547	17.5
800	INUNDADO	0.462	22.1

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

Así mismo, se realizó el ensayo, pero el humedecimiento del suelo se aplicó en la carga de 100 Kpa, obteniendo las siguientes figuras:

Laguna de oxidación C-01, M-01.

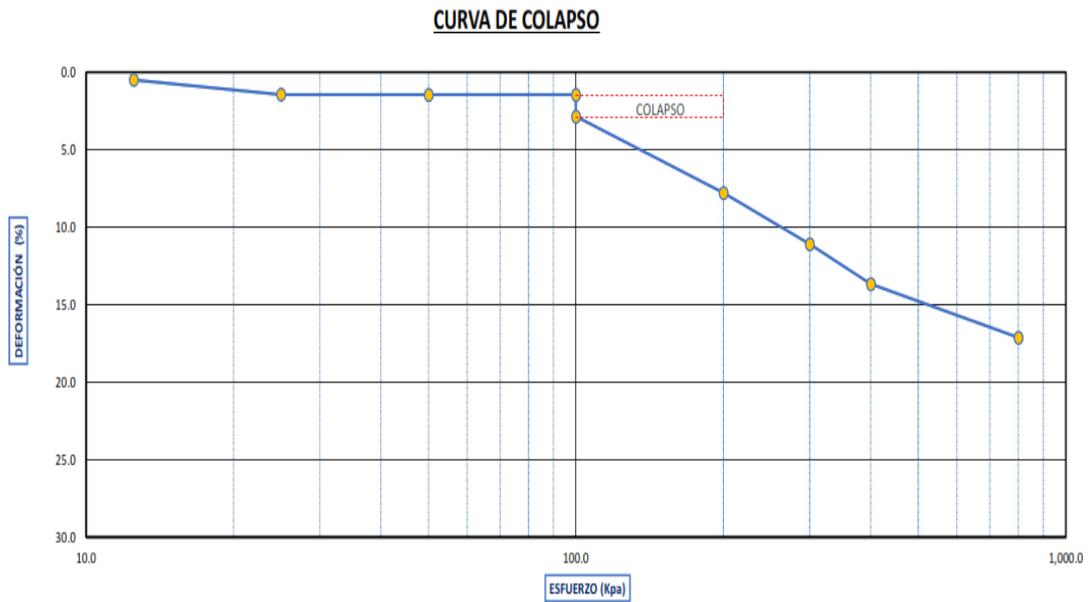


Figura 34. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01

Tabla 24.

Resumen de ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	1.687	0.0
12.5	NATURAL	1.673	0.5
25	NATURAL	1.648	1.4
50	NATURAL	1.647	1.5
100	NATURAL	1.647	1.5
100	INUNDADO	1.610	2.9
200	INUNDADO	1.478	7.8
300	INUNDADO	1.389	11.1
400	INUNDADO	1.319	13.7
800	INUNDADO	1.227	17.1

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Malecón C-02, M-01.

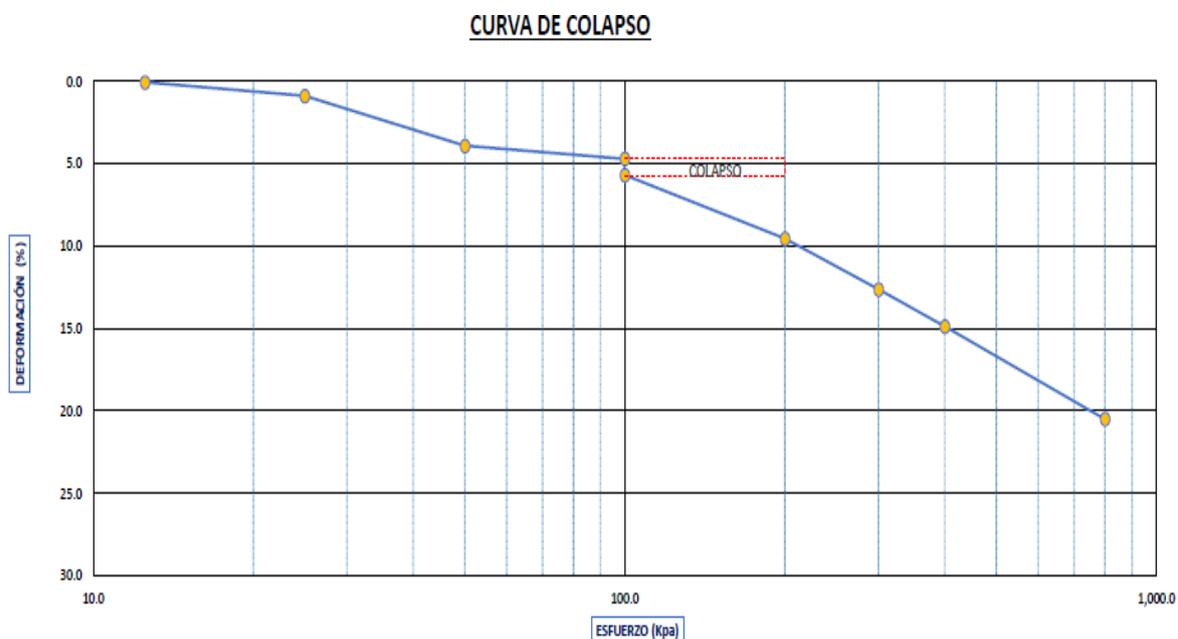


Figura 35. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02

Tabla 25.

Resumen del ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	1.472	0.0
12.5	NATURAL	1.471	0.0
25	NATURAL	1.451	0.9
50	NATURAL	1.376	3.9
100	NATURAL	1.356	4.7
100	INUNDADO	1.332	5.7
200	INUNDADO	1.236	9.5
300	INUNDADO	1.160	12.6
400	INUNDADO	1.105	14.9
800	INUNDADO	0.966	20.5

- Universidad del altiplano C-03, M-01

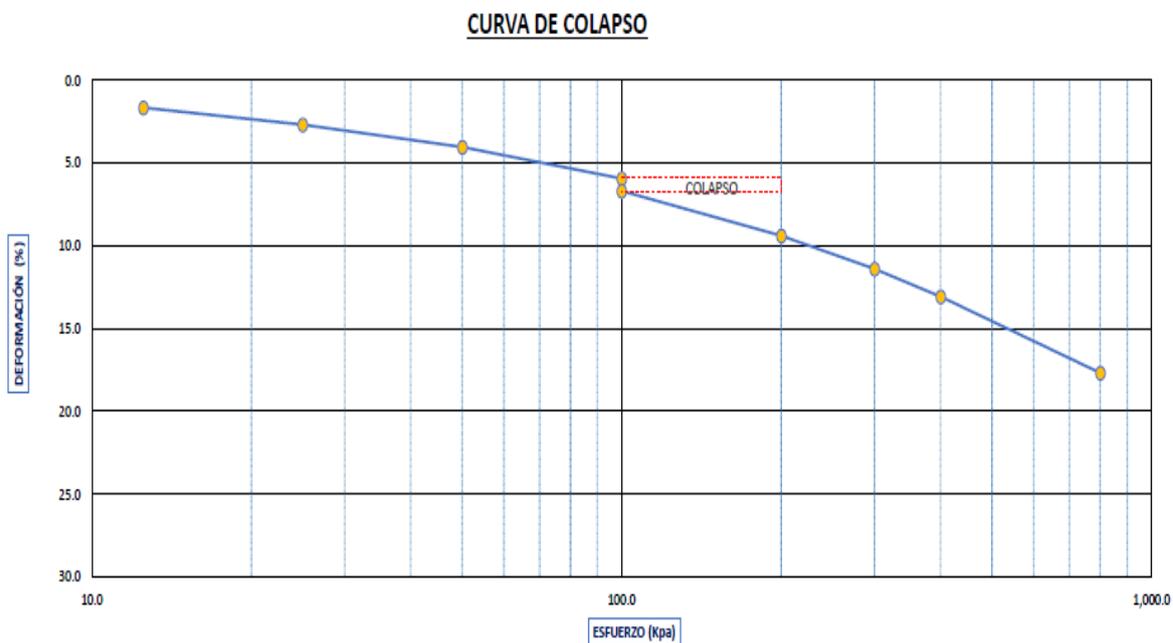


Figura 36. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03

Tabla 26.

Resumen del ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	0.859	0.0
12.5	NATURAL	0.829	1.7
25	NATURAL	0.809	2.7
50	NATURAL	0.784	4.0
100	NATURAL	0.749	5.9
100	INUNDADO	0.735	6.7
200	INUNDADO	0.685	9.4
300	INUNDADO	0.647	11.4
400	INUNDADO	0.616	13.1
800	INUNDADO	0.531	17.7

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

Por último, se realizó el ensayo, con el humedecimiento del suelo se aplicó en la carga 200 Kpa, obteniendo como resultado:

- Laguna de oxidación C-01, M-01

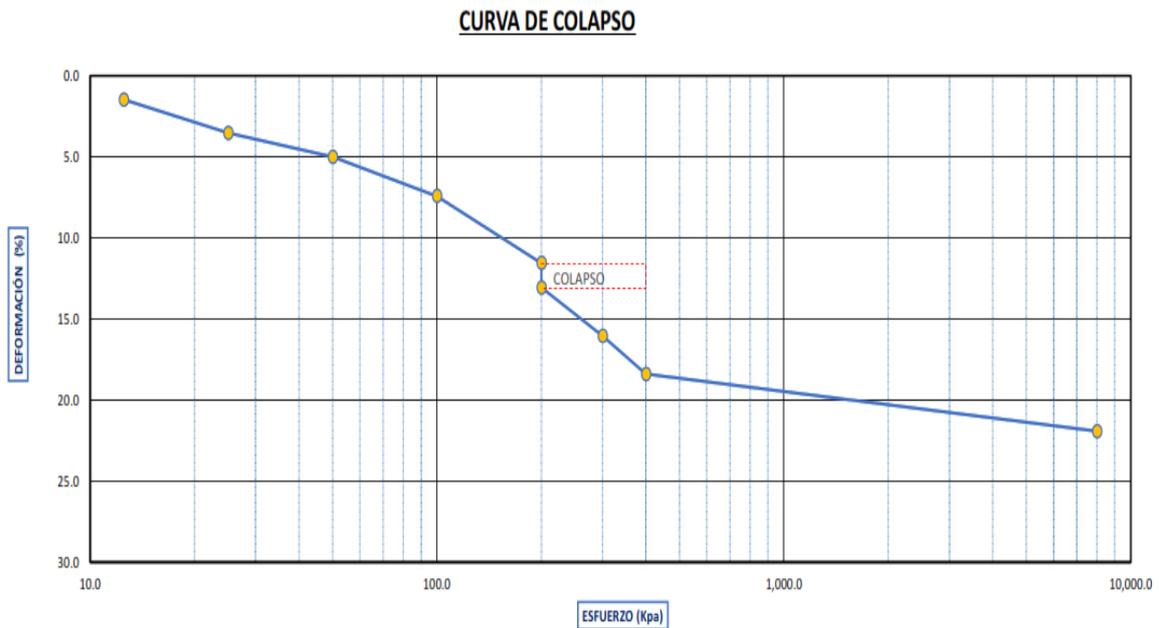


Figura 37. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01.

Tabla 27.

Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. De vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	1.601	0.0
12.5	NATURAL	1.563	1.5
25	NATURAL	1.510	3.5
50	NATURAL	1.471	5.0
100	NATURAL	1.408	7.4
200	NATURAL	1.301	11.6
200	INUNDADO	1.261	13.1
300	INUNDADO	1.184	16.0
400	INUNDADO	1.123	18.4
800	INUNDADO	1.031	21.9

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Malecón C-02, M-01

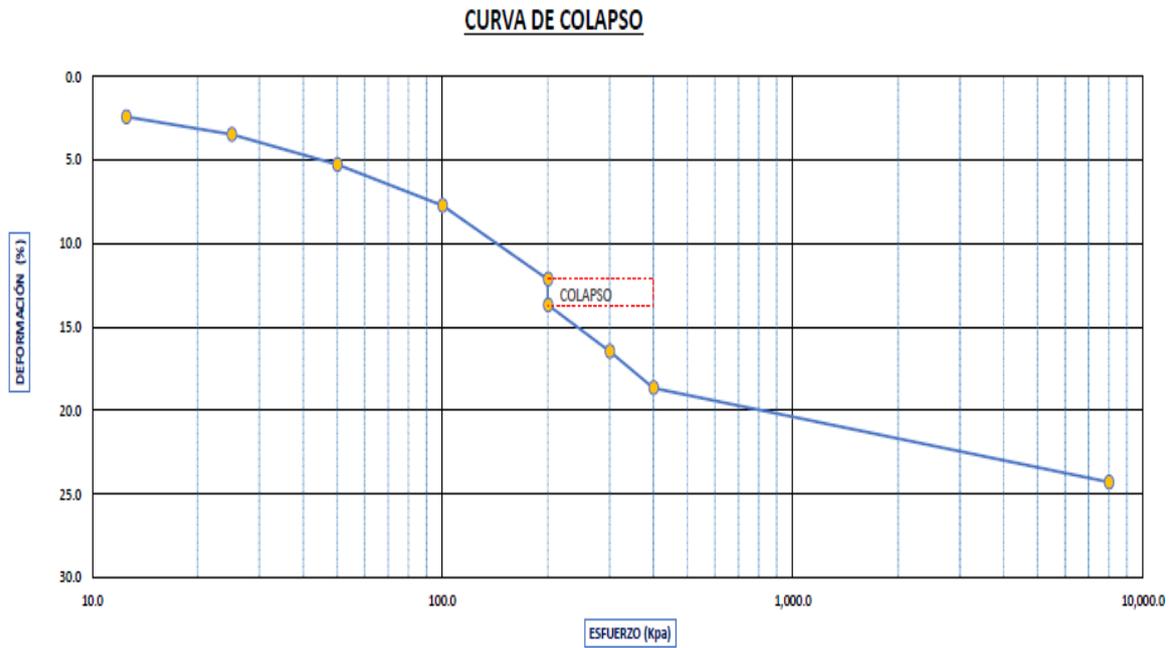


Figura 38. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02.

Tabla 28.

Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. de vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	1.635	0.0
12.5	NATURAL	1.571	2.4
25	NATURAL	1.543	3.5
50	NATURAL	1.496	5.3
100	NATURAL	1.432	7.7
200	NATURAL	1.315	12.1
200	INUNDADO	1.274	13.7
300	INUNDADO	1.202	16.4
400	INUNDADO	1.144	18.6
800	INUNDADO	0.995	24.3

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

- Universidad del altiplano C-03, M-01

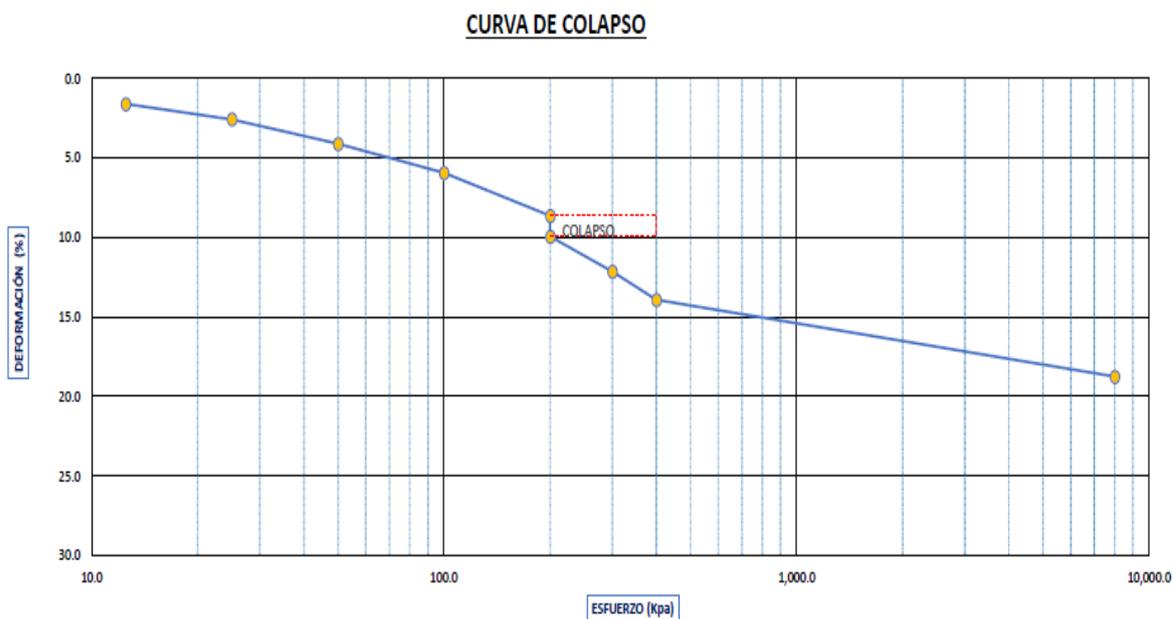


Figura 39. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03.

Tabla 29.

Resumen del ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03

Nota: Revisar el Anexo C para más detalle.

Esfuerzo (Kpa)	Condición de muestra	Rel. De vacíos (e)	Deformación (%)
0	NATURAL	0.903	0.0
12.5	NATURAL	0.873	1.6
25	NATURAL	0.854	2.6
50	NATURAL	0.825	4.1
100	NATURAL	0.790	5.9
200	NATURAL	0.739	8.6
200	INUNDADO	0.714	9.9
300	INUNDADO	0.672	12.1
400	INUNDADO	0.638	13.9
800	INUNDADO	0.547	18.8

3.4.3.5. Niveles Freáticos en Ciudad de Puno.

Para que un suelo presente colapso o el fenómeno de licuación no se requiere que este bajo el nivel freático, solo que la cantidad de humedad sea tal que genere cualquier de los dos fenómenos. Los estratos de suelos que estén debajo del nivel freático del lago no se le podrá controlar la humedad, y se considerará esta profundidad para establecer los suelos que siempre estarán saturado. Los suelos que están encima de este nivel que presenten exceso de humedad, podrían ser por corriente de agua o por irregularidades en la superficie que genere acumulación de agua, estos excesos de agua se pueden controlar.

Se buscó en la web información de la cota del nivel de agua del lago Titicaca, encontrándose en Wikipedia un nivel medio de 3812 msnm, otro dato interesante es que la profundidad media del lago es de 107 m y la profundidad máxima es de 281 m.

Con la finalidad de estimar la profundidad del nivel freático en la zona cercana al lago, se procedió a través de la herramienta de establecer rutas y elaborar perfiles de Google Earth a definir 6 perfiles a lo largo de la costa, lo cuales se muestran a continuación.



Figura 40. Ruta de los Perfiles Alrededor de la Costa.
Fuente: Imagen de Google Earth.

Se muestran a continuación imágenes de estos perfiles. La figura 41, del perfil 01, muestra la cota del lago en 3.815 msnm siendo el promedio indicado en Wikipedia de 3.812 msnm,

existiendo una diferencia de 3 m, a fines de establecer las profundidades de los niveles freáticos con respecto a los perfiles se tomó la cota de 3.815 m, los perfiles de Google Earth no son representativos exactos, pero sirven para establecer alturas relativas aproximadas.



Figura 41. Perfil 01 con Cota del Nivel del Lago en 3815 msnm.
Fuente: Imagen de Google Earth.

En la figura inferior se observa a 663 m de la costa, 702 m en el perfil, cota del perfil de 3.826 m.s.n.m., una diferencia de 11 mts, en este sentido el nivel freático debería estar entre 9 m a 11 m si considera el flujo de agua subterráneo. Como información adicional, se muestra en la planta donde está ubicado el sitio de medición.

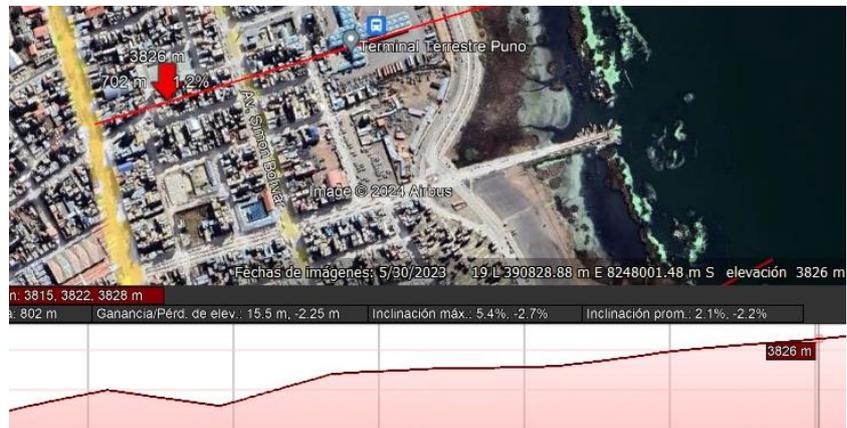


Figura 42. Perfil 01 con Cota de Terreno de 3.826 msnm a 702 m.
Fuente: Imagen de Google Earth.

En el perfil 02, la cota sobre la Av. Costanera es de 3.819 msnm, esta se encuentra a unos 367 mts de la costa, el nivel freático debe estar a 4 m de profundidad aproximadamente.



Figura 43. Perfil 02 con Cota de Terreno de 3.819 m.s.n.m. a 367 m.
Fuente: Imagen de Google Earth.

En el perfil 03, se muestra un punto en el casco de la ciudad el cual se encuentra a 813 mts de la costa cuya altura es de 3824 msnm, con una diferencia al nivel del lago de 9 m, por lo que se puede suponer que el nivel del agua en ese punto sea entre 8 m a 9 m. El resto de los perfiles el comportamiento es aproximadamente el mismo. En consecuencia, se podría decir, que a unos 400 m de la costa el nivel freático debe fluctuar entre 4 m a 5 m de profundidad. Las zonas que se encuentran a 650 m, aproximadamente de la costa deben tener el nivel freático entre 9n a 11m.



Figura 44. Perfil 03 con Cota de Terreno de 3.824 m.s.n.m. a 813 m.
Fuente: Imagen de Google Earth.

En cuanto a los orígenes de los depósitos de los suelos sedimentarios, se puede decir que es una combinación entre suelos aluviales (arrastrado por las aguas desde los cerros cercanos), y fluviales (dejados por el lago durante sus subidas y bajadas de nivel)

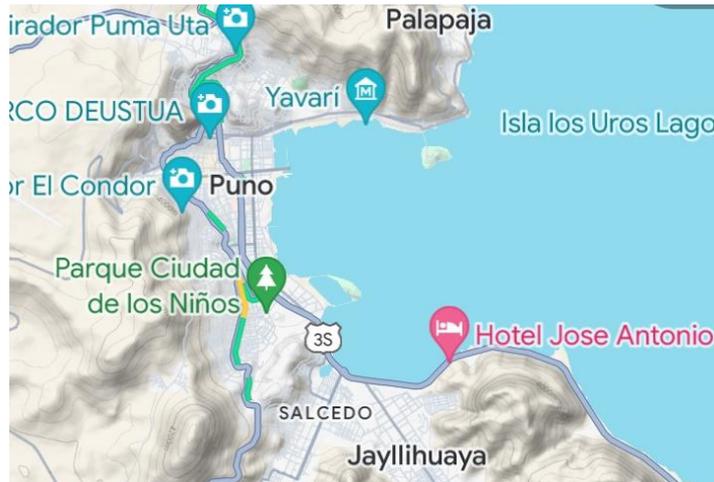


Figura 45. Topografía General ciudad de Puno.
Fuente: Imagen Google Map.

Se puede observar de la imagen de topografía general, que el depósito sedimentario, debería estar conformado por suelos coluviales al pie de los cerros, suelos aluvionales en el tramo intermedio, y en la zona más planas hasta llegar a la costa de combinaciones entre aluvionales y fluviales. Se puede notar un alineamiento de los perfiles de suelos con la forma de la costa, lo que denota deslizamiento desde ellos, lo cual representa otro tipo de riesgo. En cuanto a la ciudad vecina de Juliaca, donde a ocurrido mayores desastres debido a movimiento sísmicos, se puede observar en el Google Map, una gran planicie, donde los depósitos de suelos son de origen fluviales.

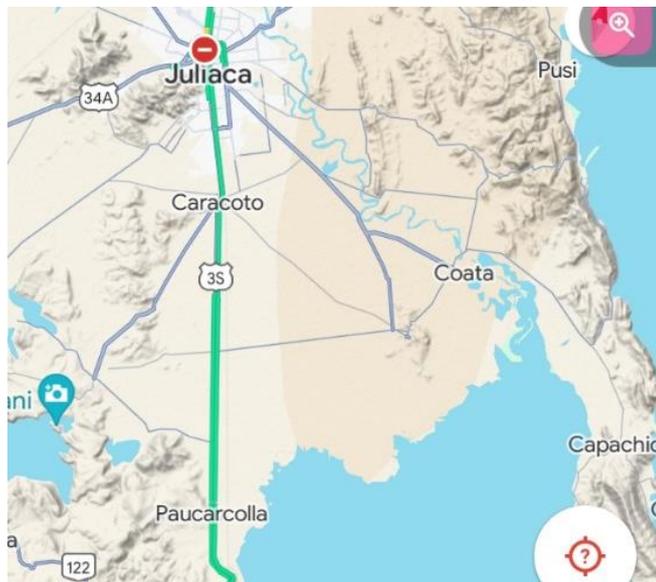


Figura 46. Topografía General ciudad Juliaca.
Fuente: Imagen Google Map.

La diferencia del nivel de terreno con la cota del lago es de 7 mts en Juliaca, que se encuentra a unos 38,4 kms. Se verifico a 30 kms en la misma línea a la costa, encontrándose solo 4 m de diferencia.

Se podría decir, que los estratos suelos que se encuentren por encima de las profundidades anteriormente indicadas pueden ser tratados. Sin embargo, cabe indicar que estas profundidades de acuerdo Kishida indicado en el marco teórico, implicarían riesgo de licuación, por lo que debe verificarse la clasificación y consistencia de los suelos.

3.4.3.6. Ensayos en la Avenida Costanera.

Con el propósito de aumentar la información de los ensayos de laboratorio de suelos cercanos al borde del lago, se extrae información del trabajo de (Quispe, 2023) donde se realizaron 12 calicatas en la Avenida Costanera Sur, la ubicación se muestra a continuación.



Figura 47. Calicatas en la Av. Costanera Sur.
Fuente: Quispe, 2023 (12)

En la tabla 30, están las coordenadas de los sitios de muestreo, las profundidades alcanzadas, y los niveles freáticos encontrado.

Tabla 30.

Calicatas en la Avenida Costanera Sur

Fosas	Coordenadas		Lado	Prof (m)	N.F. (m)
	Norte	Este			
C-01	8.247.437	391.531	L-IZQ	0,00-2,50	1,60
C-02	8.247.357	391.595	L-DER	0,00-2,50	1,50
C-03	8.247.290	391.675	L-IZQ	0,00-2,80	2,50
C-04	8.247.224	391.761	L-DER	0,00-3,40	2,50
C-05	8.247.185	391.823	L-IZQ	0,00-3,10	1,80
C-06	8.247.137	391.906	L-DER	0,00-2,80	1,30
C-07	8.247.096	392.011	L-IZQ	0,00-3,40	1,50
C-08	8.247.059	392.107	L-DER	0,00-3,60	2,40
C-09	8.247.014	392.192	L-IZQ	0,00-1,40	1,40
C-10	8.246.980	392.287	L-DER	0,00-2,30	2,10
C-11	8.246.940	392.368	L-IZQ	0,00-2,40	2,10
C-12	8.246.893	392.432	L-DER	0,00-2,50	2,20

Fuente: Quispe, 2023 (12)

En cuanto a la profundidad del nivel freático encontrado por Quispe, es inferior a los 4 mts del nivel freático que se puede esperar del perfil 06 levantado en el Google Earth, como se muestra en la figura siguiente. Probablemente sean suelos parcial o completamente saturados, por encima del nivel freático que seguramente entran entre suelos colapsables o susceptibles a licuación.



Figura 48. Perfil 06, Punto Sobre la Av. Costanera de Cota 3819 msnm.

Fuente: Google Earth

Se resume a continuación los resultados, en cuanto a la humedad el promedio es de 11,1% al metro de profundidad, y de 44,5% a los 2 m de profundidad, En relación con el pasante del tamiz No. 200 (finos), el menor valor es de 14,8%, el mayor valor de 97,6%, con un promedio de 51,3%. En cuanto a los límites de consistencia, se muestra a continuación su ubicación en la carta de plasticidad.

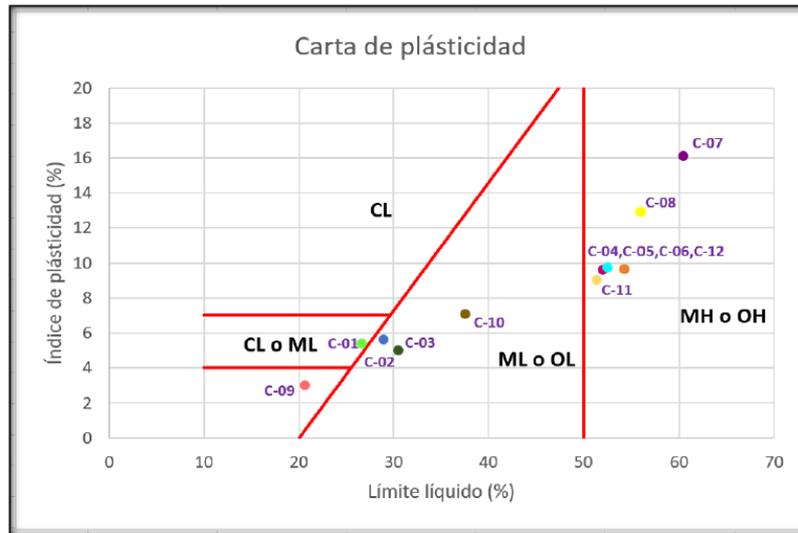


Figura 49. Av. Costanera – Límites de Consistencia.
Fuente: Quispe, 2023 (12)

Se observa en la figura, que el material fino este compuesto por limos y algunos de ellos con material orgánico, que de acuerdo a la clasificación unificada los denomina limos orgánicos. Combinando estos valores con las granulometrías, los suelos son mayormente: gravas limosas (45%), Limos arenoso con presencia de materia orgánica (31%).

En cuanto a las densidades naturales se tomaron 4 utilizando el método de cono y arena, consiguiéndose un mínimo de 1.182 kg/m³, un máximo de 1.317 kg/m³, con un valor medio de 1.259 kg/m³. En cuanto a la gravedad específica solo se realizó una con un valor de 2,58 gr/cc (2.580 kg/m³). Se elaboraron otros ensayos de laboratorio relacionados con los sitios de préstamos como Proctor Modificados y ensayos de CBR.

3.4.3.7. Susceptibilidad al colapso de los ensayos de campo.

Debido a que solo se tiene ensayos de campo en la Av. Costanera se procedió a evaluar el colapso en campo con estos datos. Se presenta en la tabla siguiente los 4 valores de las densidades secas medidas en campo, con sus humedades naturales.

Tabla 31.

Densidades Secas Obtenidas en Campo Av. Costanera.

Límite Líquido	Densidad Seca (gr/cc)
18,4%	1,32
21,8%	1,29
22,6%	1,25
25,3%	1,18

Se representa los valores en la gráfica de potencial de colapso, de acuerdo a la NT E.050, observándose que todos los estratos se encuentran del lado de susceptibilidad a presentar colapso.

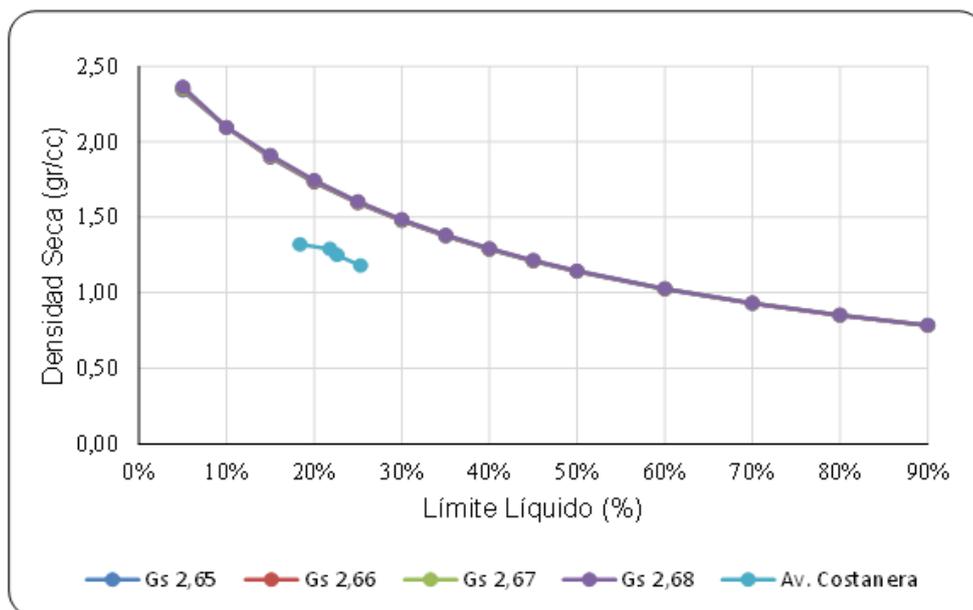


Figura 50. Susceptibilidad al Colapso Suelos, Av. Costanera
Fuente: Norma Técnica Peruana. E.050

3.4.3.8. Susceptibilidad a la licuación en campo.

Se procede a realizar la evaluación de Kishida para identificar posibilidad de ocurrencia de licuefacción en algunos estratos de suelos, en la Avenida Costanera. En cuanto a la gradación, se tiene un 31% de las muestras evaluadas, clasificadas como limos arenosos con presencia de materia orgánica, con D50 entre 2mm y 0,74, de acuerdo a la clasificación no se requiere determinar Cu. Estos materiales se encuentran en los primeros 15 m de altura, por cuanto las calicatas llegaron hasta 3 m. No se tiene estratos de suelos no licuables en la parte superior. Por otra parte, la presión efectiva es inferior a 2 kg/cm², y su compactación relativa es inferior a 75%, ya que se consideran sueltos o blandos. En consecuencia, los estratos con esta clasificación son susceptibles a licuación.

Se presenta en la tabla 32, los ensayos resumidos realizados en este trabajo, se observa que las humedades naturales están o muy cerca o por encima del límite líquido, en este sentido se puede considerar que la matriz del suelo (tamaño menor al tamiz No. 4) se encuentra en un estado líquido, ya que el porcentaje de finos (Pasante #200) es superior

al 64%. En cuanto a su consistencia se considera muy suelo por ser las densidades secas muy baja, y el material encontrado es limoso o con alto contenido de limo. Se incorporó el promedio de los ensayos realizados a los limos de la Av. Costanera, por cuanto estos valores se utilizarán posteriormente.

Tabla 32.

Resumen de Ensayos Analizados en la Presente Tesis.

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice Plasticidad (%)	Tamiz #200	Humedad Natural (%)	Densidad Natural (gr/cc)	Densidad Seca (gr/cc)
C01-M01	44,0%	29,0%	15,0%	65,30%	56,3%	1,62	1,04
C02-M01	65,0%	22,0%	43,0%	77,85%	62,7%	1,64	1,00
C03-M01	42,0%	31,0%	11,0%	64,03%	37,4%	1,92	1,39
Costanera (limos)	37,6%	30,5%	7,1%	51,30%	44,5%	1,68	1,16

Con esta información se procedió a determinar las relaciones de pesos y de volumen, las cuales se presentan a continuación.

Tabla 33.

Relaciones de Vacíos, Porosidad y Saturación de las Muestras.

Muestra	Relación de Vacío	Porosidad	Saturación (%)	Wn/LL	Gravedad Específica (gr/cc)
C01-M01	1,48	0,60	98,1%	1,28	2,58
C02-M01	1,68	0,63	100,0%	0,96	2,68
C03-M01	0,93	0,48	108,0%	0,89	2,68
Costanera (limos)	1,22	0,55	93,8%	1,18	2,58

En cuanto a los resultados anteriores, se procedió inicialmente con el valor de las gravedades específicas promedio de los ensayos realizados en la Av. Costanera ($G=2,58$). Sin embargo, ya en la muestra de la calicata 02 esta relación se modificó a $G=2,68$ (afloramiento de rocas intrusiva de batolitos – granitoides, con gravedades específicas entre 2,6 a 2,7), se puede observar que las muestras se encuentran completamente saturadas. En otras palabras, todos los espacios vacíos llenos de agua, como el nivel freático se encuentran a los 4 mts, esta humedad puede controlarse y bajarse mediante un adecuado

drenaje. En cuanto a su comportamiento, se debe considerar que el nivel freático esta superficial y que no se encuentra estratos de suelos estables en la parte superior.

Utilizando el criterio de Kishida para el análisis inicial, los estratos de suelos analizados cumplen con la lista de chequeo para suelos con potencialidad de licuación: Nivel freático inferior a 15 mts, D50 entre 2mm y 0,74, y no existe estrato no licuable en la parte superior.

3.4.3.9. Potencial licuable de los estratos de suelos.

En este aparte se analizó el potencial de los estratos, se presenta en la Tabla 34 las condiciones que se cumplen de acuerdo al criterio de Seed 2003.

Tabla 34.

Análisis Potencial de Licuación de Suelos Según Seed 2003

Muestra	Zona A			Zona B			Zona C
	IP≤12%	LL≤37%	Wn≥0,80*LL	IP≤20%	LL≤47%	Wn≥0,85*LL	
C01-M01	NC	NC	C	C	C	C	NC
C02-M01	NC	NC	C	NC	NC	C	C
C03-M01	C	NC	C	C	C	C	NC
Costanera (limos)	C	NC	C	C	C	C	NC

Nota: Cumple (C), No Cumple (NC).

Según este criterio los suelos pueden ser colapsables, con excluyendo los estratos similares a la de la calicata 02.

Seguidamente se realizó el análisis de acuerdo a Bray & Sancio, en el 2008. El cual incorpora suelos con contenidos de finos superiores a 50%, al igual que aquellos suelos con límite líquido superior al 50%, se presenta a continuación el análisis.

Tabla 35.

Análisis Potencial de Licuación de Suelos Según Bray 2006

Muestra	Susceptible		Moderadamente		No Susceptible
	IP≤12%	Wn/LL>0,85	IP≤18%	Wn/LL>0,80	
C01-M01	NC	C	C	C	NC
C02-M01	NC	C	NC	C	C
C03-M01	C	C	C	C	NC
Costanera (limos)	C	C	C	C	NC

Nota: Cumple (C), No Cumple (NC).

Se observa que dos de las muestras de suelos entraron en la zona de susceptibles a presentar licuación, una quedo en la posibilidad o ser moderadamente susceptible, y la

muestra sin posibilidad de licuación quedo también excluida. Sin embargo, es recomendable realizar ensayos vibratorios a la muestra arcillosa que está quedando por fuera de los criterios de análisis utilizados. Como se mencionó anteriormente, estos son los criterios utilizados cuando se presentan contenidos de finos superiores al 30%.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Parámetros físicos.

Holtz y Hilf (1961), sugirieron un gráfico relacionando la densidad natural seca versus el límite líquido, para cualquier suelo, si la densidad seca natural está por encima de la línea límite, es probable que el suelo colapse.

Considerando el gráfico propuesto por Holtz y Hilf y definido por la NTP E 0.50, se observan los resultados de los suelos en investigación. En la figura 51, la calicata 01 muestra una densidad natural seca de 1.04 g/cm³ y un límite líquido del 44%. Se aprecia que el punto se encuentra por encima de la línea límite, lo que indica que el suelo podría experimentar colapso. La calicata 02 tiene densidad natural seca de 1,00 gr/cm³ y limite liquido de 65 %, podemos observar que se encuentra en la parte de los suelos no colapsables, pero está muy cerca de la línea que limita los suelos colapsables con los no colapsables, ya que se encuentra cerca de la línea limite se realizara el ensayo normalizado para poder determinar si el suelo puede sufrir o no colapso. La calicata 03 tiene densidad natural seca 1.39 gr/cm³, limite liquido de 42%, observamos que se encuentra debajo de la línea limite (zona de los suelos no colapsables), este se encuentra cerca de la línea limite, de igual manera que la calicata 02 se realizara el ensayo normalizado para determinar si el suelo es o no colapsable.

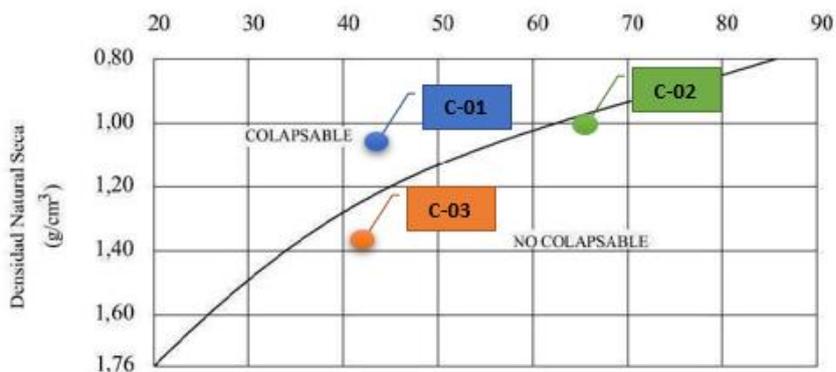


Figura 51. Relación entre suelos colapsables y no colapsables. Tomado de “Norma Técnica Peruana E. 050 Suelos y cimentaciones”, por el Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018, p. 47.

Se muestran, en las siguientes tablas por calicatas, los resultados de los análisis del potencial de colapso de cada muestra bajo estudio mediante fórmulas propuestas por diferentes investigadores, las cuales se resumieron en la Tabla 3.

Tabla 36.

Grado de colapso – calicata 01

Investigador	Coefficiente de colapso	Resultado	Criterio	Evaluación
Denisov	$k = \frac{eLL}{e}$	0.72	Coefficiente de hundimiento: K=0,5 – 0.75; alto potencial de colapso K= 1.0; limo-arcilloso que no presenta colapso K= 1,5 – 2,0; suelo que no presenta colapso	Alto potencial de colapso
Priklonski	$K_D = \frac{(w\% - LP)}{IP}$	1.82	Donde: KD < 0.0, suelo con alto potencial de colapso. KD > 0.5; suelo que no presenta colapso. KD > 1.0; suelos expansivos.	Suelo expansivo
Soviet Building Code	$L = \frac{e_0 - e_L}{1 + e_0}$	0.18	Si L > - 0,1, se trata de un suelo que presenta colapso.	Suelo que presenta colapso
Feda	$K_L = \frac{W_0}{S_r} - \frac{L_p}{I_p}$	-1.31	Si KL > 0,85, se trata de un suelo que presenta colapso.	No presenta colapso
Handy	Loess de Iowa con contenido de arcilla (<0,002 mm)	17.25	Donde: <16%; alta probabilidad de colapso 16 – 24 %; probabilidad de colapso 24 – 32%; menos del 50% de probabilidad de colapso >32%; usualmente seguro contra colapso	Probabilidad de colapso

Nota: Ver Tabla 3

Tabla 37.

Grado de colapso – calicata 02

Investigador	Coefficiente de colapso	resultado	Criterio	Evaluación
Denisov	$k = \frac{eLL}{e}$	1.08	Coeficiente de hundimiento: K=0,5 – 0.75; alto potencial de colapso K= 1.0; limo-arcilloso que no presenta colapso K= 1,5 – 2,0; suelo que no presenta colapso	No presenta colapso
Prikionski	$K_D = \frac{(w\% - LP)}{IP}$	0.85	Donde: KD < 0.0, suelo con alto potencial de colapso. KD > 0.5; suelo que no presenta colapso. KD > 1.0; suelos expansivos.	Suelo que no presenta colapso
Soviet Building Code	$L = \frac{e_0 - e_L}{1 + e_0}$	-0.05	Si L > - 0,1, se trata de un suelo que presenta colapso.	No presenta colapso
Feda	$K_L = \frac{W_0}{S_r} - \frac{L_p}{I_p}$	0.27	Si KL > 0,85, se trata de un suelo que presenta colapso.	No presenta colapso
Handy	Loess de Iowa con contenido de arcilla (<0,002 mm)	14.35	Donde: <16%; alta probabilidad de colapso 16 – 24 %; probabilidad de colapso 24 – 32%; menos del 50% de probabilidad de colapso >32%; usualmente seguro contra colapso	Probabilidad de colapso

Nota: Ver Tabla 3

Tabla 38.

Grado de colapso – calicata 03

Investigador	Coefficiente de colapso	resultado	Criterio	Evaluación
Denisov	$k = \frac{eLL}{e}$	1.24	Coefficiente de hundimiento: K=0,5 – 0.75; alto potencial de colapso K= 1.0; limo-arcilloso que no presenta colapso K= 1,5 – 2,0; suelo que no presenta colapso	No presenta colapso
Priklonski	$K_D = \frac{(w\% - LP)}{IP}$	0.58	Donde: KD < 0.0, suelo con alto potencial de colapso. KD > 0.5; suelo que no presenta colapso. KD > 1.0; suelos expansivos.	Suelo que no presenta colapso
Soviet Building Code	$L = \frac{e_0 - e_L}{1 + e_0}$	-0.12	Si L > -0,1, se trata de un suelo que presenta colapso.	No presenta colapso
Feda	$K_L = \frac{w_0}{s_r} - \frac{l_p}{l_p}$	-2.4	Si KL > 0,85, se trata de un suelo que presenta colapso.	No presenta colapso
Handy	Loess de lowa con contenido de arcilla (<0,002 mm)	18.6	Donde: <16%; alta probabilidad de colapso 16 – 24 %; probabilidad de colapso 24 – 32%; menos del 50% de probabilidad de colapso >32%; usualmente seguro contra colapso	Probabilidad de colapso

Nota: Ver Tabla 3

Del análisis del potencial de colapso según criterios de diferentes investigadores, el método de Priklonski en la tabla 36, nos indica que el suelo es expansivo el cual no concuerda con los ensayos de simple y doble edómetro, en caso de las tablas 37 y 38, nos indica que estos suelos no presentan colapso, el cual concuerda con los resultados de edómetro simple y doble.

El método de Feda, no definió el potencial de colapso de los suelos, ya que, caracteriza como suelo colapsable a suelos con valores de KI > 0.85, el cual no permite hacer ninguna aseveración, este método es bastante restringido. De igual manera con el método de Soviet

es radical, valorando el suelo como colapsable o no colapsable, estos dos métodos no son adecuados para la determinación cualitativa del **PC** en los suelos en estudio.

El método de Denisov, en la tabla 36 indica que la muestra presenta alto potencial de colapso y en las tablas 37 y 38 no se puede concluir específicamente el **PC** de colapso de los suelos en estudio.

Según el método de Handy, un suelo tiene más probabilidad de colapsar si tiene menos % de arcilla y si el suelo tiene más % de arcilla el suelo no colapsara. Se puede observar en las tablas 36, 37 y 38, según el método de Handy la calicata C-01 está clasificada como “probablemente colapsable” muestra una aproximación al índice de colapso, en las calicatas C-02 y C-03 los clasifican como “alta probabilidad de colapsar” y “probablemente colapsable” respectivamente, según el ensayo de edómetro dichos suelos se hinchan al incrementarles agua y esfuerzos verticales.

4.1.2. Ensayos de colapso en laboratorio.

4.1.2.1. Método de simple edómetro.

El colapso unidireccional se realizó a 50 Kpa, 100 Kpa y a 200 Kpa, para las tres muestras en investigación.

En el primer caso, se satura el suelo durante la carga de 50 Kpa, para las Calicatas C-01, C-02 y C-03.

En la figura 52, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 50 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 3.5% catalogado como “moderado”, según la Norma Técnica Peruana (NTP) y la Norma ASTM.

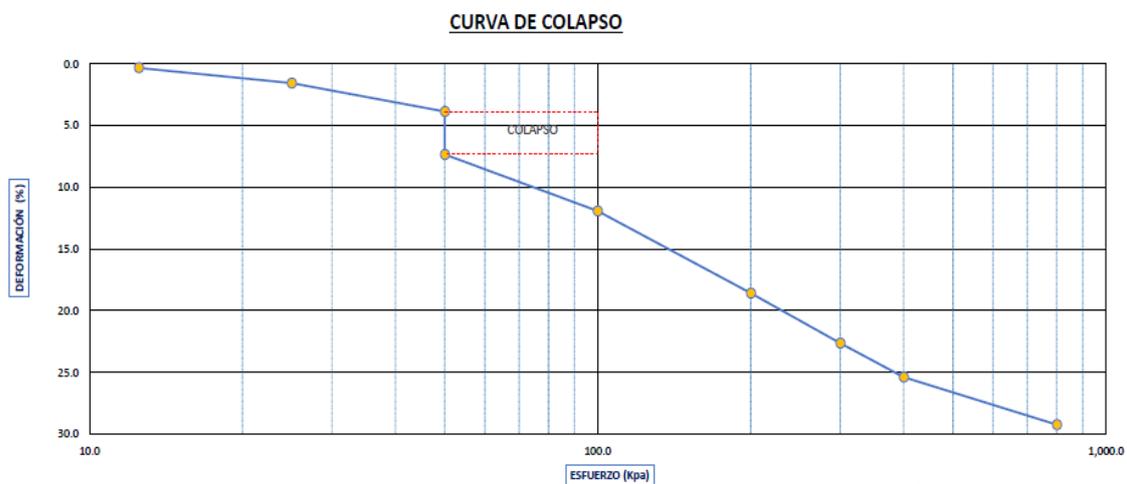


Figura 52. Ensayo de colapso a 50 Kpa -calicata 01.

En la figura 53, observamos que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 50 Kpa, en donde se obtuvo el potencial de colapso de 0.8 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

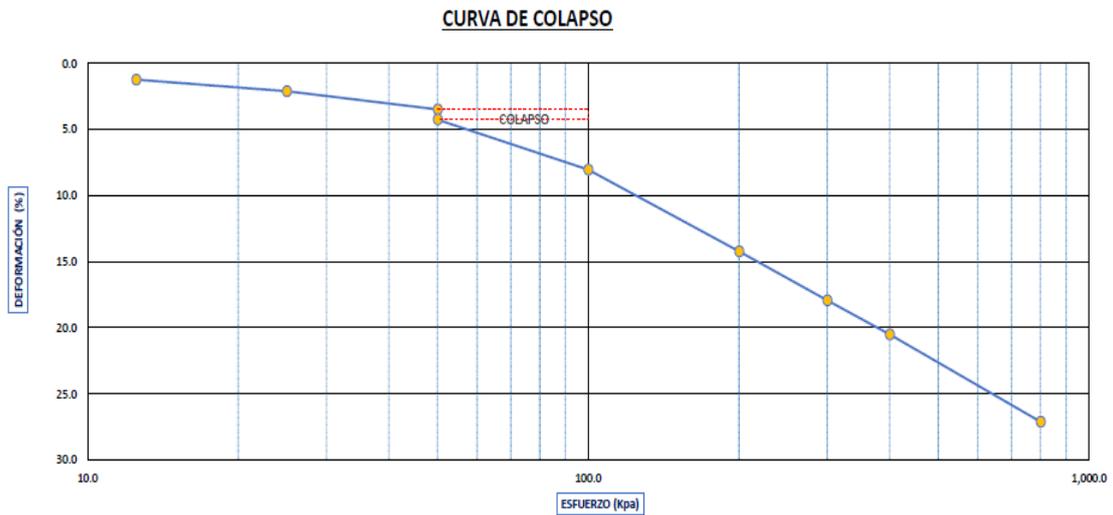


Figura 53. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 02.

En la figura 54, observamos que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 50 Kpa, en donde se obtuvo el potencial de colapso de 1.7 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

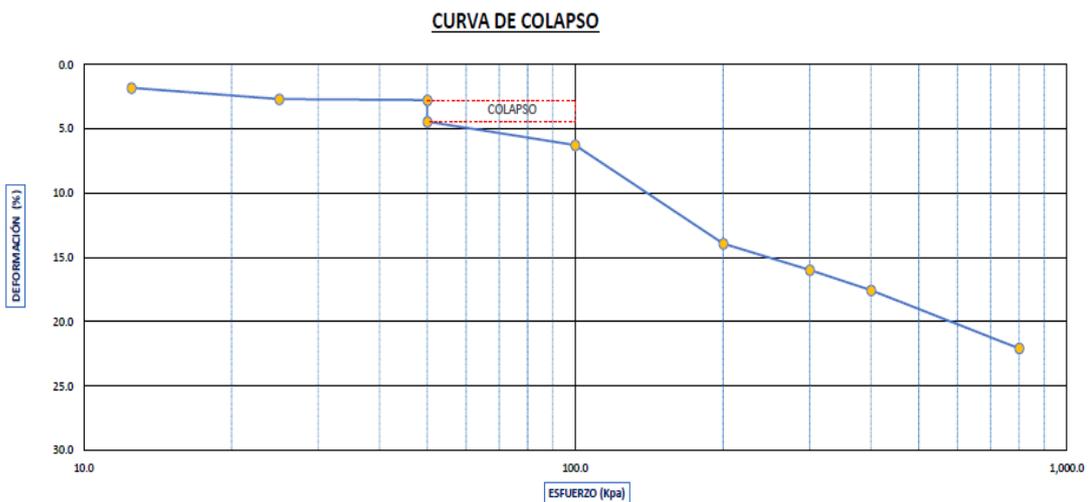


Figura 54. Ensayo de colapso a 50 Kpa – calicata 03.

En el segundo caso, al humedecer el suelo durante la carga de 100 Kpa, para las tres muestras en investigación.

En la figura 55, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 100 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 1.4 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

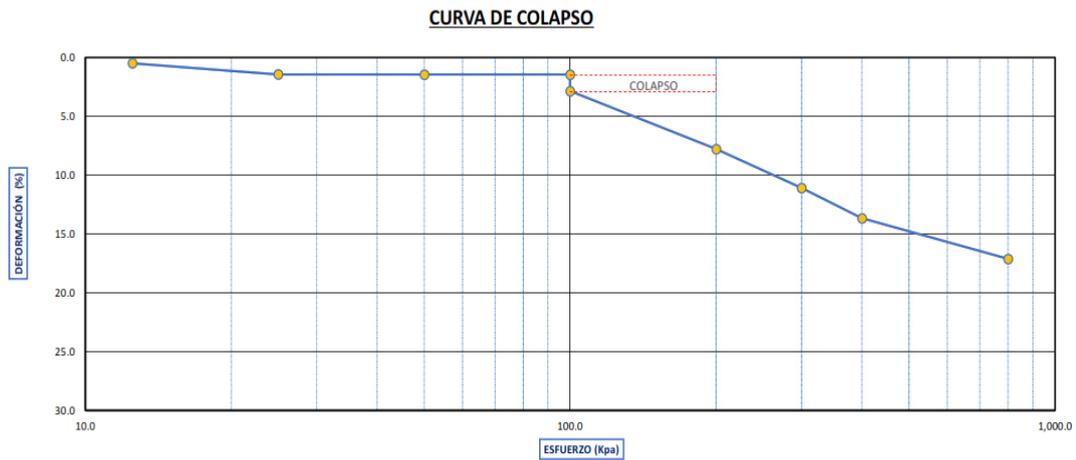


Figura 55. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 01.

En la figura 56, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 100 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 1.0 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

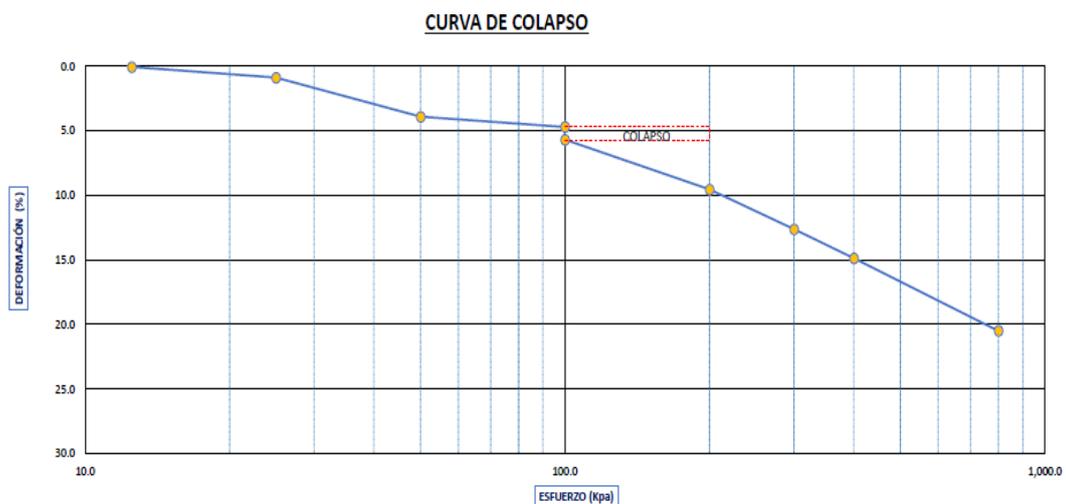


Figura 56. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 02

En la figura 57, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 100 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 0.8 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

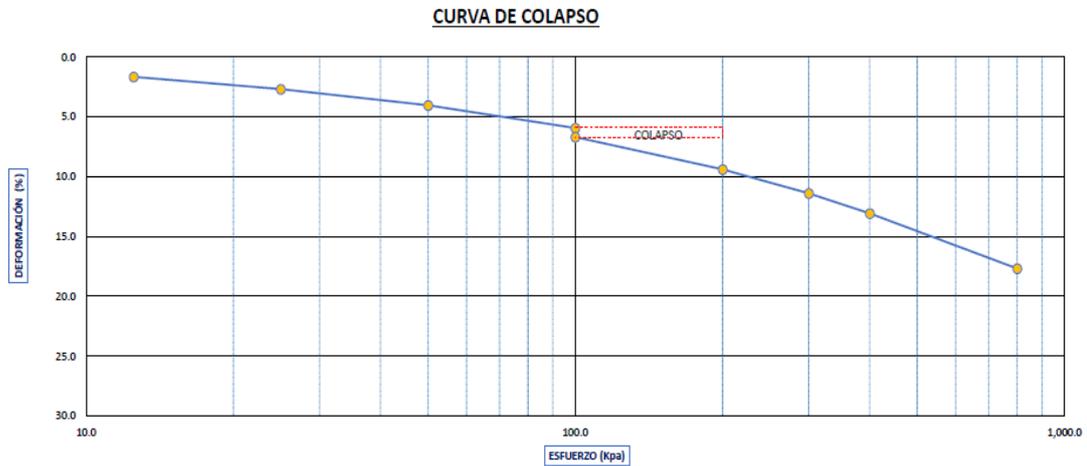


Figura 57. Ensayo de colapso a 100 Kpa – calicata 03.

En el tercer caso, al humedecer el suelo durante la carga de 200 Kpa, de las tres muestras en investigación

En la figura 58, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 200 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 1.5 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

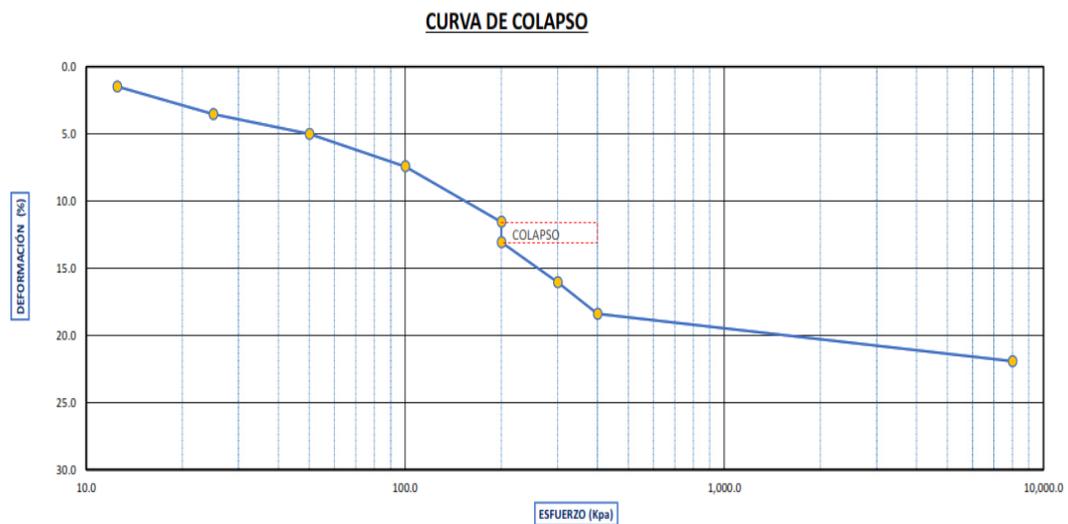


Figura 58. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 01.

En la figura 59, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 200 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 1.5% catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

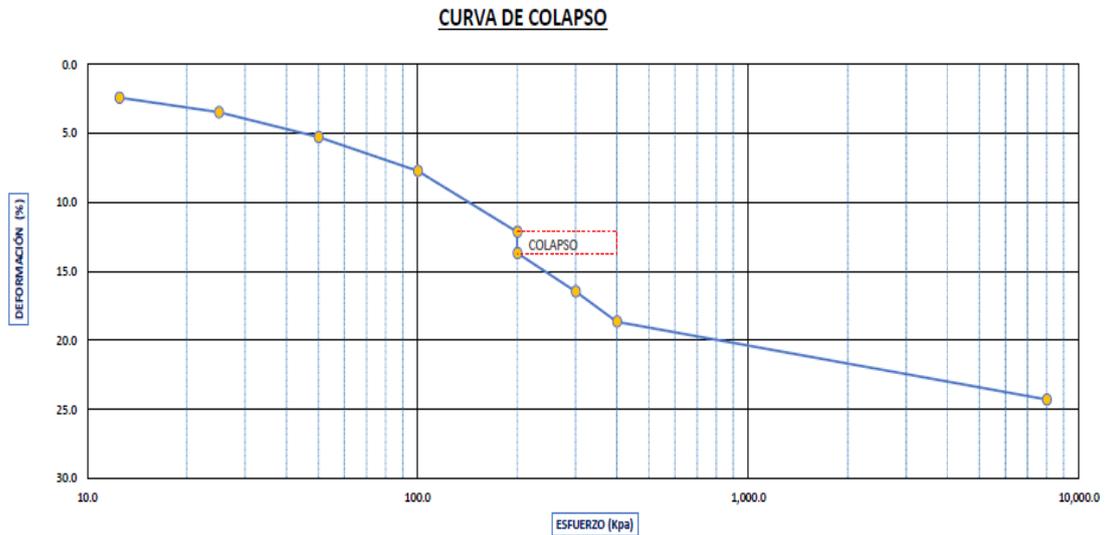


Figura 59. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 02.

En la figura 60, se observa que el suelo presenta un cambio de volumen al incremento de agua y aplicando una carga vertical de 200 Kpa, el cual se obtuvo el potencial de colapso de 1.3 % catalogado como “ligero”, según la NTP y ASTM.

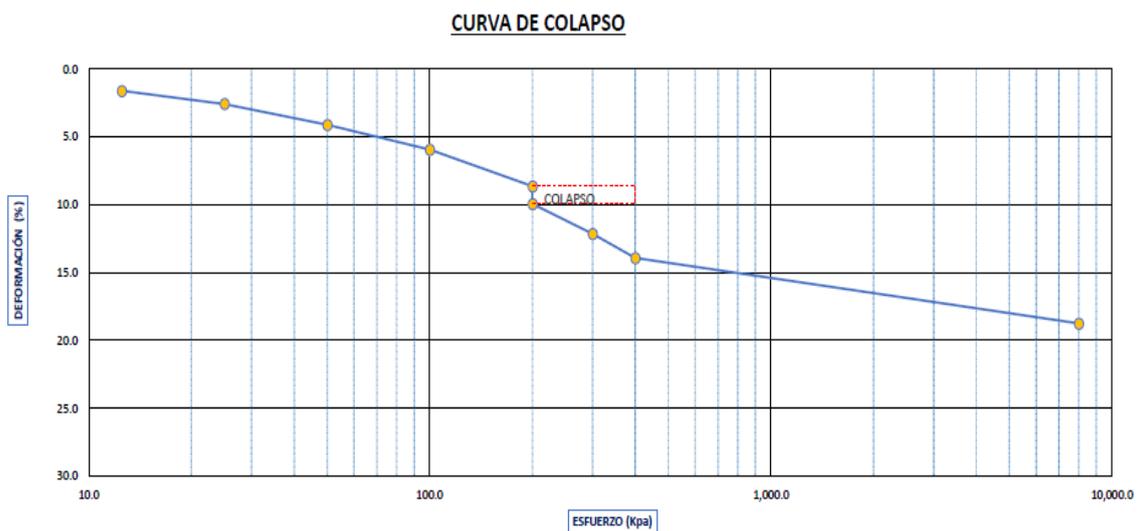


Figura 60. Ensayo de colapso a 200 Kpa – calicata 03.

4.1.2.2. Método de doble edometría.

Se determinó la gráfica deformación – esfuerzo, para las tres muestras en estudio C-01, C-02 y C-03, en cada calicata se utilizó dos muestras, en estado natural y a colapso inicial (muestra inundada).

En la figura 61, hay dos curvas; una de color rojo (suelo inundado) y la curva azul (suelo en estado natural), podemos observar que la curva del suelo inundado esta sobre la curva del suelo en estado natural, eso nos indica que la muestra al incrementar agua y carga esta se hincha, pero cuando se incrementa más carga este llega a colapsar, también se observa que hay un punto de intersección entre las dos curvas, dicha intersección es el punto de equilibrio antes de que el suelo llegue a colapsar.

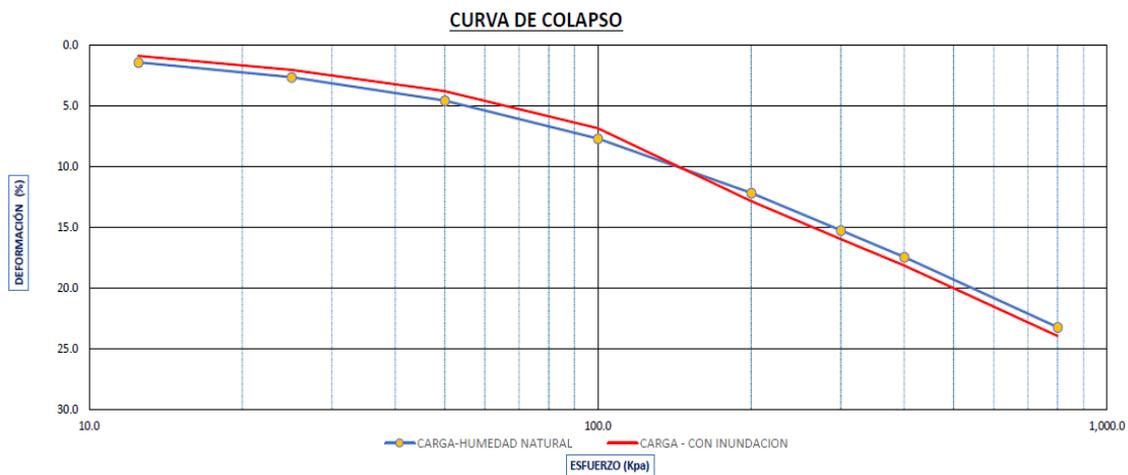


Figura 61. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 01.

Según se observa en la tabla 39, durante el ensayo de la calicata 01, la muestra inicialmente experimenta hinchamiento. Sin embargo, cuando la carga aumenta a 200 kPa, se produce un colapso de 0.47. Posteriormente, cuando la carga se incrementa a 800 kPa, el índice de colapso alcanza 0.64, categorizado como "ligero". La variación en la deformación vertical indica el cambio de volumen de la muestra.

Tabla 39.

Resultados del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 01

Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO / COLAPSO	Δ Rel. De vacíos (Δe)	Indice de colapso (I_c)	Grado de colapso
0.0000		-0.01	-0.28716	-
0.5439	HINCHAMIENTO	-0.02	-0.83704	-
0.6038	HINCHAMIENTO	-0.02	-0.90512	-
0.7834	HINCHAMIENTO	-0.03	-1.10425	-
0.8683	HINCHAMIENTO	-0.03	-1.22294	-
-0.6637	COLAPSO	0.01	0.47096	Ligero
-0.7385	COLAPSO	0.01	0.58755	Ligero
-0.7036	COLAPSO	0.01	0.56825	Ligero
-0.7086	COLAPSO	0.01	0.63950	Ligero

En la figura 62, hay dos curvas; una de color rojo (suelo inundado) y la curva azul (suelo en estado natural), podemos observar que la curva del suelo inundado esta sobre la curva del suelo en estado natural, esto nos indica que la muestra al incrementar agua y carga esta solo presenta hinchamiento, en donde podemos decir que el suelo no presenta colapso.

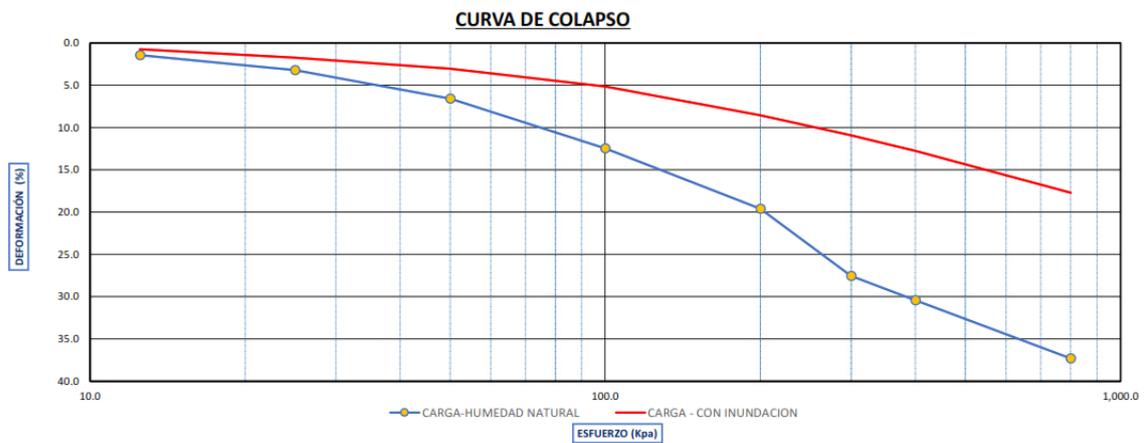


Figura 62. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 02.

Se observa en la tabla 40, que en la calicata 02, la variación de deformación vertical va de 0.71 % al 19.59 % el cual podemos ver que su variación de deformación es ascendente y su variación de relación de vacíos son muy diferentes en cada estado de la muestra, según dichos resultados nos indica que se produjo hinchamiento, y los grados de colapso que se puede ver son del hinchamiento.

Tabla 40.

Resultado del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 02

Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO / COLAPSO	Δ Rel. De vacíos (Δe)	Indice de colapso (i_c)	Grado de colapso
0.0000		0.78	28.21326	Severo
0.7136	HINCHAMIENTO	0.75	27.50603	Severo
0.4721	HINCHAMIENTO	0.72	26.73272	Severo
3.5230	HINCHAMIENTO	0.64	24.57699	Severo
7.3054	HINCHAMIENTO	0.51	20.31881	Severo
11.0379	HINCHAMIENTO	0.37	15.51134	Severo
16.5918	HINCHAMIENTO	0.17	7.78920	Moderadamente grave
17.6547	HINCHAMIENTO	0.12	5.79588	Moderado
19.5858	HINCHAMIENTO	0.02	1.23741	Ligero

En la figura 63, hay dos curvas; una de color rojo (suelo inundado) y la curva azul (suelo en estado natural), podemos observar que la curva del suelo inundado esta sobre la curva del suelo en estado natural, esto nos indica que la muestra al incrementar agua y carga esta solo presenta hinchamiento, en donde podemos decir que el suelo no presenta colapso.

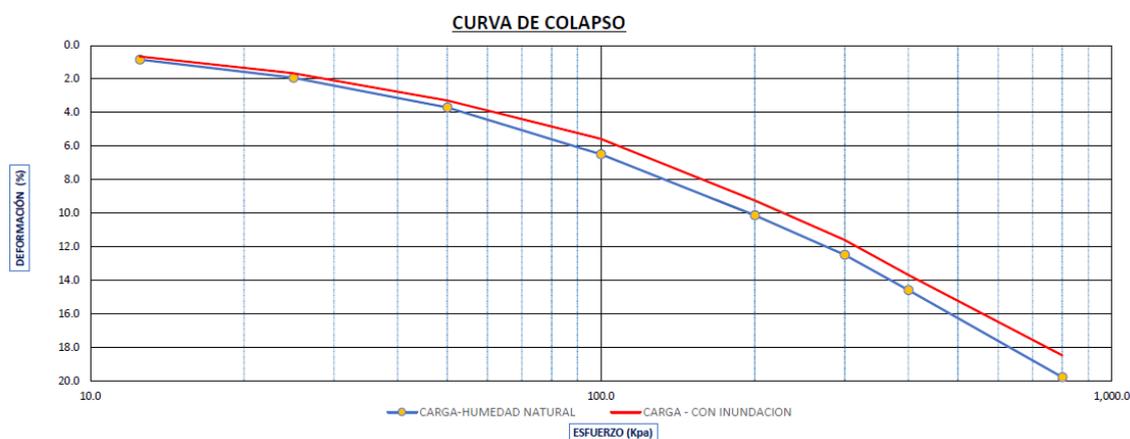


Figura 63. Ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 03

En la tabla 41, se observa que en la calicata 03, la variación de deformación vertical va de 0.19% al 1.29 % el cual podemos ver que su variación de deformación es ascendente y su variación de relación de vacíos varia de 0.06 a 0.03, según dichos resultados nos indica que se produjo hinchamiento, y los grados de colapso que se puede ver son del hinchamiento.

Tabla 41.

Resultados del ensayo de colapso con doble edómetro – calicata 03

Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO / COLAPSO	Δ Rel. De vacíos (Δe)	Indice de colapso (I_c)	Grado de colapso
0.0000		0.06	3.17267	Moderado
0.1896	HINCHAMIENTO	0.06	2.98172	Moderado
0.2794	HINCHAMIENTO	0.06	2.88828	Moderado
0.4142	HINCHAMIENTO	0.05	2.74360	Moderado
0.9281	HINCHAMIENTO	0.04	2.18551	Moderado
0.8932	HINCHAMIENTO	0.04	2.18429	Moderado
0.8882	HINCHAMIENTO	0.04	2.16353	Moderado
0.9032	HINCHAMIENTO	0.04	2.12151	Moderado
1.2974	HINCHAMIENTO	0.03	1.56959	Ligero

4.1.2.3. Método de hidrometría.

Otro factor que influye en el comportamiento de colapso, es el material de unión como los minerales arcillosos, en las zonas de investigación se obtuvo, 17.25 %, 14.35 % y 16.60 % de arcilla, los cuales solidifican las partículas del suelo, proporcionando resistencia al suelo, que luego de incrementar su contenido de humedad, este pierde su resistencia y con ello ocasiona asentamiento o de caso contrario la arcilla se puede expandirse. Según Handy y varios investigadores, indican que, si un suelo tiene menos % de arcilla tiene alta probabilidad de colapsar y si tiene más % de arcilla el suelo no colapsara.

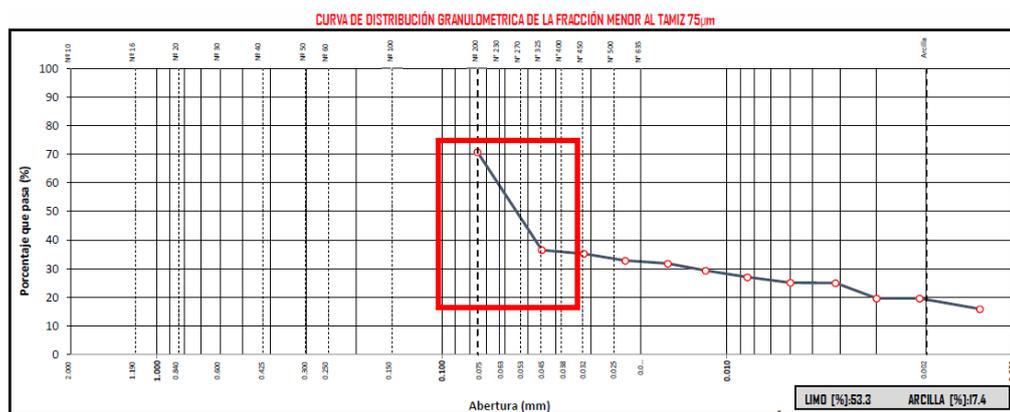


Figura 64. Ensayo de hidrometría 1 – calicata 01.

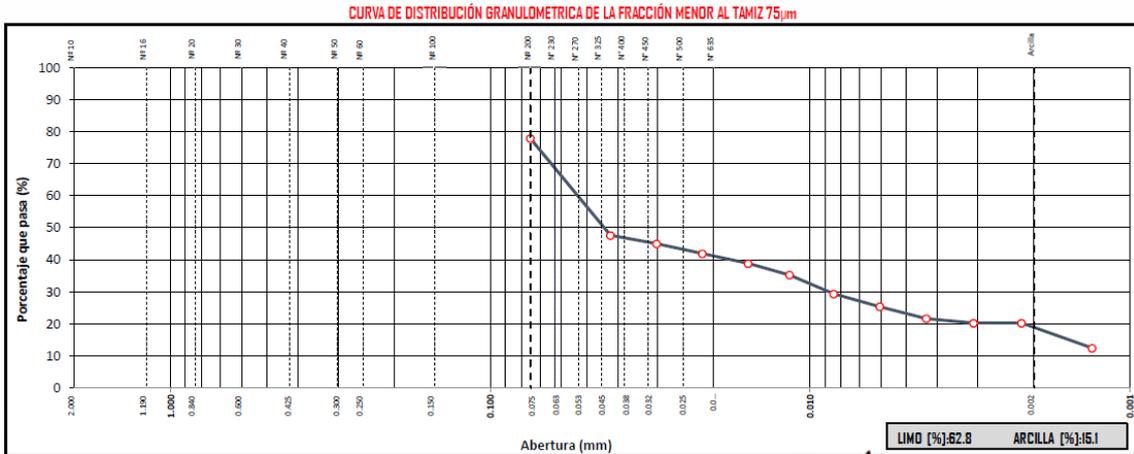


Figura 67. Ensayo de hidrometría 2 – calicata 02.

En la C-02, con un 77,9 % de los finos en la muestra, un 32 % aproximadamente este contenido en el lado grueso de los limos y un 33% en el lado fino de los limos, indicando una menor tendencia a presentar colapso que la C-01. Estas muestras de suelo, como se mostró en los límites de consistencia presentan un comportamiento arcilloso, siendo por distribución de tamaño limoso, mayor porcentaje retenido antes del tamaño de 0,002 mm.

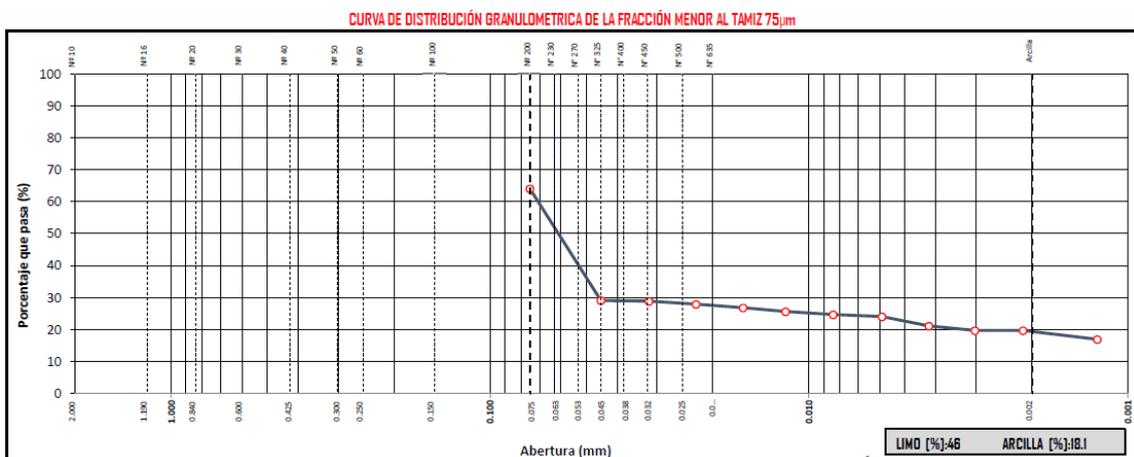


Figura 68. Ensayo de hidrometría 1 - calicata 03.

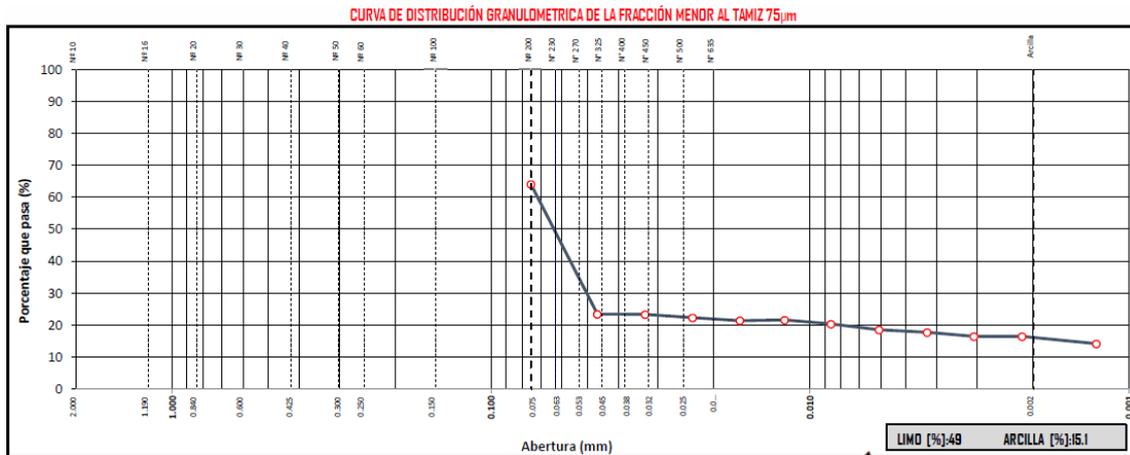


Figura 69. Ensayo de hidrometría 2 – calicata 03.

En la C-03, con un 64,1 % de los finos en la muestra, un 38 % aproximadamente este contenido en el lado grueso de los limos y un 11 % en el lado fino de los limos, indicando una mayor tendencia a presentar colapso que la C-01.

Según los criterios mencionados, las muestras de las calicatas C-01 y C-03 los clasifican como suelos que probablemente colapsen. En el caso de la muestra de la calicata C-02, aunque presenta menos porcentaje de arcilla, lo cual la clasificaría con mayor probabilidad de colapso, tendrá una tendencia a colapsar menor por cuanto el limo es mayormente fino, de allí su comportamiento plástico

Reiterando que, las arcillas son cementantes para las partículas sólidas del suelo, las cuales proporcionan resistencia, pero al incrementar su contenido de humedad, estas pierden su resistencia y con ello ocasionar asentamientos, con una disminución en el cambio volumétrico y a un contenido de agua mayor que los limos. Como se observó durante los ensayos, a baja cargar los suelos colapsables pueden presentar expansión, lo cual depende de otros factores como la densidad inicial del suelo y el contenido de humedad en el momento de la realización de los ensayos. Teniendo en cuenta este criterio concluimos que:

Basándonos en los resultados de los ensayos de simple y doble edómetro, se evidencia que la calicata C-01 exhibe un índice de colapso clasificado como "ligero - moderado". Además, según el ensayo de hidrometría, se determinó un porcentaje de arcilla del 17.25 %, lo que ocasionó que el suelo de la calicata 01 se expandiera al aumentar su contenido de humedad. Sin embargo, esta expansión conlleva a una pérdida de resistencia del suelo, lo que eventualmente provoca su colapso.

En la calicata 02, según los resultados del ensayo de hidrometría, la muestra presenta un porcentaje de arcilla del 14.35 %. De acuerdo con el criterio de Handy y otros investigadores, los suelos con un porcentaje de arcilla menor al 16% tienen una alta probabilidad de colapsar. Sin embargo, este criterio no coincide con los resultados obtenidos en los ensayos de simple y doble edómetro, donde se observa que este suelo es el que experimenta una mayor expansión al aumentar el contenido de agua. Seguramente, esto se deba a que los limos presentan granulometrías más finas que las otras muestras.

Según el criterio mencionado previamente, la arcilla puede perder resistencia y ocasionar asentamientos o expandirse. En el caso de la calicata 02, el suelo solo experimentó expansión y no llegó a colapsar. Corroborando la suposición de la influencia del limo fino en evitar el colapso.

En cuanto a la calicata 03, según el ensayo de hidrometría, el suelo presenta un porcentaje de arcilla del 16.60%. Según el criterio de Handy y otros investigadores, los suelos que tienen un porcentaje de arcilla entre el 16 % y el 24 % tienen una probabilidad de colapso. Sin embargo, los resultados de los ensayos de simple y doble edómetro indican que este suelo experimenta expansión al aumentar el contenido de agua.

Siguiendo el criterio aplicado para la calicata 02, concluimos que el suelo de la calicata 03 tampoco colapsó, a pesar de tener un porcentaje de arcilla que sugiere una alta probabilidad de colapso según el criterio de Handy y otros investigadores.

4.1.3. Análisis de Potencial de Licuación de Acuerdo a la NT E.050.

Se procedió analizar las muestras de acuerdo al método semi-empírico propuesto en la NT E.050, bajo las condiciones de sitio (ambientales) y bajo la presencia de sismo. De los ensayos realizados en la Av. Costanera, aunque no es lo correcto, se estuvieron que estimar algunos valores, debido a que no se realizaron dichos ensayos. Esta decisión se tomó para poder realizar la comprobación del método. Comenzando por el hecho que no se hicieron pruebas de SPT, en este caso con los valores de densidad seca y el contenido de humedad, se puede considerar que el número de golpe debe ser menor a 15, se consideró 10 golpes.

Para los ensayos realizados en el presente trabajo, se incorporaron los valores de los estratos tales como dieron en los ensayos. En cuanto al número de golpes en los ensayos

de SPT dada la consistencia observada en campo debe estar por debajo de 10, en el orden de 5 a 8, con el fin de aplicación del método se asumió el valor de 8. En este ejercicio se asume que los números de golpes se encuentran normalizados y corregidos para la aplicación del método semi-empírico.

Se tomaron adicionalmente las siguientes consideraciones:

- Se utilizaron las dos expresiones para determinar el valor de CRR, optándose la menor de ellas.
- En cuanto a la magnitud de momento sísmico se asumió una intensidad de 8, de acuerdo a la información histórica presentada.
- La profundidad de estudio fue de 20 mts, con un nivel freático a 4 mts (estimado de acuerdo a los perfiles) para obtener los esfuerzos efectivos.

Al igual para la determinación de CRR existen varias expresiones, se consideraron para la determinación de la tensión cíclica inducida por sismos (CSR) las más adecuadas dado los tipos de estratos de suelos, las condiciones de campo o ambientales, y el tipo de sismo que se pueda presentar. Utilizándose los factores y correcciones que más afectan los resultados en el análisis.

Para la obtención del CSR del sismo, se debe disponer de la aceleración máxima horizontal en la superficie para varios sismos con sus respectivas probabilidades de ocurrencia. Sin embargo, se consideró el máximo de 475 ó 495 años (10 % cada 50 años), el tipo de suelo S3, el nivel de importancia $U=1$, y la zona sísmica de la Ciudad de Puno que es $Z=3$, y no se tomó el factor de reducción de respuesta $R_0=8$ (estructura aporticada de concreto).

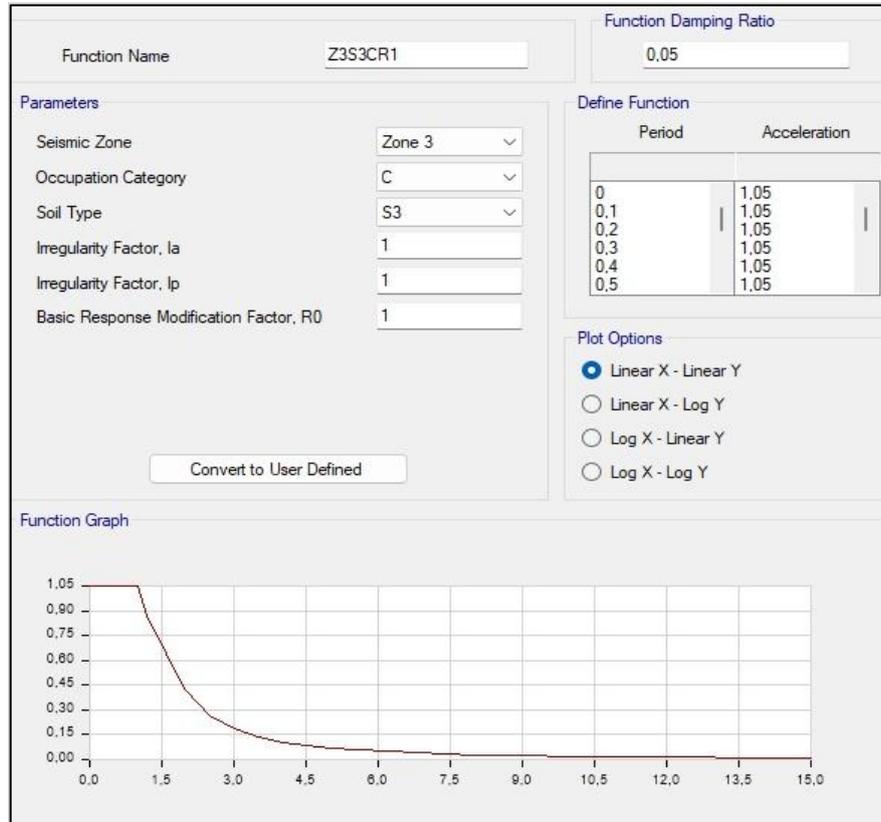


Figura 70. Espectro de Diseño

Fuente: Determinado en el programa ETABS

Se observa que el coeficiente de aceleración horizontal en la superficie es de 1,05, se procedió seguidamente a determinar el valor de R_d .

$$\alpha(z) = -1,012 - 1,126 \sin\left(\frac{20}{11,73} + 5,133\right) = -1,6052$$

$$\beta(z) = 0,106 - 0,118 \sin\left(\frac{20}{11,28} + 5,142\right) = 0,0363$$

$$r_d = e^{(-1,0266 + 0,0091 \cdot 8)} = 0,2685$$

Se toma los valores de la primera calicata como ejemplo de cálculo:

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{m\acute{a}x}}{g} \cdot \frac{\sigma_h}{\sigma'} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

Sustituyendo:

$$CSR = 0,65 \cdot 1,05 \cdot \frac{3.360}{1.760} \cdot 0,2685 \cdot \frac{1}{0,8758} = 0,413$$

$$FS_L = \frac{CRR_M}{CSR} = \frac{0,113}{0,413} = 0,268$$

Este valor, es inferior al mínimo recomendado por la norma para edificaciones tipo C, en este sentido se observa que se debe buscar el sismo para los cual **FSL** es uno. Se presenta en la página siguiente la tabla resumen elaborada en Excel donde se realizaron los cálculos.

Como El factor de seguridad exigido por la categoría del edificio utilizado en el análisis es 1, esto supone igualar el CRR con el CSR en cada caso, con estos valores de CSR se procede a calcular el coeficiente de aceleración horizontal máximo, para posteriormente determinar el factor de zona sísmica de equilibrio, el cual representa el coeficiente horizontal de aceleración espectral normalizado.

Tabla 42.

Resumen de Cálculos del Método Semi – Empírico de Análisis de Licuación

Item	Descripción	Unidad	Costanera	C-01	C-02	C-03
1	Profundidad de análisis (h).	m	20,00	20,00	20,00	20,00
2	Cota del nivel freático (Nf).	m	4,00	4,00	4,00	4,00
3	Densidad natural	kg/m ³	1.680,00	1.620,00	1.640,00	1.920,00
4	Densidad sumergida	kg/m ³	680,00	620,00	640,00	920,00
5	Tensión total del suelo a la profundidad considerada (σ_h).	kgf/cm ²	3.360,00	3.240,00	3.280,00	3.840,00
6	Tensión efectiva del suelo a la profundidad considerada (σ').	kgf/cm ²	1.760,00	1.640,00	1.680,00	2.240,00
7	Aceleración pico generada por el sismo en la superficie del terreno ($a_{m\acute{a}x}$).	m/seg ²	10,30	10,30	10,30	10,30
8	Aceleración de la gravedad (g).	m/seg ²	9,81	9,81	9,81	9,81
9	Factor $\alpha(z)$		-1,6052	-1,6052	-1,6052	-1,6052
10	Factor $\beta(z)$		0,0363	0,0363	0,0363	0,0363
11	Magnitud del momento sísmico (M_w)		8,00	8,00	8,00	8,00
12	Factor de reducción de esfuerzo (r_d)		0,2685	0,2685	0,2685	0,2685
13	Factor de magnificación de escala por sismo (MSF).		0,8758	0,8758	0,8758	0,8758
14	Tensión cíclica inducida por el sismo (CSR)		0,400	0,413	0,409	0,359
15	Numero de golpe normalizado corregido en la presencia de arena fina ($N1$) _{60cs}		10	8	8	8
16	CRR según Youd (2001)		0,113	0,096	0,096	0,096
17	CRR según Idriss y Boulanger (2008)		0,118	0,105	0,105	0,105
18	Factor de seguridad frente a la ocurrencia de licuación (FS _l).		0,283	0,232	0,235	0,267
19	Aceleración horizontal de equilibrio (a_e)		0,744	0,589	0,603	0,783
20	Factor de zona sísmica (Z).		0,35	0,35	0,35	0,35
21	Factor de importancia de la edificación (U).		1,0	1,0	1,0	1,0
22	Factor del suelo (S).		1,20	1,20	1,20	1,20
23	Factor de amplificación sísmica (C).		2,50	2,50	2,50	2,50
24	Factor de zona sísmica de equilibrio (Z _e).		0,248	0,196	0,201	0,261
25	Frecuencia anual de excedencia estimada.		0,00350	0,00350	0,00350	0,00350
26	Periodo de retorno en años para presentarse el fenomeno de licuación (PL)		285,7	285,7	285,7	285,7
27	Probabilidad de excedencia en 50 años para presentarse el fenomeno de licuación (PL)		16,1%	16,1%	16,1%	16,1%
28	Clasificación del potencial de licuación.		Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

Fuente: Método semi-empírico de la NTP E.050

Como se comentó anteriormente es necesario disponer de la curva de riesgo sísmico normalizada para la región o departamento en estudio, en este caso se utilizó la de unas ciudades de USA, por no disponerse las de Perú. Como se indicó anteriormente, con la finalidad de poder estimar el potencial de licuación del depósito sedimentario cercano al borde lacustre, en la costa de la ciudad de Puno.

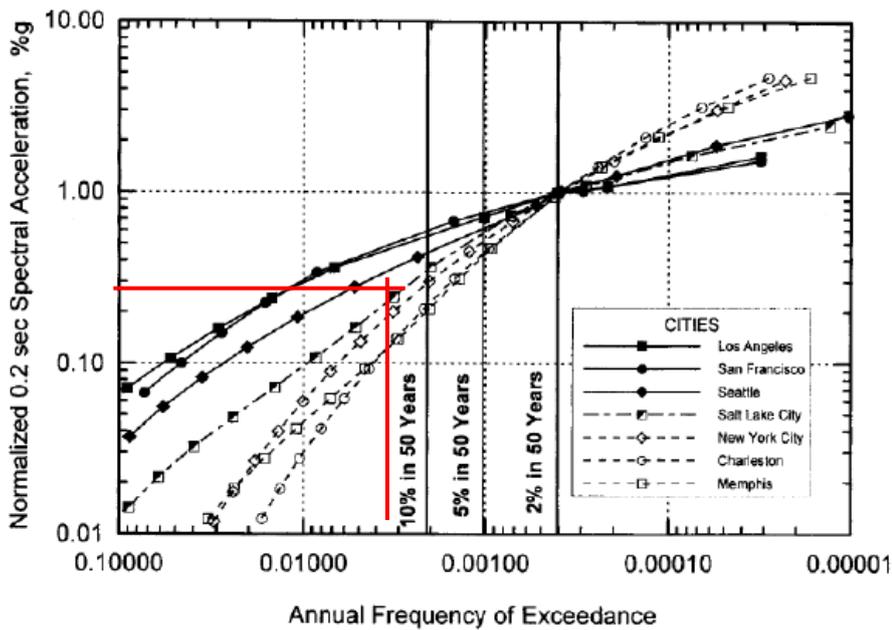


Figura 71. Ejemplo de Determinación de Frecuencia Anual

Fuente: (Leyendecker and Frankel, 2000)

Para la Ciudad de New York, y con un coeficiente de aceleración espectral normalizado en el orden de 0,20, se obtuvo una frecuencia de excedencia de 0,0035 (periodo de retorno de 286 años). Representando esta frecuencia en porcentaje de ocurrencia de 50 años, expresión generalmente utilizada En la literatura sísmica se tiene una probabilidad de 16 %, obteniéndose una clasificación de potencial de licuación de moderada, de acuerdo a la tabla 6 de potencial de licuefacción de la NT. E.030 (Ver tabla).

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis específica.

Con el propósito de realizar la prueba de hipótesis se realizó un resumen de los valores que va tomando algunos parámetros geotécnicos durante la realización de los ensayos de consolidación mediante el edómetro. Los mismos se presentan en la siguiente tabla. Se acota, que se trató de perturbar lo menos posibles las muestras de suelos, ya que las mismas se ven afectadas durante el traslado y la preparación en el molde.

Tabla 43.*Prueba de Hipótesis, Resumen de Parámetros Geotécnicos*

Calicata	Esfuerzo (Kpa)	Muestra	R. Vacíos	D.Seca (g/cc)	Deformación	Humedad	Saturación
Calicata 01	0	Natural	1,601	1,038	0,0%	25,00%	42,20%
	200	Natural	1,301	1,173	11,6%	25,00%	51,90%
	200	Saturada	1,261	1,194	13,1%	35,80%	76,70%
	800	Saturada	1,031	1,329	21,9%	35,80%	93,80%
Calicata 02	0	Natural	1,635	1,025	0,0%	21,60%	35,70%
	200	Natural	1,315	1,166	12,1%	21,60%	44,30%
	200	Saturada	1,274	1,187	13,7%	36,10%	76,50%
	800	Saturada	0,995	1,353	24,3%	36,10%	98,00%
Calicata 03	0	Natural	0,903	1,419	0,0%	15,90%	47,50%
	200	Natural	0,739	1,553	8,6%	15,90%	58,10%
	200	Saturada	0,714	1,593	9,9%	20,20%	76,40%
	800	Saturada	0,547	1765	18,8%	20,20%	99,70%

H1. La dispersión de las partículas en una inmersión del suelo arcilloso en la napa freática baja la densidad del suelo.

H01. Dispersión de las partículas en una inmersión del suelo arcilloso en la napa freática **No baja la densidad del suelo.**

Revisando los parámetros de las calicatas cuando no poseen esfuerzos de compresión, se observa que para las calicatas 01 y 02, ubicadas respectivamente en las lagunas de oxidación y en el malecón, las densidades son de 1,038 g/cc y 1,025 g/cc, con humedades de 25 % y 21,6 %. En cambio, para la calicata 03, cerca de la humedad la densidad es de 1,419 g/cc para una humedad del 15,9%. En este sentido, la hipótesis nula de que la densidad natural no se ve afectada por la humedad del suelo, es falsa. Por lo que, la hipótesis original es verdadera.

Por otra parte, dada las densidades de las calicatas 01 y 02, ubicada más cerca al borde del lago, posiblemente hayan logrado tener humedades cercanas al 55 %, ya que con este valor se tiene un grado de saturación de un 92,8 %. En cambio, con la densidad de la calicata 03, se requiere una humedad de 33% para alcanzar un 98,7 % de saturación.

H2. Cuando la variación de deformación vertical tiene valores negativos se tienden a alcanzar variaciones de relación de vacíos positivos.

H02. Cuando la variación de deformación vertical tiene valores negativos **No** se tienden a alcanzar variaciones de relación de vacíos positivos.

Si se analizan los valores de las deformaciones de cada calicata de abajo hacia arriba (deformaciones negativas), se observa que las relaciones de vacío de abajo hacia arriba van aumentando. Por lo que la hipótesis nula es falsa, siendo verdadera la original, ver grafica siguiente.

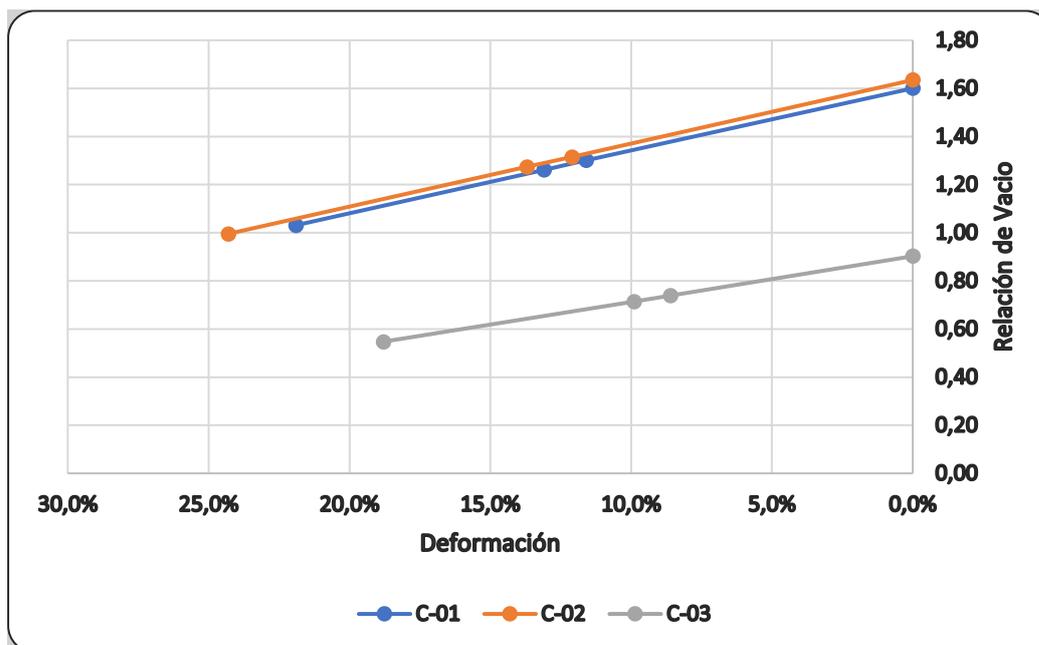


Figura 72. Relación Deformación Vs Relaciones de Vacío

Fuente: Elaboración propia

H3. Cuando aumenta la presión de carga en el suelo inundado provoca una mayor deformación del suelo.

H03. Cuando aumenta la presión de carga en el suelo inundado **No** se provoca una mayor deformación del suelo.

Como se puede observar en la en la tabla 43, para las muestras ensayadas de las tres calicatas, al ser sometida a cargas se obtuvieron incremento en las deformaciones. En consecuencia, la hipótesis nula es falsa, por lo tanto, la original es verdadera. Estos resultados se cumplen, tanto si la muestra está saturada o no. Lo cual se puede observar en la condición de la muestra.

4.2.2. Hipótesis general.

HG. En un suelo inmerso por agua freática y sometido a carga se genera condiciones de potencial colapso.

HOG. En un suelo inmerso por agua freática y sometido a carga **No** se genera condiciones de potencial colapso.

Se observa en todas las muestras de las calicatas que se sometieron a inmersión al estar bajo un esfuerzo de 200 Kpa, presentaron colapso en un orden de 1,3% (9,9 % - 8,6 %) a 1,6% (13,7 % - 12,1 %), siendo mayor mientras la densidad inicial es menor. En este sentido, para estas muestra la hipótesis nula es falsa, en consecuencia, la original es verdadera.

Un resultado interesante que se puede observar para las tres muestras bajo esfuerzo de 200 Kpa, es que los grados de saturación de estas muestras al ocurrir el colapso son: 76,7 %, 76,5 % y 76,4 %, las muestras se encuentran parcialmente saturada. Adicionalmente, se observa que las muestra no obtuvieron un 100 % de saturación al finalizar los ensayos, se lograron valores entre 93,8 % al 99,7 %, posiblemente debido a la composición mineral de los suelos.



Figura 73. Densidades Naturales Aproximadas

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior, se muestra una estimación de las densidades naturales cercanas al borde del lago. Las que están sombreadas de amarillo sus densidades son inferiores a 1,1 g/cc, las de color anaranjado poseen densidades naturales entre 1,1 g/cc a 1,30 g/cc, y los magentas entre 1,30 g/cc a 1,50 g/cc.

4.3. Discusión de resultados

1. Rangos de valores para los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno.

En la determinación de los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos del depósito de sedimentos aluvionales y fluviales que se encuentra cercanos al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno, se tiene resultados de laboratorio que corrobora los resultados presentados por Quispe 2023. en cuanto a la variabilidad tanto horizontal como vertical de los estratos de suelos en cuanto a la granulometría, límites de consistencias, densidades secas. Humedades naturales, capacidades portantes, y clasificación de los estratos de suelos. En general, los estratos de mayor presencia son las arenas finas limosas, los limos arenosos y las arcillas arenosas de mediana a alta plasticidad, las densidades varían frecuentemente en un rango de 1.100 kg/m³ a 1.400 kg/m³, el porcentaje de finos se encuentra entre 40 % a 60 %, relaciones de vacíos entre 0,60 a 1,20, porosidad entre 40 % y 50 %, y estando parcialmente saturados entre 40% a 80%, dependiendo de la profundidad y cercanía al borde del lago.

Es importante resaltar que, durante la revisión de la literatura existente, no se encontraron ensayos de SPT o de CPT, con los cuales se pueden determinar de forma empírica la consistencia de los estratos de suelos, de acuerdo a la norma E.050 en los apartes correspondientes a licuación recomienda que la profundidad de estos ensayos sea superior a 15 mts. Ambos ensayos poseen limitaciones cuando los estratos de suelos son muy gravosos o presentan cantidades significativas de cantos rodados. Sin embargo, el método tradicional de SPT proporciona muestras consideradas inalteradas en muchos casos, con las cuales pueden ser obtenidas: densidades y humedades a diferentes profundidades.

Otra consideración en cuanto a la obtención de los parámetros geotécnicos, es la escasa toma de muestras imperturbadas durante la realización de las calicatas, método de exploración utilizados siempre para la obtención de muestras de suelos. Estas muestras, deben ser obtenidas para realizar los ensayos de compresión simple, de consolidación o triaxiales, de esta manera obtener los esfuerzos estáticos de los suelos.

Si solo se requiere obtener la densidad de suelos y las humedades, para la determinación de las relaciones de vacíos, porosidad y grado de saturación, en los estratos observados durante la realización de las calicatas, Se pueden medir mediante el equipo de densímetro nuclear, o mediante el ensayo de cono y arena (con la muestra extraída se determina la humedad natural). Sin embargo, estas pruebas tampoco se realizan.

En cuanto a la determinación del nivel freático, tampoco se realiza adecuadamente. Lo ideal es dejar el sondeo abierto (preferiblemente perforación) y medir el nivel de agua al día siguiente, el tiempo dependerá de las características de la porción fina de los suelos. Sin embargo, se observa que, al presentarse muestras saturadas, se considera que se alcanzó el nivel freático.

Estas deficiencias en los estudios de suelos se deben a la falta de supervisión de los entes gubernamentales, al realizar la revisión técnica del diseño de las edificaciones civiles. Por otra parte, en la norma técnica E.050 tiene entre los estudios exploratorios el informe técnico de suelos (ITS), donde se establece como requisito mínimo la realización de 3 puntos de exploración a 3 mts de profundidad, el cual es generalmente solicitados por los responsables o propietarios de los proyectos de construcción, sin importarle si con este estudio se pueden determinar los parámetros geotécnicos requeridos para el análisis adecuado de los cimientos.

Por otra parte, existen deficiencias de información en cuanto a geología superficial y geomorfología a nivel local, así como de micro estudios sísmicos en zonas especiales como la establecida en este trabajo, que deben ser promovidos o auspiciados por los entes gubernamentales. En cuanto a la información suministradas y disponibles por el Instituto Geofísico de Perú, se puede considerar actualmente como insuficientes dados los avances técnicos en cuanto a los diseños estructurales (incluyendo cimientos) de las diferentes edificaciones, como ejemplo se puede observar que se requiere las curvas de riesgos sísmicos normalizadas por zona para poder realizar a los análisis de comportamiento estructural por métodos estáticos no lineales para la identificación de los diferentes sismos, y dar cumplimiento a lo establecido en normas internacionales especializadas como la ASCE 41:2017 (análisis sísmico de edificios) y la ASCE 7:2022 (solicitaciones de diseño de estructuras)

2. Probabilidad de ocurrencia y potencial de colapso del depósito de suelo cercano al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno.

La intención del **objetivo específico 02** fue aplicar en laboratorio los ensayos de simple edómetro y doble edómetro para determinar el potencial de colapso del borde lacustre de la ciudad de Puno. Mediante el ensayo de simple edómetro se obtuvo los resultados utilizando la Norma ASTM D5333-03: el suelo de la calicata 01 (laguna de oxidación) presenta un problema moderado de colapso cuando lo sometemos a una presión de 50 Kpa, pero al someterse a presión de 100 Kpa y 200 Kpa presenta un problema ligero de colapso; mientras que las muestras de la calicata 02 y 03 presenta un problema ligero de colapso al someterse a presión de 50 Kpa, 100 Kpa y 200 Kpa. Y mediante el ensayo de doble edómetro se obtuvo los resultados utilizando la Norma ASTM D5333-03, el suelo de la calicata 01 (Laguna de oxidación) presenta un problema ligero de colapso cuando se sometió a una presión de 200 Kpa y las muestras de las calicatas 02 y 03 presentan el problema de expansión al incrementar agua y carga a las muestras, es decir, que los suelos de las calicatas 02 y 03 no presenta colapso, estos resultados guardan relación con la tesis *“Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del puesto de Salud Intiorko Distrito de Ciudad Nueva”*, por FLOREZ O. (2017) (7), el investigador realizó los ensayos de simple y doble edómetro, obtuvo por el ensayo de simple edómetro mediante la ASTM D5333-03, identificó que a la presión de 1.00 kg/cm² no se genera problemas de colapso, mientras que con 2.00 kg/cm² el problema es moderado, los resultados obtenidos del ensayo de doble edómetro se realizó mediante el método de Jennings y Knigh (1975), determinó asentamientos por colapso de 68% a 89%.

Se determinó la influencia de la presencia de arcilla en el potencial de colapso del borde lacustre de la ciudad de Puno. Los resultados obtenidos mediante el ensayo de hidrometría, la calicata 01 (Laguna de Oxidación) presenta un % de arcilla de 17.25 % el cual hizo que el suelo se expanda al incrementar su contenido de humedad, pero este pierde su resistencia ocasionando colapso de acuerdo del ensayo de doble edómetro. En las calicatas 02 y 03, las muestras presentan un % de arcilla de 14.35 % y 16.60 %, dichos resultados hicieron que las muestras se expandieran al incrementar su contenido de humedad de acuerdo con el ensayo de doble edómetro, estos resultados lo realizamos mediante el artículo científico *“Review of Collapse Triggering of Collapsible Soil Due to Wetting”*, por LI, P., VANAPALI S. y LI, T. (2016) (2), donde se indica que los estudios del mecanismos de colapso se dividen en tres categorías, es decir, enfoques tradicionales, enfoque de microestructura y enfoques basados en la mecánica del suelo. Reconocen que

la microestructura del suelo juega un papel muy importante para interpretar el comportamiento del colapso, nos indica que las arcillas son cementantes para las partículas sólidas del suelo, las cuales proporcionan resistencia, pero al incrementar su contenido de humedad, este puede perder su resistencia y con ello ocasionar asentamientos o de caso contrario la arcilla se puede expandirse. En la presente investigación, se presentan los casos que se indicó anteriormente.

3. Probabilidad de ocurrencia y potencial de licuación del depósito de suelos cercano al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno.

Para llevar a cabo este objeto, se necesitó realizar análisis a tres aspectos en particular, los cuales son: el potencial de los estratos de suelos cercanos al borde lacustre de la costa de la Ciudad de Puno a la licuación, mediante la revisión de los parámetros geotécnicos. En segundo lugar, las condiciones ambientales de los estratos de suelos como: el tiempo geológico de deposición, la geomorfología de la zona, su estructura litológica, y la variación de los parámetros geotécnicos, en este último punto podemos citar cambios en el nivel freático posiblemente por cambios en el flujo subterráneo. Y el tercer punto, dado que generalmente se realiza el análisis de la licuación relacionándolos a eventos sísmicos, a la capacidad de los estratos de suelos a soportar las cargas cíclicas debido a sismos, siendo necesario revisar para la zona en estudio la intensidad, amplitud de la onda, velocidad de propagación de la onda, distancia al epicentro, y duración del evento sísmico. Estos puntos se revisaron de acuerdo a los diversos criterios evaluados como los de Kishida, Seed, Bray & Sancio, y el método semi-empírico establecido en la E.050 en una versión adaptada a las condiciones de la zona en estudio y a los parámetros geotécnicos disponibles.

En este objetivo específico se está de acuerdo con la revisión de los diferentes criterios de análisis de vulnerabilidad a la licuación realizada por Quintos, 2020, quien analiza los diferentes criterios dependiendo de los suelos y de las condiciones a los cuales están sometidos, recomendando para los suelos limo arenoso el método semi-empírico, el cuales uno de los suelos predominante en la zona de estudio. Adicionalmente, Quintos profundiza y aclara el procedimiento sugerido en la E.050, planteando expresiones y sugerencias cuando no se encuentran todos los parámetros requeridos. En el depósito sedimentario cercano a la costa de la ciudad de Puno se ha encontrado potencial de licuación en estratos de suelos que son limo arenoso, limosos y limos arcillosos de baja plasticidad, incluso con contenidos de finos superiores al 50 %.

Como se mencionó anteriormente, debido a que no se dispone de la consistencia de los suelos determinadas por los ensayos SPT o CPT, para la determinación de la capacidad

de tensión cíclica que es capaz de soportar los suelos, se asumieron números de golpes normalizados y corregidos de 8 y 10, categoría de edificación común, tipos de suelos S3, magnitud de momento sísmico de 8, profundidad del análisis de 20 mts, y entre otros factores, se obtuvo un potencial de licuación de 16 % en 50 años, entrando en la clasificación de potencial de licuación moderado.

4. Análisis de los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno, al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación.

Se ha logrado estimar como afectan la variación del nivel freático y los sismos, los parámetros geotécnicos relacionados con la capacidad de soporte tanto estáticos como dinámicos, con lo cual se ven afectadas las capacidades de los estratos de suelos de soportar el colapso y la licuación. Para el sismo de diseño de 475 años (10 % cada 50 años) ocurre la licuación, se consideró posteriormente un FSL de 1, obteniéndose un sismo con periodo de retorno aproximado de 286 años, representando un 16,1% de ocurrencia en 50 años, entrando en la clasificación de potencial sísmico de moderado.

Los trabajos de Choque y Huachalla en 2022, Parra y Grisales en 2021 y Quintos en 2020, ejemplifican como se seleccionó el criterio adecuado para el análisis de los potenciales de colapso y licuación, dependiendo de los parámetros geotécnicos de los diferentes estratos de suelos. En este trabajo se adicionó, como los factores externos a los estratos de suelos cambian las propiedades de internas de los estratos, entre los factores analizados en el trabajo están: los factores de sobre consolidación, edad del depósito, tensión efectiva de confinamiento, y sobre todo el cambio en el nivel freático o porcentaje de saturación.

Es preocupante los hallazgos encontrados en esta investigación, en la región estudia ubicada cerca del borde lacustre, nos encontramos con suelos especiales con potencialidades de expansión, colapso y licuefacción, en condiciones límites de ocurrencia de estos fenómenos como baja densidad y alta humedades, con una variedad de los parámetros geotécnicos alta (tanto horizontal como verticalmente). Y si esto no es preocupante, se tiene que las condiciones límites mencionados pueden variar sin previo aviso, la ocurrencia de un sismo o un incremento en el flujo de agua subterráneo. Pueden ocurrir desastres menores localizados, debido a niveles freáticos localizados, o a debilidades geomorfológicas durante la deposición del material de suelos, en consecuencia, ocurrirían no solamente en zonas cercanas al lago. También se pueden dar el caso de desastre mayores de deslizamiento o hundimiento, si cercanos a la superficie

se tiene una zona con debilidad estructural de los suelos, acotándose el hecho que para el colapso de los suelos no se requiere una sobrecarga, con el solo peso del suelo basta.

En este contexto, la municipalidad debería solicitar estudios de suelos mayores a 15 mts en aquellas estructuras que lo requieran, ya que se encontró que estructuras de grandes dimensiones tanto públicas como privadas, solo se realizaron calicatas de 3 mts de profundidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Respecto de los parámetros geotécnicos del depósito sedimentario de suelos obtenidos en el borde lacustre de la ciudad de Puno, el suelo de la Laguna de oxidación (C-01) es limoso arenoso de baja plasticidad (ML), con densidad natural seca de 1.04 gr/cm³, con un contenido de humedad de 56.30 %, límite líquido de 44 %, límite plástico de 29 %, índice de plasticidad de 15 %, relación de vacíos de 1.70, y grado de saturación de 90.17 %. El suelo del malecón (C-02) es arcilloso de alta plasticidad con arena (CH), con densidad natural seca de 1.00 gr/cm³, contenido de humedad de 62.70 %, límite líquido de 65 %, límite plástico de 22 %, índice de plasticidad de 43 %, relación de vacíos de 1.67, y grado de saturación de 85.94 %. El suelo de la Universidad del Altiplano (C-03) es un limo arenoso (ML)s, con densidad seca de 1,39 gr/cm⁴, con un contenido de humedad de 37,4 %, límite líquido de 42 %, límite plástico de 31 %, índice de plasticidad de 1 %, relación de vacío de 0,93, grado de saturación de 100 %. De estos resultados y de los demás obtenidos en la parte de investigación documental, se puede concluir que el depósito sedimentario de suelo cercano al borde lacustre en el área costera de la Ciudad de Puno presenta una gran variación tanto vertical como horizontal, consiguiéndose suelos desde gravoso limoso hasta arcilloso plástico con cierto contenido de arena, las densidades naturales están en un rango de 1 gr/cm³ a 1,39 gr/cm³, se observa que las humedades de los estratos por encima del nivel freático son altos, están parcialmente saturados, las relaciones de vacíos son altas. Estas condiciones son controlables y manejables, siempre y cuando se realicen cambios en las condiciones externas.
2. Sobre la base de los ensayos de simple y doble edómetro, se determinó en el ensayo de simple edómetro que el suelo de la calicata 01 (laguna de oxidación) presenta un potencial de colapso moderado de 3.5 al incrementar agua y al someterlo a una presión de 50 Kpa, y al incrementar agua y la presión de 100 Kpa y 200 Kpa presenta un potencial de colapso ligero de 1.4 y 1.5 respectivamente. El suelo de la calicata 02 presenta un potencial de colapso ligero de 0.8, 1.0 y 1.5 al incrementar agua y presión de 50 Kpa, 100Kpa y 200 Kpa respectivamente. Mediante el ensayo de doble edómetro determinamos que el suelo de la calicata 01 presenta un potencial de colapso ligero de 0.47 a 200 Kpa y el suelo de las calicatas 02 y 03 presenta expansión al incrementar agua y carga, el cual no llega a colapsar. Se realizó una comparación de los resultados

obtenidos mediante los ensayos de edómetro, donde el método de doble edometría es mejor para la determinación del potencial de colapso, ya que se puede analizar el suelo a diferentes esfuerzos verticales de acuerdo al tipo de edificación u obra. Adicionalmente, mediante el ensayo de hidrometría obtuvimos que el suelo de la calicata 01 presenta un % de arcilla de 17.25 % el cual hizo que el suelo se expanda al incrementar su contenido de humedad, pero este pierde su resistencia ocasionando colapso de acuerdo con el ensayo de doble edómetro y el suelo de las calicatas 02 y 03, las muestras presentan un % de arcilla de 14.35 % y 16.60 %, dichos resultados hicieron que las muestras se expandieran al incrementar su contenido de humedad de acuerdo con el ensayo de doble edómetro. Las arcillas proporcionan resistencia al incrementar su contenido de humedad y este puede perder su resistencia ocasionando asentamientos o de caso contrario la arcilla se puede expandirse.

3. En cuanto al potencial de licuación del depósito sedimentario de suelos cercanos al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno, se pudo estimar que se encuentra en el orden moderado, con una frecuencia del 16 % en un periodo de 50 años, asumiendo algunos parámetros de suelos y factores externos. En el caso de utilizar la aceleración máxima horizontal superficial, para el sismo de diseño (475 años, 10 % cada 50 años), se obtuvo FSL en el rango de 0,232 a 0,283, muy por debajo al establecido por la norma E.050 para edificaciones categorías común de 1. En conclusión, se pudo demostrar que los estratos de suelos tienen potencial de presentar licuación, sin embargo, se requiere de una mayor cantidad de ensayos e información sísmica, para analizar correctamente el potencial de licuación de los estratos en estudio.
4. Se pudo identificar cambios en los parámetros geotécnicos de los suelos que constituyen el depósito sedimentario en estudio, con pérdidas en las capacidades de soporte estáticos y de la capacidad tensional cíclica de estos, como consecuencia al incremento de la humedad, efectos de los sismos ocurridos, o los efectos conjuntos de ambos. Se pudo comprobar que los suelos presentan potencial de colapso, de licuación e incluso presentan potenciales expansivos. Adicionalmente, en la revisión de las condiciones externas y de las características de los posibles sismos, se puede inferir que existen potencialidades de ocurrencia de colapso o licuación significativos (importantes) que pueden involucrar además de pérdidas económicas como de vida.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda cumplir con lo establecido en cuanto a ensayo y profundidad del estudio establecida en la norma E.050 para sospecha de licuación del suelo, estas condiciones se pueden extender si se tiene suelos con potencial de colapso o de expansión. De esta manera, se podrán obtener los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos del depósito sedimentario cercano al borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno.
2. Es recomendable que las entidades gubernamentales locales realicen o promuevan estudios de geología superficial que incluyan la litología a lo largo del área costera de la Ciudad de Puno. Adicionalmente, se debe realizar un estudio micro sísmico local por cuanto, existen fallas locales y condiciones de los estratos de suelos que intensifican los efectos de los sismos.
3. Es importante realizar ensayos especiales tanto estáticos y dinámicos para establecer parámetros geotécnicos, externos y sísmicos. Para, posteriormente, determinar los potenciales de colapso y de licuación del depósito sedimentario cerca del borde lacustre en la costa de la ciudad de Puno.
4. Se sugiere actualizar el Mapa de Movimiento de Masas, especialmente en las zonas con alto riesgo donde no se han observado colapsos, y en las áreas de riesgo medio donde se han registrado colapsos recientes. Esto es crucial dado que el mapa actual se utiliza a nivel provincial para la planificación y prevención de desastres.
5. Es fundamental llevar a cabo campañas de concientización dirigidas a los pobladores para que estén informados sobre este fenómeno y tomen medidas preventivas en la construcción de edificaciones. La situación actual del lago Titicaca, que se está secando, aumenta la importancia de esta acción, especialmente en las zonas donde se está llevando a cabo lotizaciones cerca de áreas propensas a colapsos.
6. La utilización de la gráfica definida por la NTP E. 050 Suelos y Cimentaciones para suelos gravosos puede no ser adecuada, ya que estos suelos de alta densidad pueden ocultar potenciales riesgos de colapso. Se sugiere realizar una evaluación más detallada de los suelos gravosos utilizando métodos más específicos para determinar su comportamiento ante cargas y posibles colapsos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VALENCIA, Y., YEPES, J., & ECHEVERRI, O. Evaluación por Diferentes Métodos del Potencial de Colapso de Algunos Suelos Residuales en los Valles de Aburrá y San Nicolás. *Boletín de ciencias de la tierra* [en línea]. Julio–diciembre, 2015, 38, pp. 60–64 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2022]. DOI 10.15446/rbct.n38.49026. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169540415007>.
2. OMM (2019). Impacto de los Cambios Climáticos en las Últimas Décadas. https://public.wmo.int/library.int/doc_num.php?explnum_1d=10385.
3. MAMANI, E. (2018) Evaluación de Riesgo Sísmico de Centros Educativos de Nivel Secundario de la Ciudad de Puno. Trabajo de Grado. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
4. HURTADO, J. & ORTIZ, C. (2021). Actualización de la Ocurrencia del Fenómeno de la Licuación de los Suelos en el Perú. Artículo científico. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
5. WALLACE, D. (2022). Beyond Catastrophe A New Climate Reality is Coming Into View. The New York times.
6. PING, L., SAI V. Y TONGLU L. Review of Collapse Triggering Mechanism of Collapsible Soils Due to Wetting. *Journal of rock mechanics and geotechnical engineering* [en línea]. 8 de enero de 2015, pp. 256-274 [fecha de consulta: 15 de diciembre del 2021]. DOI 10.1016/J.JRMGE.2015.12.002. Disponible en: <http://www.rockgeotech.org>.
7. OPUKUMO, A., DAVIE, C., GLENDINNING, S., & OBORIE, E. A Review of the Identification Methods and Types of Collapsible Soils. *Engineering and applied science* [en línea]. Febrero, 2022. [fecha de consulta: 11 de abril de 2022]. Disponible en: <http://doi.org/10.1186/s44147-021-00064-2>.
8. QUINTOS, G. (2020). Métodos de Análisis de Vulnerabilidad a la Licuación en Suelos. Trabajo de maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Mexico.
9. ALMENDRAS-SARAVIA, A. Potencial de Colapso en Suelos Limosos. *Ciencia sur* [en línea]. 4 de julio de 2018, pp. 14-25 [fecha de consulta: 03 de enero de 2022]. ISSN: 2518-4792. Disponible en: <https://dicyt.uajms.edu.bo>.

10. RAMIREZ, E. Métodos para identificar suelos colapsables. Tesis (Título de ingeniero civil). Colombia. Universidad Santo Tomás, 2021. 60 pp. [fecha de consulta: 24 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co.pdf>.
11. PARRA, A., & GRISALES, Y. Evaluación del Potencial de Colapso de las Dunitas de Medellín. Tesis (Título de ingeniero civil). Universidad Cooperativa de Colombia, 2021. 31 pp. [fecha de consulta: 03 de enero de 2021]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co>.
12. QUISPE, D. (2023). Evaluación Geotécnica de los Suelos del Terreno de Fundación para la Construcción de la Avenida Costanera Sur de la Ciudad de Puno. Trabajo de Grado. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
13. FLORES, A. Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Puesto de Salud Intiorko Distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna-2017. Tesis (Magister de ingeniería civil). Universidad privada de Tacna, 2017. 90 pp.
14. CHOQUE, I.& HUACHALLA, Y. (2022). Evaluación por Diferentes Tipos del Potencial de Colapso en Suelos Inestables para Zonas Residenciales Urbanas. Trabajo de Grado. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
15. DAS, B. Principios de ingeniería de cimentaciones. 4.º ed. California: Internacional Thomson Editores S.A.C., 2001. 880 pp. ISBN: 0-534-95403-0.
16. RNE. Norma técnica peruana E. 050 Suelos y cimentaciones, Perú: RNE, 2018. 47 pp.
17. HERMOSILLA, M., & CARDENAS, J. Evaluación e identificación del potencial de colapso en suelos derivados de cenizas volcánica del sur de Chile. Revista ingeniería de obras civiles [en línea]. Diciembre, 2012, 1, pp. 30-37. ISSN: 0719-0514. Disponible en: <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/1969>.
18. SEED, R., CETIN, K., WU, J. & FARIS, A. (2003). Recent Advances in Soil Liquefaction Engineering: A Unified and Consistent Framework.
19. BRAY, J., & SANCIO, R. (2006). Assessment of the Liquefaction of the Grained Soils.
20. YOUNG, T. L., & IDRIS, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report From The 1996 NCEER And 1998 NCEER/NSF Workshops On Evaluation Of Liquefaction Resistance Of Soils. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering.

21. IDRIS, I. M., & BOULANGER, R. W. (2010). SPT- Based Liquefaction Triggering Procedures. University of California, Department of Civil & Environmental Engineering, Davis.
22. ALVA, J. (2020). Dinámica de Suelos. Artículo. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Sección de Postgrado.
23. IDRIS, I. (2008). Soil Liquefaction During Earthquakes.
24. LEYENDECKER, E.V., & Frankel, A.D. (2000). Development of Maximum Considered Earthquake Ground Motion Maps. Earthquake Spectra. Volume 16, N.º 1, febrero de 2000.
25. ASTM. Standard test method for measurement of collapse potential of soils. ASTM D5333-03 [en línea]. EE.UU., 2020. pp. 1-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D5333-03>.
26. ASTM. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids. ASTM D653-22b [en línea]. EE.UU., 2022. pp. 1-50. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D0653-21B>.
27. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, M.P. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: iberoamericana, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
28. BORJA, M. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.
29. FLORES, A. Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Puesto de Salud Intiorko Distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna-2017. *Veritas et scientia* [en línea]. Enero-junio, 2018, 7(1), pp. 877-889 [fecha de consulta: 05 de enero del 2022]. ISSN: 2307-5139. Disponible en: <https://doi.org/10.47796/ves.v7i1.18>.
30. JOTISANKASA, A. Collapse behaviour of a compacted silty clay. Tesis (Doctor of philosophy). Londres: Universidad de Londres 2005. 423 pp. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://isni.org/isni/0000000135932439>.
31. BARDEN, L., MCGOWN, A., & COLLINS, K. The collapse mechanism in partly saturated soil [en línea]. Febrero, 1973, 7, pp. 49-60 [fecha de consulta: 08 de mayo de 2022]. Disponible en: Elsevier scientific.
32. REDOLFI, E. Suelos colapsables [en línea]. Argentina: Universidad nacional de Córdoba, 2007 [fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.smig.org.mx/archivos/eventos-smig-2018/touring-lecture-noviembre-2018/08%20Foundations%20in%20collapsible%20soils/SuelosColapsables.pdf>.

33. RODRIGUEZ-EGIDIO, O. et al. Revisión teórica de evaluación del potencial de colapso en las dunitas de Medellín. *Ingeniería solitaria* [en línea]. Diciembre, 2014, 10 (17), pp. 193-197. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.16925/in.v10i17.882>.
34. RINALDI, V. et al. Efectos del ascenso del nivel freático en suelos colapsables de la ciudad de Córdoba. *Revista int. De desastres naturales, accidentes e infraestructura* [en línea]. Junio, 2016, 11 (2), pp. 197-214. Disponible en: <https://silo.tips/download/ascenso-del-nivel-freatico-en-suelos-colapsables-de-la-ciudad-de-cordoba-evaluac#>.
35. ASTM. Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. ASTM D2216-19 [en línea]. EE.UU., 2019. pp. 1-7 Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D2216-19>.
36. ASTM. Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. ASTM D4318-17e1 [en línea]. EE.UU., 2018. pp. 1-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D4318-17E01>.
37. ASTM. Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis. ASTM D7928-21e1 [en línea]. EE.UU., 2021. pp. 1-27. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D7928-21e1>.
38. ASTM. Standard practice for classification of soils for engineering purposes (unified soil classification system). ASTM D2487-17e1 [en línea]. EE.UU., 2020. pp. 1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D2487-17e1>.
39. ASTM. Standard practice for classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. ASTM D3282-15 [en línea]. EE.UU., 2016. pp. 1-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/D3282-15>.
40. NTP. Determinación del peso volumétrico de suelo cohesivo. NTP 339.139-1999 [en línea]. Lima, 2019. pp. 1-2. Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe>.
41. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO. Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno. 2012-2022. pp. 1-43.
42. GOBIERNO REGIONAL PUNO. Mapas de escenario de riesgo ante lluvias de la provincia de Puno- inundación – movimiento de masas. 2020.
43. ASEFA seguros. Suelos colapsables: conceptos y desarrollo de patologías [en línea]. Madrid, 2011. pp. 1-6. [fecha de consulta: 22 de febrero]. Disponible en: <https://www.asefa.es>.

44. LEYENDECKER, E.V., & Frankel, A.D. (2000). Development of Maximum Considered Earthquake Ground Motion Maps. Earthquake Spectra. Volume 16, N.º 1, Febrero de 2000.
45. DRISS, I. (2008). Soil Liquefaction During Earthquakes.
46. ARIAS, F. (2012). El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica. 6ta Edición. Caracas: Editorial Episteme. I.

ANEXO B. Mapas del escenario de riesgo ante lluvias de la provincia de Puno

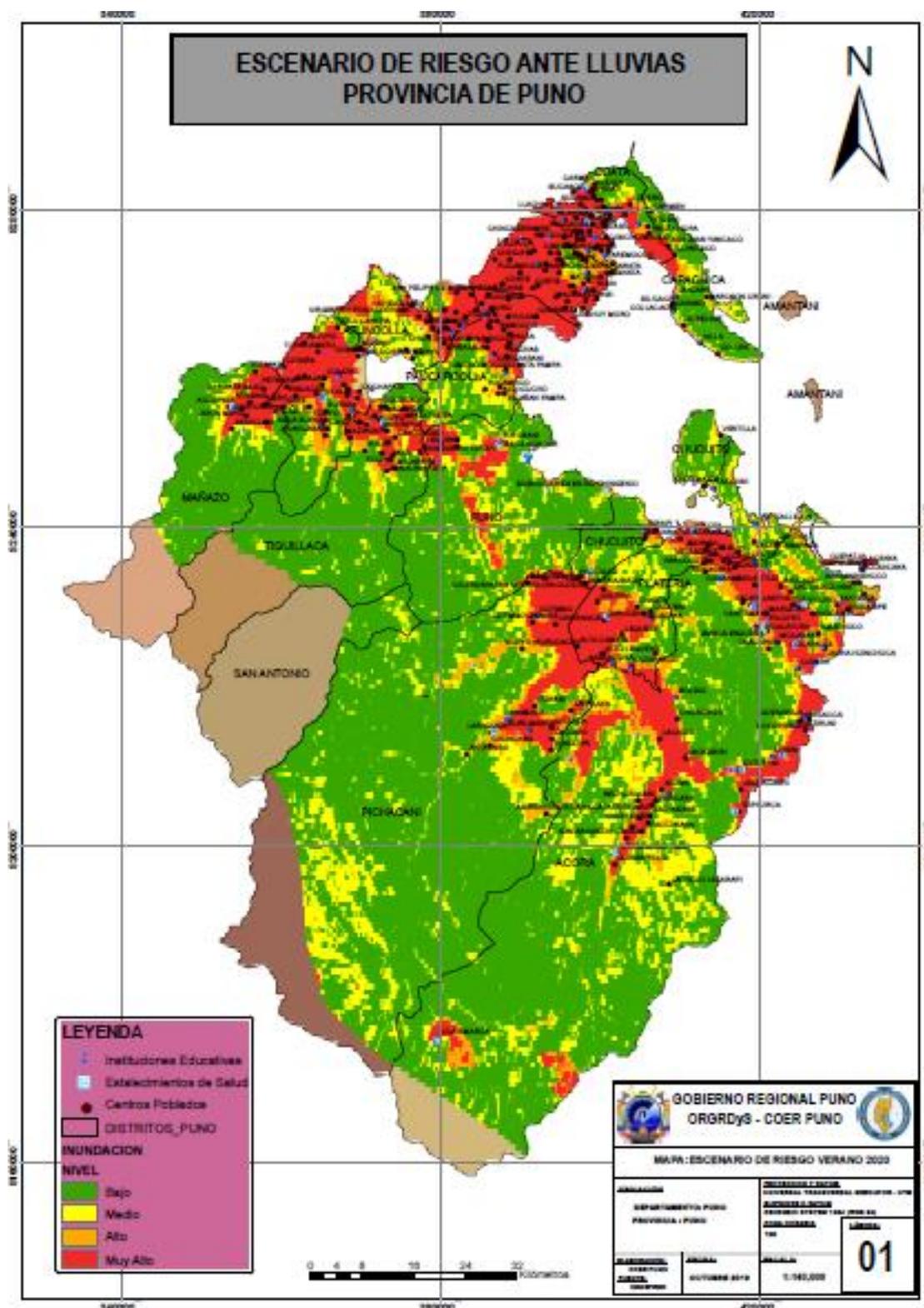


Figura 75. Mapa de escenario de riesgo ante Lluvias de la provincia de Puno - Inundación. Por el Gobierno Regional Puno y COER Puno, 2020.

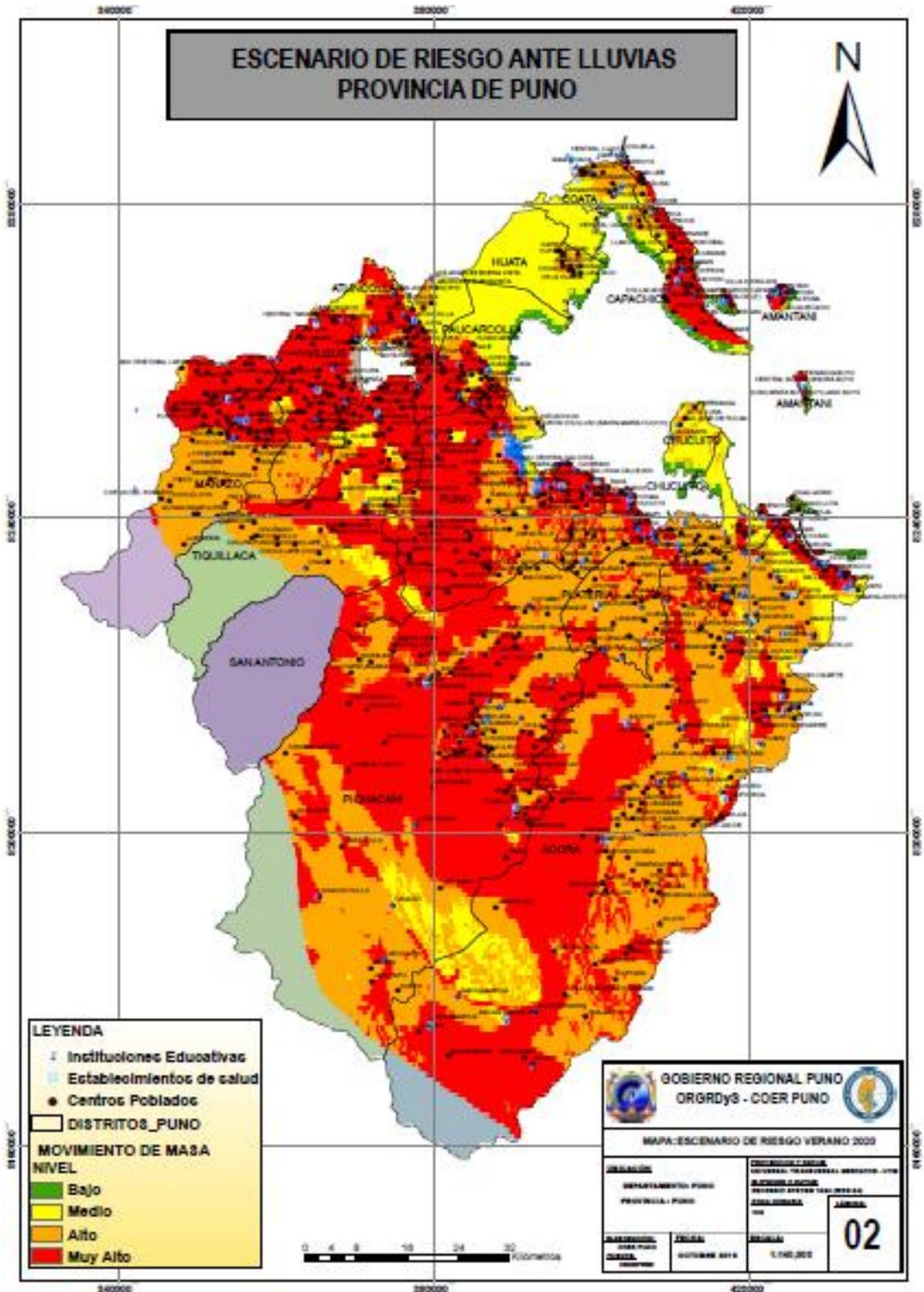
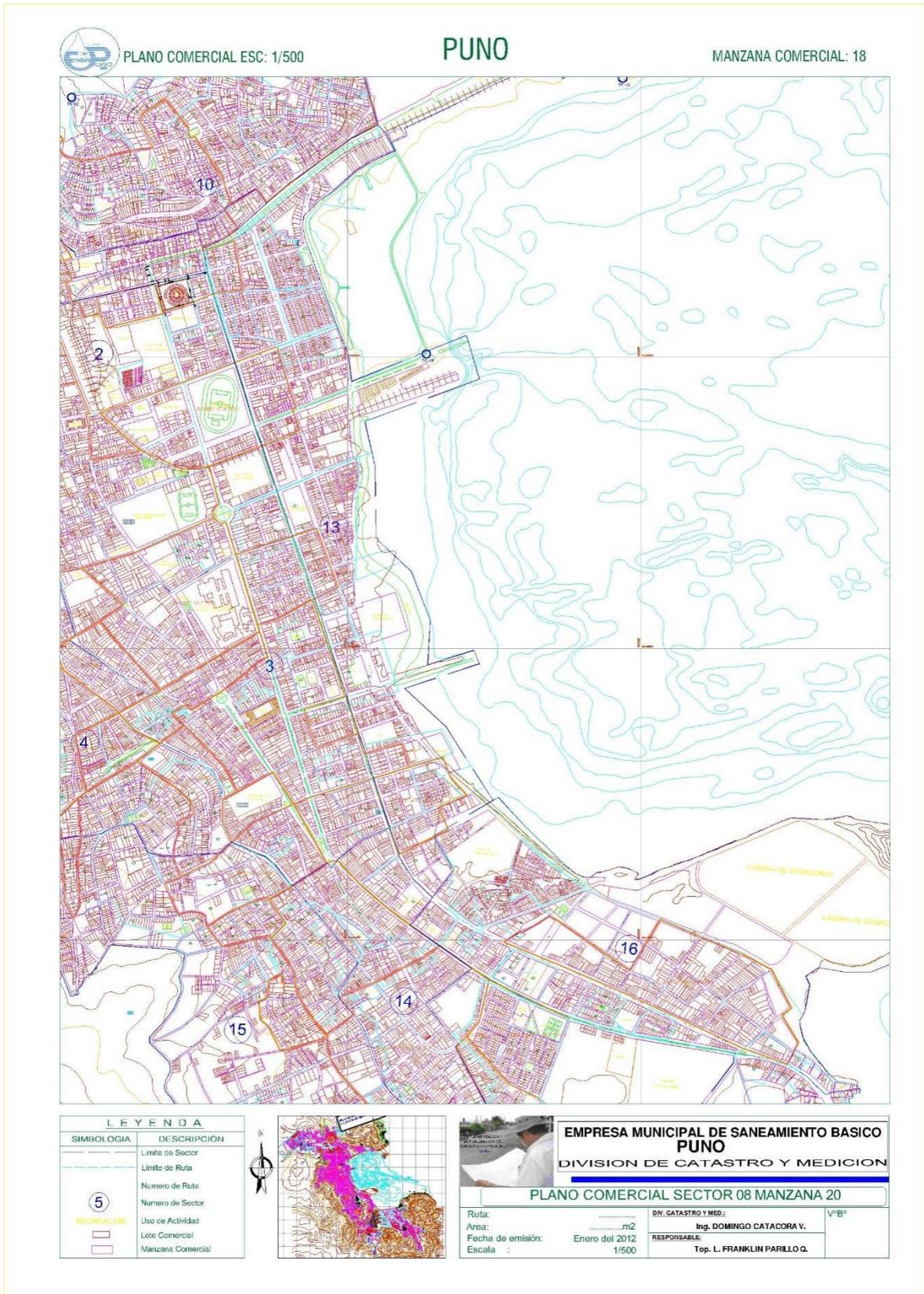


Figura 76. Mapa de escenario de riesgo ante Lluvias de la provincia de Puno – Movimiento de Masas. Por el Gobierno Regional Puno y COER Puno, 2020.

ANEXO C. Plano de cartografía, zona afectada.



ANEXO D. Certificados de laboratorio



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

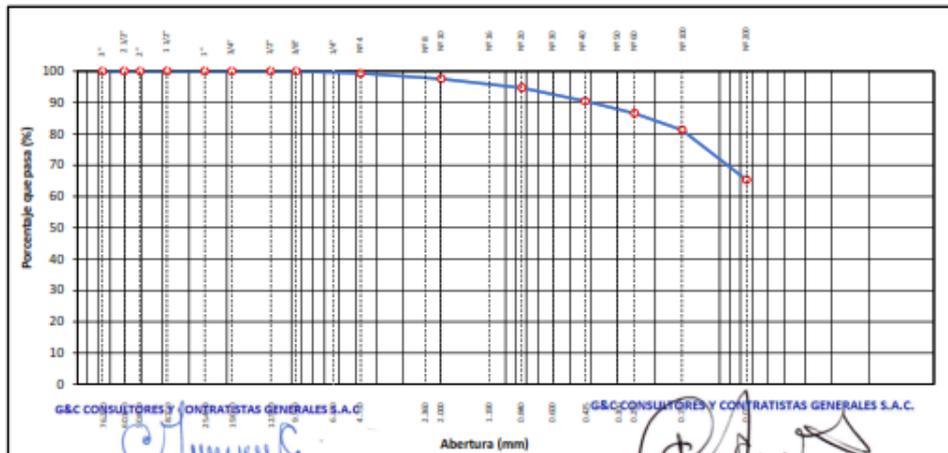
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-001-G&C Fecha : 30 de Julio del 2022
--	---

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LAGUNA DE OXIDACION - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA		COORDENADAS
CALICATA : C - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in		ESTE : 392581.00 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.25 m		NORTE : 8246927.00 m. N
PROFUND. : 0.15 - 1.65 m.			COTA : 3824.00 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4016 - D3083 - D3487)
10 in	254.000						Masa Inicial seco : 100.5 gr. Masa Global : 100.5 gr.
6 in	152.400						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%): 56.3 TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in Límite Líquido (LL): 44.00 Límite Plástico (LP): 29.00 Índice Plástico (IP): 15.00 Clasificación (SUCS): ML Clasificación (AASHTO): A-7-6 (9) Índice de Consistencia: -0.82 DESCRIPCIÓN DEL SUELO Descripción (AASHTO): MÁLO Descripción (SUCS): Limo arenoso de baja plasticidad Materia Orgánica: --- Turba: --- CU : 0.000 CC : 0.000 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Grava > 2" : 0.00 Grava 2" - Nº 4 : 0.70 Arena Nº 4 - Nº 200 : 34.00 Fines < Nº 200 : 65.30 %<3" : 0.0%
5 in	127.000						
4 in	101.600						
3 in	76.200						
2 1/2 in	60.350						
2 in	50.800						
1 1/2 in	38.100						
1 in	25.400						
3/4 in	19.000						
1/2 in	12.500						
3/8 in	9.500						
1/4 in	6.350				100.00		
Nº 4	4.750	1.13	0.70	0.70	99.30		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	2.79	1.74	2.44	97.56		
Nº 15	1.190						
Nº 20	0.840	4.57	2.85	3.29	94.71		
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	6.86	4.27	3.56	90.44		
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	6.28	3.91	13.48	86.52		
Nº 100	0.150	8.49	5.29	18.77	81.23		
Nº 200	0.075	25.58	15.94	34.70	65.30		
< Nº 200	FONDO	104.80	65.30	100.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observación: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESPALDO.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47136490

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-001-G&C
		Fecha : 30 de Julio del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	LAGUNA DE OXIDACION - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CALICATA	C - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	H - 01	TAMANO MÁXIMO	1/4 in
PROFUND.	0.15 - 1.65 m.	NIVEL FREÁTICO	0.25 m
		ESTE	392581.00 m. E
		NORTE	8246927.00 m. N
		COYA	3824.00 m.s.n.m.

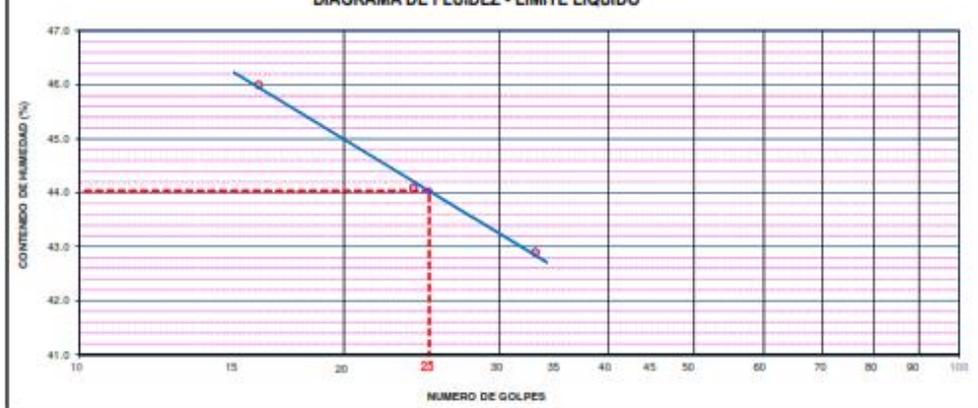
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA	n°	LC - 02	LC - 03	LC - 11
MASA DE LA TARA	[g]	27.89	28.53	27.29
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	35.32	36.57	36.48
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	32.96	34.11	33.72
MASA DE AGUA	[g]	2.34	2.46	2.76
MASA DEL SUELO SECO	[g]	3.09	3.58	6.43
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	46.00	44.10	42.90
NUMERO DE GOLPES	n°	16	24	33

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05	LC - 06
MASA DE LA TARA	[g]	20.85	49.02	45.79
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	23.07	52.83	49.28
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	22.57	51.99	48.51
MASA DE AGUA	[g]	0.50	0.84	0.77
MASA DEL SUELO SECO	[g]	1.72	2.97	2.72
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.10	28.30	28.30

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	44.00
LIMITE PLASTICO	29.00
INDICE DE PLASTICIDAD	15.00

[Signature]

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNE: 47196310

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL CANTON G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-001-G&C Fecha : 30 de Julio del 2022
--	---

DATOS GENERALES

UBICACIÓN : LAGUNA DE OXIDACIÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	COORDENADAS	
CALICATA : C - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in	ESTE : 392581.00 m. E	NORTE : 8246927.00 m. N
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.25 m	COTA : 3824.00 m.s.n.m.	
PROFUND. : 0.15 - 1.65 m.			

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[g]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	451.26	461.93	499.54
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	314.37	321.57	347.72
Masa Agua	[g]	136.89	140.36	151.82
Masa Suelo Seco	[g]	243.65	249.37	268.78
Contenido de Humedad	[g]	56.18	56.29	56.48
PROMEDIO	(%)	56.3		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary Condory

Alex Luis Gomez Calla

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

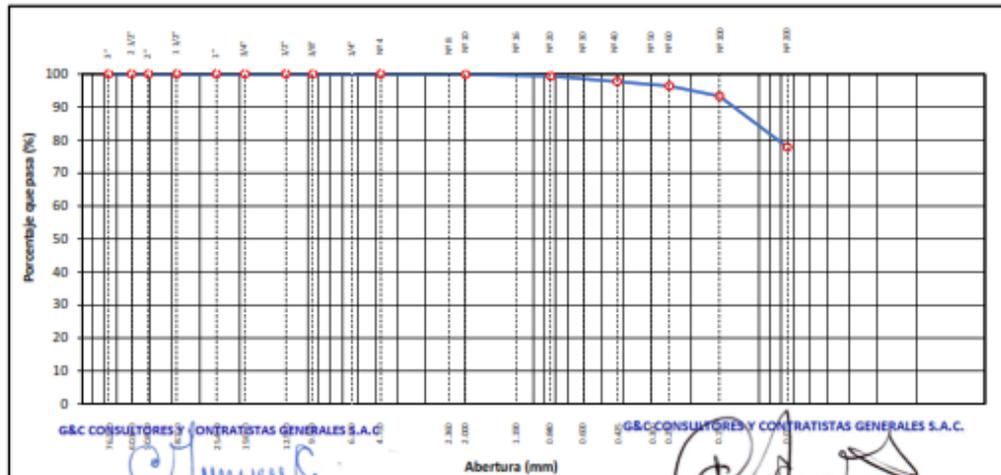
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/23-002-G&C Fecha : 30 de Julio del 2022
--	---

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDECENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	COORDENADAS
CALICATA : C - 02	TAMANO MÁXIMO : N° 8	ESTE : 391069.71 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.40 m	NORTE : 8248480.24 m. N
PROFUND. : 0.20 - 1.50 m.		COTA : 3823.00 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4016 - D3082 - D2487)
10 in	254.000						Masa Inicial seco : 164.9 gr. Masa Global : 164.9 gr.
6 in	152.400						
5 in	127.000						CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO
4 in	101.600						
3 in	76.200						Contenido de Humedad (%) : 62.7
2 1/2 in	60.350						TAMAÑO MAXIMO : N° 8
2 in	50.800						Limite Líquido (LL) : 65.00
1 1/2 in	38.100						Limite Plástico (LP) : 22.00
1 in	25.400						Indice Plástico (IP) : 43.00
3/4 in	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2 in	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (34)
3/8 in	9.500						Indice de Consistencia : 0.05
1/4 in	6.350						DESCRIPCION DEL SUELO
N° 4	4.750						Descripción (AASHTO) : MALO
N° 8	2.360				100.00		Descripción (SUCS) : Arcilla de alta plasticidad con arena
N° 10	2.000	0.20	0.12	0.12	99.88		Materia Orgánica : --
N° 16	1.190						Turba : --
N° 20	0.840	0.84	0.51	0.63	99.37		CU : 0.000 CC : 0.000
N° 30	0.600						CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS
N° 40	0.425	2.72	1.65	2.28	97.72		Grava > 2" : 0.00
N° 50	0.300						Grava 2" - N° 4 : 0.00
N° 60	0.250	2.22	1.35	3.63	96.37		Arena N°4 - N° 200 : 22.15
N° 100	0.150	5.04	3.06	6.68	93.32		Fines < N° 200 : 77.85
N° 200	0.075	25.50	15.47	22.15	77.85		%3" : 0.0%
< N° 200	FONDO	128.34	77.85	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



Observación: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136358

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-002-G&C
		Fecha : 30 de Julio del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CALICATA	C - 02	COORDENADAS	
MUESTRA	M - 01	TAMANO MÁXIMO	N° 8
PROFUND.	0.20 - 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	0.40 m
		ESTE	391069.71 m. E
		NORTE	824880.24 m. N
		COYA	3823.00 m.s.n.m.

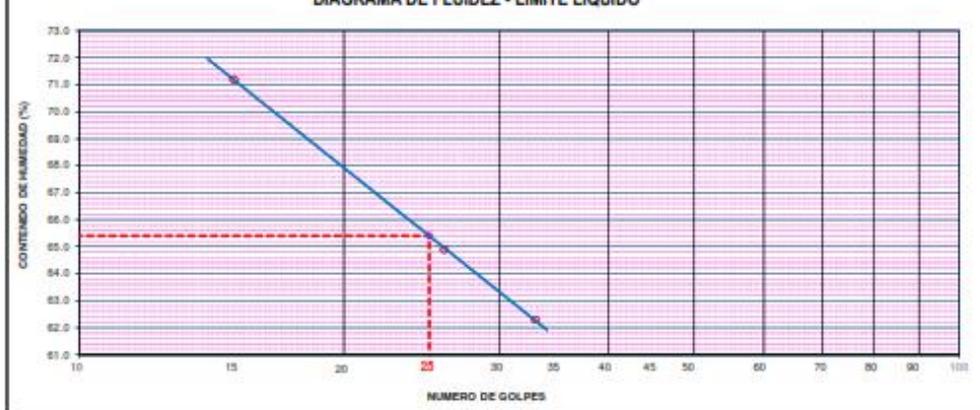
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA	n°	LC - 113	LC - 108	LC - 10
MASA DE LA TARA	[g]	10.46	13.41	10.85
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	14.14	17.55	15.15
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	12.61	15.92	13.50
MASA DE AGUA	[g]	1.53	1.63	1.65
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.15	2.51	2.65
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	71.20	64.90	62.30
NUMERO DE GOLPES	n°	15	26	33

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA		LC - 28	LC - 101	LC - 11
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87	46.83
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.54	50.98	50.22
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.08	50.42	49.61
MASA DE AGUA	[g]	0.46	0.56	0.61
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.14	2.55	2.78
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.50	22.00	21.90

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	65.00
LIMITE PLASTICO	22.00
INDICE DE PLASTICIDAD	43.00

Marycarmen

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186158

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gomez Calla

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-002-G&C Fecha : 30 de Julio del 2022
--	---

DATOS GENERALES

UBICACIÓN : MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	COORDENADAS	
CALICATA : C - 02	TAMANO MÁXIMO : N° 8	ESTE : 391069.71 m. E	NORTE : 8248480.24 m. N
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.40 m	COTA : 3823.00 m.s.n.m.	
PROFUND. : 0.20 - 1.50 m.			

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	497.19	506.23	531.61
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	332.84	339.12	355.67
Masa Agua	[g]	164.35	167.11	175.94
Masa Suelo Seco	[g]	261.41	267.07	280.74
Contenido de Humedad	[g]	62.87	62.57	62.67
PROMEDIO	(%)	62.7		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47136430

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

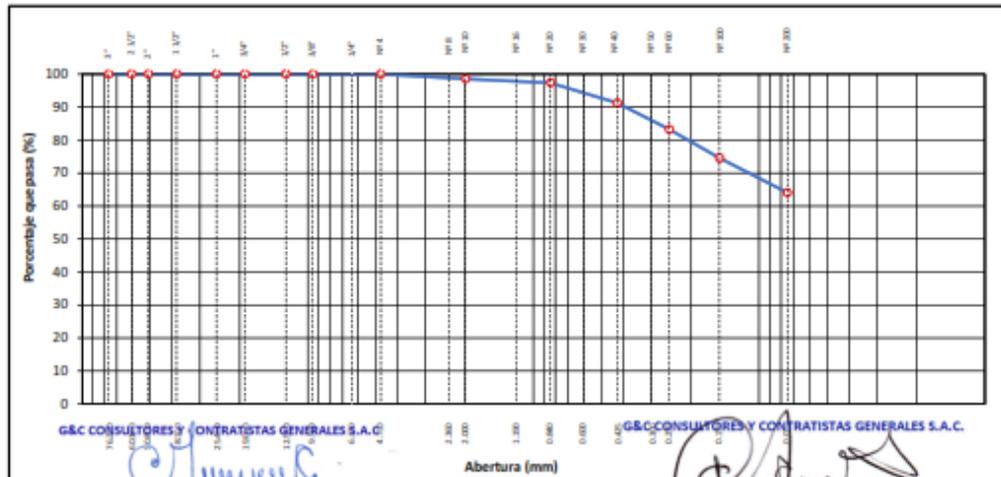
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/23-003-G&C Fecha : 09 de Julio del 2021
--	---

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	COORDENADAS
CALICATA : C - 03	TAMANO MÁXIMO : N° 8	ESTE : 391310.87 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.10 m	NORTE : 8249805.65 m. N
PROFUND. : 0.00 - 1.55 m.		COTA : 3823.00 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D216 - D418 - D3082 - D2487)
10 in	254.000						
6 in	152.400						Masa Inicial seco : 218.3 gr
5 in	127.000						Masa Global : 218.3 gr
4 in	101.600						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
3 in	76.200						Contenido de Humedad (%) : 37.4
2 1/2 in	60.350						TAMAÑO MÁXIMO : N° 8
2 in	50.800						Límite Líquido (LL) : 42.00
1 1/2 in	38.100						Límite Plástico (LP) : 31.00
1 in	25.400						Índice Plástico (IP) : 11.00
3/4 in	19.000						Clasificación (SUCS) : ML
1/2 in	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-5 (7)
3/8 in	9.500						Índice de Consistencia : 0.42
1/4 in	6.350						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
N° 4	4.750						Descripción (AASHTO) : MALO
N° 8	2.360				100.00		Descripción (SUCS) : Limo arenoso de baja plasticidad
N° 10	2.000	3.11	1.42	1.42	98.58		Materia Orgánica : --
N° 16	1.190						Turba : --
N° 20	0.840	2.73	1.25	2.67	97.33		CU : 0.000 CC : 0.000
N° 30	0.600						CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
N° 40	0.425	13.29	6.09	8.76	91.24		Grava > 2" : 0.00
N° 50	0.300						Grava 2" - N° 4 : 0.00
N° 60	0.250	17.49	8.01	16.77	83.23		Arena N°4 - N° 200 : 35.97
N° 100	0.150	18.93	8.67	25.44	74.56		Fines < N° 200 : 64.03
N° 200	0.075	22.98	10.52	35.97	64.03		%3"
< N° 200	FONDO	139.81	64.03	100.00			0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA





G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-003-G&C
		Fecha : 09 de Julio del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	
MUESTRA	: H - 01	TAMANO MÁXIMO	: Nº 8
PROFUND.	: 0.00 - 1.55 m.	NIVEL FREÁTICO	: 0.10 m
		ESTE	: 391310.87 m. E
		NORTE	: 8249805.85 m. N
		COYA	: 3823.00 m.s.n.m.

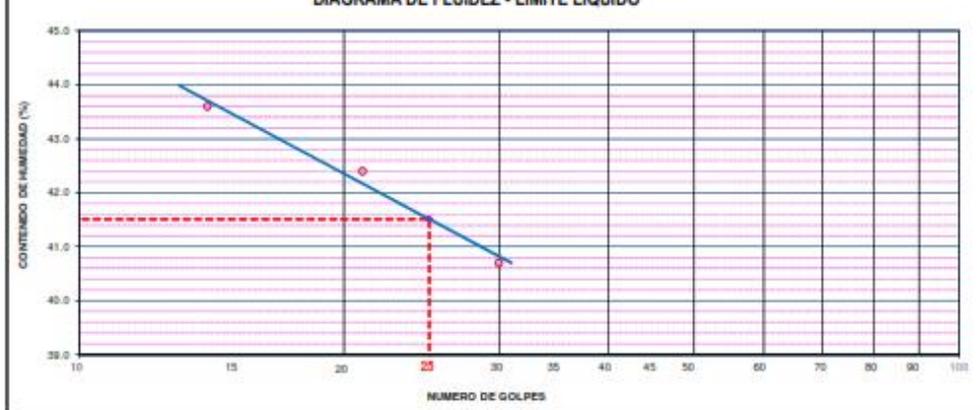
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA	n°	LC - 123	LC - 118	LC - 109
MASA DE LA TARA	[g]	10.59	29.12	27.86
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	16.19	33.15	30.66
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	14.49	31.95	29.85
MASA DE AGUA	[g]	1.7	1.20	0.81
MASA DEL SUELO SECO	[g]	3.9	2.83	1.99
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	43.60	42.40	40.70
NUMERO DE GOLPES	n°	14	21	30

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA		LC - 14	LC - 15	LC - 16
MASA DE LA TARA	[g]	45.56	46.74	46.18
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.14	50.22	49.78
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	48.29	49.40	48.92
MASA DE AGUA	[g]	0.85	0.82	0.86
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.73	2.66	2.74
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	31.10	30.80	31.40

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	42.00
LIMITE PLASTICO	31.00
INDICE DE PLASTICIDAD	1.00

Marycarmen

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186158

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gomez

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_KDCF-07/22-003-G&C Fecha : 09 de Julio del 2021
--	---

DATOS GENERALES

UBICACIÓN : UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	COORDENADAS
CALICATA : C - 03	TAMANO MÁXIMO : Nº 8	ESTE : 391310.87 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.10 m	NORTE : 8249805.65 m. N
PROFUND. : 0.00 - 1.55 m.		COTA : 3823.00 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 07	CH - 08	CH - 09
Masa Tara	[g]	69.50	76.94	68.92
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	460.11	436.68	492.13
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	353.82	338.03	378.09
Masa Agua	[g]	106.29	98.65	114.04
Masa Suelo Seco	[g]	284.32	261.09	309.17
Contenido de Humedad	[g]	37.38	37.78	36.89
PROMEDIO	(%)	37.4		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

 Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47136159

 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO

COHESIVO

NORMATIVA NTP 339.139-1999 (Revisada el 2019)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO	Registro N° : UC_KDCF-07/23-004-G&C
	EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Fecha : 30 de Julio del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	LAGUNA DE OXIDACION - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CALICATA	C - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	M - 01		
PROFUND.	0.15 - 1.65 m.	TAMAÑO MÁXIMO	1/4 in.
		NIVEL FREÁTICO	0.25 m.
		ESTE	392581.00 m. E
		NORTE	8246927.00 m. N
		COTA	3824.00 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA			
CLASIF. SUCS	ML	LIMITE LIQUIDO	44.00 %
CLASIF. AASHTO	A-7-6 (9)	LIMITE PLASTICO	29.00 %
DESCRIPCIÓN	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	INDICE DE PLASTICIDAD	15.00 %

DATOS	DIAMETRO mm	ALTURA mm	CONTENIDO DE HUMEDAD	
CALICATA 01	54.41	53.20	W tara	70.72 gr.
MUESTRA 01	54.43	53.21	Wsuelo humedo+tara	451.26 gr.
CL	54.44	53.12	Wsuelo seco + tara	314.37 gr.
PROMEDIO	54.43	53.18	% de Humedad	56.18 %

1.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL DEL SUELO MEDIANTE EL METODO DE MEDICION LINEAL:

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	:	200.88	g.
---------------------------------	---	--------	----

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{4000 * m}{\pi * D^2 * L}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{803520.00}{494873.79}$$

ρ (para especimen cilindrico)	=	1.62 Mg/m³
--	---	------------------------------

2.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL SECA DEL SUELO:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{100 * \rho}{100 + W}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{162.37}{156.18}$$

ρ_d (para especimen cilindrico)	=	1.04 Mg/m³
--	---	------------------------------

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESERVORIO EN EL ESTUDIO

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO

COHESIVO

NORMATIVA NTP 339.139-1999 (Revisada el 2019)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	UC_KDCF-07/23-005-G&C
		Fecha	30 de Julio del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA		COORDENADAS
CALICATA : C - 02			ESTE : 391069.71 m. E
MUESTRA : M - 01	TAMAÑO MÁXIMO : N° 8		NORTE : 8248480.24 m. N
PROFUND. : 0.20 - 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO : 0.40 m.		COTA : 3823.00 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA			
CLASIF. SUCS : CH	LIMITE LIQUIDO :	65.00 %	
CLASIF. AASHTO : A-7-6 (34)	LIMITE PLASTICO :	22.00 %	
DESCRIPCIÓN : ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA	INDICE DE PLASTICIDAD :	43.00 %	

DATOS	DIAMETRO mm	ALTURA mm	CONTENIDO DE HUMEDAD
CALICATA 01	54.41	53.20	W tara : 71.43 gr.
MUESTRA 01	54.43	53.21	Wsuelo humedo+tara : 497.19 gr.
CL	54.44	53.12	Wsuelo seco + tara : 332.84 gr.
PROMEDIO	54.43	53.18	% de Humedad : 62.87 %

1.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL DEL SUELO MEDIANTE EL METODO DE MEDICION LINEAL:

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	:	202.31	g.
---------------------------------	---	--------	----

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{4000 * m}{\pi * D^2 * L}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{809240.00}{494873.79}$$

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \mathbf{1.64 \text{ Mg/m}^3}$$

2.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL SECA DEL SUELO:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{100 * \rho}{100 + W}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{163.52}{162.87}$$

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \mathbf{1.00 \text{ Mg/m}^3}$$

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESERVORIO EN EL ESTUDIO

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186358

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO

COHESIVO

NORMATIVA NTP 339.139-1999 (Revisada el 2019)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	UC_KDCF-07/23-006-G&C
		Fecha	30 de Julio del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA		COORDENADAS
CALICATA : C - 03			ESTE : 391310.87 m. E
MUESTRA : M - 01	TAMAÑO MÁXIMO : N° 8		NORTE : 8249805.65 m. N
PROFUND. : 0.00 - 1.55 m.	NIVEL FREÁTICO : 0.10 m.		COTA : 3823.00 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA			
CLASIF. SUCS : ML	LIMITE LIQUIDO :	42.00 %	
CLASIF. AASHTO : A-7-5 (7)	LIMITE PLASTICO :	31.00 %	
DESCRIPCIÓN : LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	INDICE DE PLASTICIDAD :	11.00 %	

DATOS	DIAMETRO mm	ALTURA mm	CONTENIDO DE HUMEDAD
CALICATA 01	54.41	53.20	W tara : 69.50 gr.
MUESTRA 01	54.43	53.21	Wsuelo humedo+tara : 460.11 gr.
CL	54.44	53.12	Wsuelo seco + tara : 353.82 gr.
PROMEDIO	54.43	53.18	% de Humedad : 37.38 %

1.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL DEL SUELO MEDIANTE EL METODO DE MEDICION LINEAL:

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	:	237.02	g.
---------------------------------	---	--------	----

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{4000 * m}{\pi * D^2 * L}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{948080.00}{494873.79}$$

$$\rho \text{ (para especimen cilindrico)} = \mathbf{1.92 \text{ Mg/m}^3}$$

2.- CALCULO DE LA DENSIDAD NATURAL SECA DEL SUELO:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{100 * \rho}{100 + W}$$

* Reemplazando en la formula:

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \frac{191.58}{137.38}$$

$$\rho_d \text{ (para especimen cilindrico)} = \mathbf{1.39 \text{ Mg/m}^3}$$

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186358

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Foja No	LC-4003-01/21-007-000
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	LADANA DE ORDAGÁN - BORDE LACUSTRE DEL LAO TIENCA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DAYANA FUENTES CALLATA
COORDENADAS			
CALICATA	C - 01	TAMANO MÁXIMO	1/4 in.
MUESTRA	M - 01	CONDICIÓN	CONDICIÓN
PROFUNDIDAD	0.05 - 1.65 m.	NIVEL FREÁTICO	0.25 m.
		DIÁMETRO	CONDICIÓN
		CORDENADAS	ESTE : 282581.00 m. E
			NORTE : 8246927.00 m. N
			COTA : 2824.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	83.08	83.08
A. Peso del molde (g)	42.90	42.90
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	213.98	215.01
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	179.37	179.37
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) \times 100$	65.36 %	49.08 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
Falso 1P		7-01
E. Temperatura (°C)		23.03
F. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)		0.9982
G. Masa promedio de Falso calibrado (g)		105.77
H. Volumen promedio de Falso calibrado (ml)		489.48
I. Masa de Falso + agua a temperatura T (g)		105.34
J. Masa de la Falso + agua + suelo (g)		706.47
K. Masa seca (g)		191.88
L. Gravedad específica de sólidos G _s		2.716
M. Coeficiente de temperatura K		0.00038
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C		2.74800
N. Gravedad específica (G _s) :		2.7700

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)	38.77	38.93
P. Altura (mm)	23.06	18.88
Q. Humedad W (%)	65.365	48.076
R. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)	0.874	0.839
S. Peso Unitario Seco, vd (kN/m ³)	8.57	8.23
T. Relación de vacíos, e	2.170	2.303
U. Grado de Saturación, S (%)	82.43	58.8

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA										
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00
	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	0.510	1.020	2.039	3.058	4.078	8.156
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)								
0:00:00	0:00	0.0000	0.06400	0.13000	0.27500	0.39150	1.80950	3.24400	4.05450	4.60700
0:00:06	0:00	0.06400	0.30300	0.75000	0.75000	1.07300	1.85500	3.25400	4.19400	4.65000
0:00:15	0:15				0.76300	1.22500	2.22500	3.40300	4.20900	4.74500
0:00:30	0:30				0.76300	1.74800	2.73800	3.44000	4.20900	4.74500
0:00:45	0:45				0.76300	1.77600	2.74600	3.48000	4.21300	4.75000
0:01:00	1:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:01:15	1:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:01:30	1:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:01:45	1:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:02:00	2:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:02:15	2:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:02:30	2:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:02:45	2:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:03:00	3:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:03:15	3:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:03:30	3:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:03:45	3:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:04:00	4:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:04:15	4:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:04:30	4:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:04:45	4:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:05:00	5:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:05:15	5:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:05:30	5:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:05:45	5:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:06:00	6:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:06:15	6:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:06:30	6:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:06:45	6:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:07:00	7:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:07:15	7:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:07:30	7:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:07:45	7:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:08:00	8:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:08:15	8:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:08:30	8:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:08:45	8:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:09:00	9:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:09:15	9:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:09:30	9:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:09:45	9:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:10:00	10:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:10:15	10:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:10:30	10:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:10:45	10:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:11:00	11:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:11:15	11:15				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:11:30	11:30				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:11:45	11:45				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000
0:12:00	12:00				0.76500	1.80800	2.49800	3.44000	4.21400	4.75000

Carga de asentamiento	0.06400	0.30300	0.46700	0.69650	0.98800	2.38950	3.77400	4.65450	5.08700	5.37550
Asentamiento (mm)	0.06400	0.30300	0.46700	0.69650	0.98800	2.38950	3.77400	4.65450	5.08700	5.37550

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47161338

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

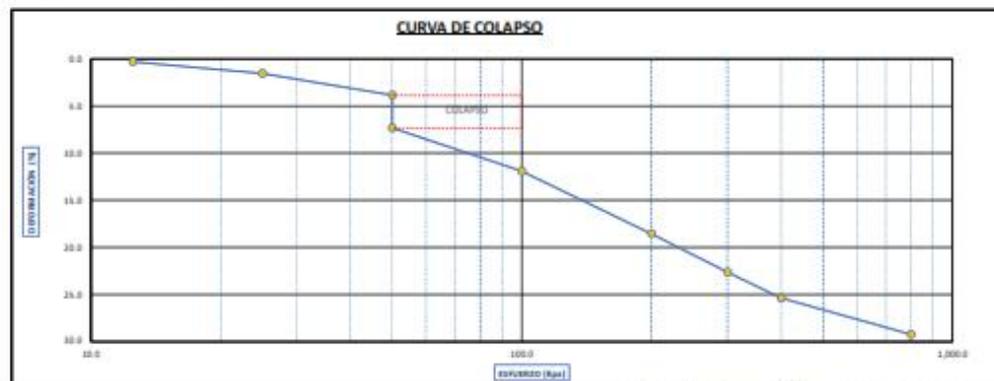
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asestamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	2.170	0.0
07.50	NATURAL	0.06400	19.98	2.160	0.3
25.00	NATURAL	0.32000	19.73	2.07	1.6
50.00	NATURAL	0.75000	19.27	2.048	3.0
50.00	INUNDADO	1.47500	18.57	1.938	7.3
100.00	INUNDADO	2.38250	17.65	1.787	10.8
200.00	INUNDADO	3.77400	16.32	1.581	18.6
300.00	INUNDADO	4.53450	15.51	1.453	22.6
400.00	INUNDADO	5.08700	14.95	1.365	25.4
800.00	INUNDADO	5.85750	14.18	1.244	29.7

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	50 Kpa
ic _n	0.00
ic _i	3.5

Grado de Colapso
Moderado

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47130310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° :	UC_K003-07/22-007-966
		Fecha :	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN :	LÍNEA DE FUNDACIÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAZO TITENCA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA :	SUELO NATURAL	SOLICITANTE :	Bach. L.C. KELLY DAYANA FUENTES CALLA
CALICATA :	C - 01	TAMANO MÁXIMO :	1/4 in.
MUESTRA :	M - 01	CONDICIÓN :	ELIMINADO
PROFUNDIDAD :	0.15 - 1.05 m	NIVEL FREÁTICO :	0.25 m
		COORDENADAS	
		ESTE :	287501.00 m. E
		NORTE :	824827.00 m. N
		COTA :	2874.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD

Datos de la muestra antes y después del ensayo	Inicial (g)	Final (g)
Peso de tara (g)	88.57	88.57
A. Peso del molde (g)	42.83	42.83
B. Peso del molde + muestra húmeda + tara (g)	175.31	177.33
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	131.44	131.44
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A) \times 100$	54.44 %	42.80 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS

METODO A

F. Flete N°	7-01
E. Temperatura (°C)	20.03
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)	0.9982
G. Masa promedio de Flete calibrado (g)	150.77
H. Volumen promedio de Flete calibrado (ml)	489.48
I. Masa de Flete + agua a temperatura T (g)	104.24
J. Masa de la Flete + agua + suelo (g)	198.47
K. Masa seca (g)	131.44
L. Gravedad específica de sólidos G _s	2.746
M. Coeficiente de temperatura, K	0.00039
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C	2.74600
N. Gravedad específica (G _s) :	2.700

3- DATOS DEL ESPECIMEN

Al Iniciar el Ensayo

Al Finalizar el Ensayo

D. Diámetro (mm)	31.77	31.93
P. Altura (mm)	73.04	61.59
Q. Humedad W (%)	54.443	42.793
R. Densidad Seca, P _d (g/cm ³)	1.037	0.845
S. Peso Unitario Seco, γ _d (kN/m ³)	10.1	8.29
T. Relación de vacíos, e	1.687	2.276
U. Grado de Saturación, S (%)	83.41	52.0

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA

CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	100.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	
TIEMPO (min)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.0000	0.0000	0.2000	0.2070	0.2940	0.5740	1.5580	2.2700	2.7400	3.4320
0:00:05	0:10	0.0000	0.2900	0.2920	0.2940	0.2940	0.5800	1.6240	2.2780	2.8570	
0:00:10	0:20					0.2940	0.8000	1.6600	2.2900	2.8700	
0:00:20	0:30					0.2940	0.8340	1.6900	2.2940	2.8840	
0:00:30	0:40					0.2970	0.8900	1.6900	2.3000	2.9000	
0:01:00	1:00					0.3040	0.9800	1.7200	2.3400	2.9420	
0:01:30	1:30					0.2660	1.0540	1.7670	2.3400	2.9620	
0:02:00	2:00					0.2290	1.0240	1.8700	2.2700	3.0200	
0:02:30	2:30					0.2480	1.0000	1.8200	2.2940	3.0640	
0:03:00	3:00					0.2740	1.2480	1.9240	2.4480	3.0940	
0:03:30	3:30					0.4000	1.3000	1.9600	2.4800	3.0900	
0:04:00	4:00					0.4440	1.5270	2.0200	2.5370	3.2000	
0:04:30	4:30					0.4800	1.4700	2.0800	2.5800	3.2900	
0:05:00	5:00					0.5200	1.4700	2.1550	2.6500	3.3500	
0:05:30	5:30					0.5470	1.5000	2.1800	2.6950	3.3950	
0:06:00	6:00					0.5740	1.5300	2.2200	2.7400	3.4320	
Carga de asentamiento	0.007 Epa	0.050 Kg/cm ² Variación de Altura de muestra									
Asentamiento (mm)	P	0.0000	0.0960	0.0070	0.0070	0.2800	0.9850	0.6670	0.5000	2.0070	
	S	0.0000	0.2900	0.2920	0.2940	0.2940	0.5740	1.5580	2.2700	2.7400	

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 4716159

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

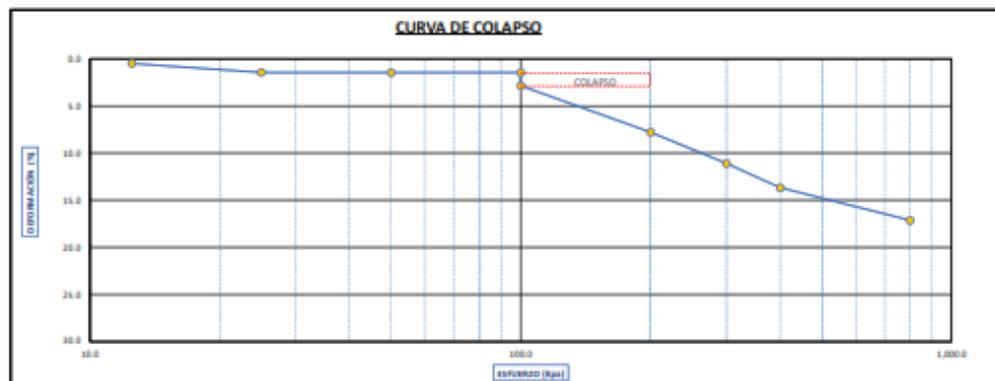
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (v)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1.607	0.0
17.50	NATURAL	0.0000	19.94	1.670	0.5
25.00	NATURAL	0.2900	19.75	1.648	1.4
50.00	NATURAL	0.2920	19.75	1.647	1.5
100.00	NATURAL	0.2940	19.75	1.647	1.5
100.00	INUNDADO	0.5740	19.47	1.600	2.9
200.00	INUNDADO	1.5580	18.48	1.478	7.8
300.00	INUNDADO	2.2200	17.82	1.389	11.1
400.00	INUNDADO	2.7400	17.30	1.309	13.7
800.00	INUNDADO	3.4320	16.61	1.227	17.1

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Índice
Presión	100 Kpa
ic:	0.038
ic:	1.4

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136350

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESTES	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Página N°	: LC 4037-01/22-107-06C
		Fecha	: 05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: LAGUNA DE OMBAYÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLADA
CAUCIATA	: C - 01		
MUESTRA	: M - 01	TAMAÑO MÁXIMO	: 1/4 in.
PROFUNDIDAD	: 0.15 - 1.55 m.	NIVEL FREÁTICO	: 0.25 m.
		CONDICIÓN	: SUMERGIDO
		COORDENADAS	
		ESTE	: 287581.00 m. E
		NORTE	: 8246527.00 m. N
		CDTA	: 2824.00 m. S. O. M.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	88.70	88.70
A. Peso del envile (g)	42.88	42.88
B. Peso del envile + muestra húmeda + tara (g)	138.93	239.53
C. Peso del envile + muestra seca + tara (g)	178.01	178.01
D. Contenido de humedad (W%) = (B-C)/(C-A-Tara)*100	34.82 %	42.88 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
F. Fieles (°C)		7.01
E. Temperatura (°C)		23.03
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)		0.9982
G. Masa promedio de Fieles calibrado (g)		105.77
H. Volumen promedio de Fieles calibrado (ml)		499.48
I. Masa de fieles + agua a temperatura T (g)		104.38
J. Masa de la fieles + agua + suelo (g)		238.42
K. Masa seca (g)		138.93
L. Gravedad específica de sólidos G _s		2.740
M. Coeficiente de temperatura, K		0.00038
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C		2.74000
N. Gravedad específica (G _s)		2.7300

3- DATOS DEL ESPÉCIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)	63.77	74.95
P. Altura (mm)	210.04	15.65
Q. Humedad W (%)	34.823	42.882
R. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)	1.085	0.927
S. Peso Unitario Seco, γd (kN/m ³)	10.45	9.09
T. Relación de vacíos, e	1.818	1.881
U. Grado de Saturación, S (%)	62.75	58.8

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(kPa)	CARGA (kPa)									
		0.127	25.00	50.00	100.00	200.00	200.00	300.00	400.00	800.00	
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	
TIEMPO (hrs)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.0000	0.2370	0.7070	1.0660	1.4880	2.3660	2.6900	3.2160	3.6870	4.2850
0:00:05	0:05	0.2370	0.7070	1.0660	1.4880	2.3660	2.6900	3.2160	3.7420	4.2850	
0:00:10	0:10						2.3660	2.7880	3.2580	3.7650	
0:00:15	0:15						2.3220	2.7250	3.2670	3.7620	
0:00:20	0:20						2.3750	2.7420	3.2770	3.8070	
0:00:25	0:25						2.3780	2.7660	3.2930	3.8460	
0:00:30	0:30						2.3390	2.8070	3.3080	3.8870	
0:00:35	0:35						2.3870	2.8480	3.3580	3.9490	
0:00:40	0:40						2.3790	2.8920	3.3880	3.9660	
0:00:45	0:45						2.4080	2.9420	3.4870	4.0680	
0:00:50	0:50						2.4560	2.9920	3.4580	4.0700	
0:00:55	0:55						2.4880	3.0580	3.5460	4.1680	
0:01:00	1:00						2.5860	3.0820	3.5550	4.2400	
0:01:05	1:05						2.5880	3.0880	3.6970	4.3050	
0:01:10	1:10						2.5830	3.0200	3.6470	4.2500	
0:01:15	1:15						2.6980	3.2160	3.6870	4.3500	

Carga de G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	0.050 kPa/cm ²	Variación de Altura de muestra	0.11 cm
Asentamiento (mm)			
	0.2360	0.4080	0.7980
	0.7070	1.0660	1.4880
	2.3660	2.6900	3.2160
	2.6900	3.2160	3.6870
	3.2160	3.6870	4.2850

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47186158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vel. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1.60	0.0
07.50	NATURAL	0.29700	19.74	1.563	1.5
25.00	NATURAL	0.70700	19.33	1.510	3.5
50.00	NATURAL	1.00600	19.03	1.470	5.0
100.00	NATURAL	1.48800	18.55	1.408	7.4
200.00	NATURAL	2.28600	17.75	1.300	10.6
300.00	INUNDADO	2.98600	17.05	1.250	12.1
300.00	INUNDADO	3.24600	16.80	1.184	13.0
400.00	INUNDADO	3.68700	16.35	1.073	16.4
800.00	INUNDADO	4.29500	15.65	1.000	21.9

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	2100 Kpa
ic:	0.038
ic:	1.5

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136110

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : LC 4037-07/22-100-036
	Fecha : 06 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALCÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYMA FUENTES CALLATA
CALICATA	C - 02	TAMANO MÁXIMO	Nº 8
MUESTRA	M - 01	NIVEL FREÁTICO	- 0.40 m.
PROFUNDIDAD	0.20 - 1.50 m.	CONDICIÓN	SUMERGIDO
		COORDENADAS	
		ESTE	: 28666.71 m. E
		NORTE	: 8248480.74 m. N
		COTA	: 2823.10 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	28.14	28.14
A. Peso del molde (g)	42.38	42.38
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	84.33	84.71
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	79.37	79.37
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) \times 100$	53.35 %	37.51 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
F. Falso Nº		F-01
E. Temperatura (°C)		23.03
F. Densidad de Agua a Temperatura T (g/cm³)		0.9982
G. Masa promedio de Falso calibrado (g)		105.77
H. Volumen promedio de Falso calibrado (ml)		489.48
I. Masa de Falso + agua a temperatura T (g)		104.34
J. Masa de la Falso + agua + suelo (g)		706.47
K. Masa seca (g)		191.85
L. Gravedad específica de sólidos G _s		2.716
M. Coeficiente de temperatura K		0.00038
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C		2.74800
N. Gravedad específica (G _s) :		2.7700

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
O. Diámetro (mm)	38.77	38.33
P. Altura (mm)	73.04	74.83
Q. Humedad W (%)	53.352	37.507
R. Densidad Seca, Pd (g/cm³)	1.003	0.944
S. Peso Unitario Seco, vd (kN/m³)	9.94	9.28
T. Relación de vacíos, e	1.704	1.925
U. Grado de Saturación, S (%)	83.72	53.7

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA										
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00
	(kg/cm²)	0.127	0.255	0.510	0.510	1.020	2.039	3.058	4.078	8.156
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)								
0:00:00	0:00	0.0000	0.24500	0.47300	0.70000	0.95000	1.50000	2.84800	3.50700	4.00900
0:00:05	5:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.03000	1.95000	2.94500	3.85000
0:00:10	10:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.04000	2.00000	2.95500	3.85300
0:00:15	15:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.09400	2.04000	2.96800	3.85800
0:00:20	20:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.09000	2.09000	2.99000	3.86800
0:00:25	25:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.10500	3.00000	3.87000
0:00:30	30:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:00:35	35:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:00:40	40:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:00:45	45:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:00:50	50:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:00:55	55:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:00	60:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:05	65:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:10	70:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:15	75:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:20	80:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:25	85:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:30	90:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:35	95:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:40	1:00:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:45	1:05:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:50	1:10:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:01:55	1:15:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:00	1:20:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:05	1:25:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:10	1:30:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:15	1:35:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:20	1:40:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:25	1:45:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:30	1:50:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:35	1:55:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:40	2:00:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:45	2:05:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:50	2:10:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:02:55	2:15:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:00	2:20:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:05	2:25:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:10	2:30:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:15	2:35:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:20	2:40:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:25	2:45:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:30	2:50:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:35	2:55:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:40	3:00:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:45	3:05:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:50	3:10:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:03:55	3:15:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:00	3:20:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:05	3:25:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:10	3:30:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:15	3:35:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:20	3:40:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:25	3:45:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:30	3:50:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:35	3:55:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:40	4:00:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:45	4:05:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:50	4:10:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:04:55	4:15:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:05:00	4:20:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:05:05	4:25:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:05:10	4:30:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:05:15	4:35:00	0.24500	0.47300	0.70000	0.70000	0.70000	1.10000	2.11000	3.00000	3.87000
0:05:20										

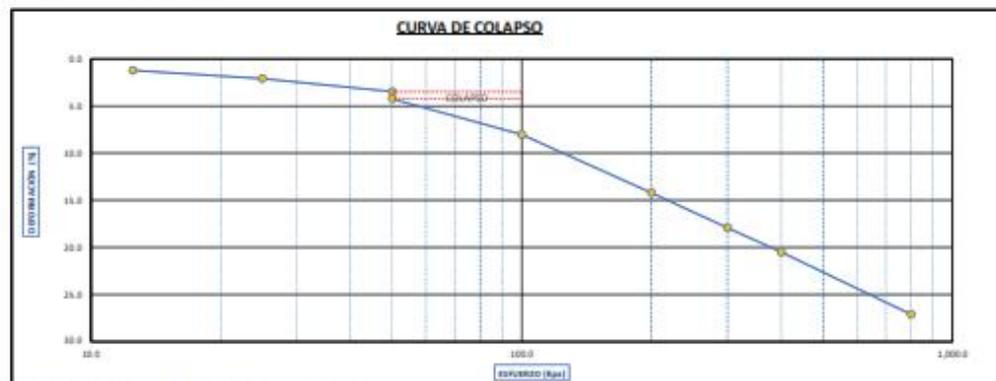
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vel. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1.704	0.0
07.50	NATURAL	0.24500	19.80	1.701	1.2
25.00	NATURAL	0.42200	19.62	1.677	2.1
50.00	NATURAL	0.70000	19.34	1.629	3.5
50.00	INUNDADO	0.85000	19.19	1.618	4.7
100.00	INUNDADO	1.50000	18.42	1.515	8.0
200.00	INUNDADO	2.04000	17.88	1.348	14.2
300.00	INUNDADO	3.50000	16.45	1.244	17.9
400.00	INUNDADO	4.00000	15.93	1.074	20.5
800.00	INUNDADO	5.43000	14.51	0.954	27.1

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	50 Kpa
ic _n	0.021
ic _e	0.0

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47536310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	IC 4007-07/22-608-G&C
		Fecha	05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALSICÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYMA FUENTES CALLATA
CAUCIATA	C - 02	TAMANO MÁXIMO	Nº 8
MUESTRA	M - 01	CONDICIÓN	SIMERDEO
PROFUNDIDAD	0.20 - 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	0.40 m.
		COORDENADAS	
		ESTE	28498.71 m. E
		NORTE	824848.24 m. N
		CDTA	2823.00 m. s. n. m.

I- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (G)	28.76	28.76
A. Peso del molde (g)	42.00	42.00
B. Peso del molde + muestra húmeda + tara (g)	87.48	87.31
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	109.00	109.00
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) \times 100$	47.33 %	34.45 %

Z- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
F. Falso N°		F-01
E. Temperatura (°C)		20.00
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)		0.9982
G. Masa promedio de Falso calibrado (g)		100.77
H. Volumen promedio de Falso calibrado (ml)		489.48
I. Masa de falso + agua a temperatura T (g)		1054.54
J. Masa de la falso + agua + suelo (g)		106.47
K. Masa seca (g)		100.00
L. Gravedad específica de sólidos G _s		2.740
M. Coeficiente de temperatura, K		0.00030
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C		2.74000
O. Gravedad específica (G _s) :		2.7700

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
Q. Diámetro (mm)	81.77	74.35
P. Altura (mm)	72.04	15.94
Q. Humedad W (%)	47.327	34.453
R. Densidad Seca, P _d (g/cm ³)	1.01	0.857
S. Peso Unitario Seco, γ _d (kN/m ³)	81.99	8.39
T. Relación de vacíos, e	1.47	1.804
U. Grado de Saturación, S (%)	79.04	50.4

A- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA										
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	100.00	150.00	200.00	300.00	400.00	800.00
	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	1.020	2.039	3.058	4.078	8.158
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO
TIEMPO (min)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)								
0:00:00	0:00	0.0000	0.0000	0.17500	0.76300	0.94700	1.14800	1.80300	2.52900	2.98000
0:00:06	0:10	0.00000	0.17500	0.76300	0.94700	0.95400	1.35400	2.00000	2.57000	3.20500
0:00:15	0:25					0.95400	1.38500	2.04000	2.57000	3.34500
0:00:30	0:50					0.95700	1.40800	2.05000	2.58000	3.40500
0:00:00	1:00					0.95300	1.44500	2.05500	2.58000	3.46800
0:07:00	2:00					0.95300	1.48800	2.06500	2.60000	3.52500
0:04:00	4:00					0.95900	1.53500	2.04800	2.62000	3.60500
0:09:00	8:00					0.97000	1.58400	2.07000	2.67500	3.66900
0:15:00	15:00					0.97900	1.62400	2.15800	2.70200	3.72000
0:30:00	30:00					0.98900	1.66800	2.18300	2.74500	3.77000
1:00:00	60:00					1.02000	1.72500	2.24000	2.78300	3.84800
2:00:00	120:00					1.04700	1.76500	2.28800	2.82200	3.87600
4:00:00	240:00					1.07500	1.81800	2.33000	2.87800	3.92000
8:00:00	480:00					1.05000	1.85900	2.40200	2.92300	3.96000
16:00:00	960:00					1.02750	1.89400	2.50500	2.95500	4.02750
24:00:00	1440:00					1.14000	1.93000	2.57900	2.99000	4.05000

Carga de G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. 0.030 Kg/cm² Variación de Altura de muestra G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Asentamiento (mm)	P	0.00000	0.16500	0.60800	0.65900	0.88800	0.77000	0.66000	0.45000	0.75000
S	0.96000	0.17500	0.70000	0.94700	1.14000	1.39000	1.97000	2.59000	2.98000	4.05000

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

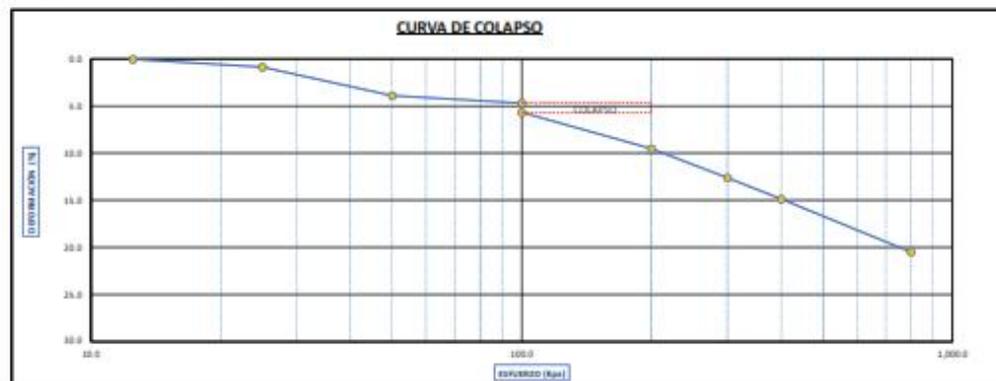
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Alto Final del espécimen (mm)	Vol. de vacío (cc)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1472	0.0
07.50	NATURAL	0.0400	20.03	1473	0.0
25.00	NATURAL	0.0700	19.87	1451	0.0
50.00	NATURAL	0.2000	19.26	1276	3.9
100.00	NATURAL	0.94200	18.10	1256	4.7
100.00	INUNDADO	1.14000	18.00	1222	5.7
200.00	INUNDADO	1.9000	18.03	1226	6.5
300.00	INUNDADO	2.52000	17.51	1160	12.6
400.00	INUNDADO	2.88000	17.06	1105	16.8
800.00	INUNDADO	4.05000	15.94	836	39.5

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	100 Kpa
ic:	0.024
ic:	1.0

Estado de Colapso	
Seguro	

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47136338

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° :	UC 1003-01/22-008-036
		Fecha :	05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : MALICÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAJO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROVENIENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHARMA FUENTES CALLATA		COORDENADAS
CALICATA : C - 02	TAMAÑO MÁXIMO : N° 8	CONDICIÓN : SUMERGIDO	ESTE : 38069.71 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.40 m.		NORTE : 8748480.24 m. N
PROFUNDIDAD : 0.20 - 1.50 m.			CORDA : 3823.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	28.23	28.23
A. Peso del envile (g)	42.85	42.85
B. Peso del envile + muestra húmeda + Tara (g)	89.70	83.07
C. Peso del envile + muestra seca + tara (g)	34.24	34.24
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) * 100$	51.23 %	39.08 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS		METODO A
F. Fide (N°)		7.01
E. Temperatura (°C)		20.01
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)		0.9982
G. Masa promedio de Fide calibrado (g)		105.77
H. Volumen promedio de Fide calibrado (ml)		489.48
I. Masa de Fide + agua a temperatura T (g)		104.36
J. Masa de la Fide + agua + suelo (g)		708.47
K. Masa seca (g)		102.01
L. Gravedad específica de sólidos, G _s		2.746
M. Coeficiente de temperatura, K		0.00099
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C		2.74600
N. Gravedad específica (G _s) :		2.7701

3- DATOS DEL ESPECIMEN		Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)		51.77	74.95
P. Altura (mm)		210.04	15.88
Q. Humedad W (%)		51.23%	39.07%
R. Densidad Seca, P _d (g/cm ³)		1.657	0.843
S. Peso Unitario Seco, γ _d (kN/m ³)		10.31	5.25
T. Relación de vacíos, e		1.635	1.937
U. Grado de Saturación, S (%)		86.82	55.9

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(kpa)										
		12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	200.00	300.00	400.00	800.00	
	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	2.039	3.059	4.079	8.159	
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	
TIEMPO (min)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.0000	0.4800	0.6950	1.0550	154500	2.4200	2.7400	3.7900	3.7250	4.86500
0:00:06	0:06	0.4800	0.93500	1.05500	154500	2.4300	2.44000	2.83000	3.32000	4.94500	
0:00:15	0:15						2.44000	2.84000	3.34000	4.95500	
0:00:30	0:30						2.44000	2.85000	3.35000	4.96000	
0:00:06	1:00						2.44000	2.87000	3.36000	4.27000	
0:02:00	2:00						2.44500	2.89000	3.37000	4.33000	
0:04:00	4:00						2.45500	2.91000	3.38500	4.39000	
0:06:00	6:00						2.46000	2.94500	3.40000	4.47000	
0:15:00	15:00						2.48000	2.97000	3.43000	4.57000	
0:30:00	30:00						2.50000	3.02000	3.46700	4.58000	
1:00:00	60:00						2.55200	3.06000	3.50500	4.64000	
2:00:00	120:00						2.59500	3.10000	3.56000	4.69000	
4:00:00	240:00						2.63500	3.16000	3.60700	4.74000	
8:00:00	480:00						2.68000	3.22500	3.67000	4.80000	
16:00:00	960:00						2.78000	3.29500	3.74000	4.82500	
74:00:00	1440:00						2.74000	3.24000	3.70500	4.85000	
Carga de Inundación	0.050 kg/cm ²	Variación de Altura de muestra: ΔH = 3.01 mm									
Asentamiento (mm)		0.48000	0.71400	0.36000	0.48000	0.88600	0.30000	0.57500	0.43000	0.00000	
		0.93500	1.05500	1.05500	154500	2.43000	2.74000	2.83000	3.32000	3.72500	

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Alto Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1.625	0.0
17.50	NATURAL	0.4800	19.56	1.57	2.4
25.00	NATURAL	0.69500	19.35	1.543	3.5
50.00	NATURAL	1.05500	18.99	1.496	5.3
100.00	NATURAL	1.54500	18.50	1.422	7.7
200.00	NATURAL	2.43000	17.61	1.305	10.3
200.00	INUNDADO	2.74000	17.30	1.276	10.7
300.00	INUNDADO	3.29600	16.74	1.202	16.4
400.00	INUNDADO	3.70500	16.31	1.144	18.6
800.00	INUNDADO	4.86500	15.15	0.995	24.3

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	2100 Kpa
ic:	0.041
ic:	1.5

Grafo de Colapso
igora

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LC-MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI - 47130310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP- 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESTE :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Fojares N°	LC-4003F-01/23-009-002
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	UMA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICHA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
COORDENADAS			
CALCATA	C-03	TAMANO MÁXIMO	1/4 in.
MUESTRA	M-01	CONDICION	SATURADO
PROFUNDIDAD	0.15 - 1.95 m.	NIVEL FREÁTICO	0.25 m.
		ESTE	287501.00 m. E
		NORTE	824627.00 m. N
		CDTA	2824.00 m. S. a. S.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y despues del ensayo		
	Inicial (O)	Final (O)
Peso de tara (g)	28.70	28.70
A. Peso del molde (g)	42.00	42.00
B. Peso del molde + muestra húmeda + tara (g)	105.55	100.55
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	100.30	100.30
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A) \times 100$	28.30 %	22.75 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS METODO A	
F. Fuste (g)	7.00
E. Temperatura (°C)	20.00
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)	0.9982
G. Masa promedio de Fuste calibrado (g)	100.77
H. Volumen promedio de Fuste calibrado (ml)	480.40
I. Masa de fuste + agua a temperatura T (g)	194.24
J. Masa de la fuste + agua + suelo (g)	108.47
K. Masa seca (g)	100.00
L. Gravedad específica de sólidos (G)	2.740
M. Coeficiente de temperatura, K	0.00008
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS A 20 °C	2.74000
N. Gravedad específica (G _s)	2.7000

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)	80.77	76.95
P. Altura (mm)	20.04	15.02
Q. Humedad W (%)	28.300	22.754
R. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)	1.476	1.288
S. Peso Unitario Seco, γd (kN/m ³)	14.40	12.60
T. Relación de vacíos, e	0.875	1.027
U. Grado de Saturación, S (%)	80.83	54.7

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA										
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00
CONDICION (NATURAL / INUNDADO)	(kPa/cm ²)	0.127	0.255	0.510	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)								
0:00:00	0:00	0.0000	0.26700	0.54000	0.55700	0.89000	1.25500	2.78800	0.21000	3.56000
0:00:06	0:06	0.36200	0.54000	0.55700	0.79700	1.00300	2.40700	2.87000	3.23900	3.86700
0:00:15	0:15				0.79700	1.07500	2.42900	2.89000	3.24000	3.83500
0:00:30	0:30				0.79700	1.03900	2.44500	2.89000	3.25800	3.87500
0:00:45	0:45				0.79700	1.05000	2.47800	2.90700	3.25900	3.91000
0:01:00	1:00				0.79500	1.07500	2.50000	2.93000	3.27000	3.86800
0:01:15	1:15				0.79900	1.09900	2.54700	2.94800	3.28200	4.03800
0:01:30	1:30				0.80200	1.05000	2.58500	2.97000	3.29900	4.03000
0:01:45	1:45				0.80900	1.03000	2.60900	2.99700	3.27200	4.06800
0:02:00	2:00				0.80800	1.05000	2.63900	3.02300	3.25500	4.20700
1:00:00	60:00				0.83000	1.07000	2.66800	3.06900	3.26800	4.26200
2:00:00	120:00				0.84100	1.08000	2.69500	3.10200	3.48000	4.30200
4:00:00	240:00				0.85500	1.09000	2.72500	3.13500	3.43300	4.34300
8:00:00	480:00				0.86900	1.09000	2.75000	3.16000	3.47500	4.40000
16:00:00	960:00				0.87950	1.24050	2.76950	3.18065	3.48500	4.46500
24:00:00	1440:00				0.89000	1.25500	2.78900	3.20000	3.51500	4.47000

Carga de agua aplicada	0.050 kPa/cm ²	Variación de Altura de muestra	0.0000
Acentamiento (mm)	P	0.35900	0.17600
	S	0.36200	0.54000

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47161330

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

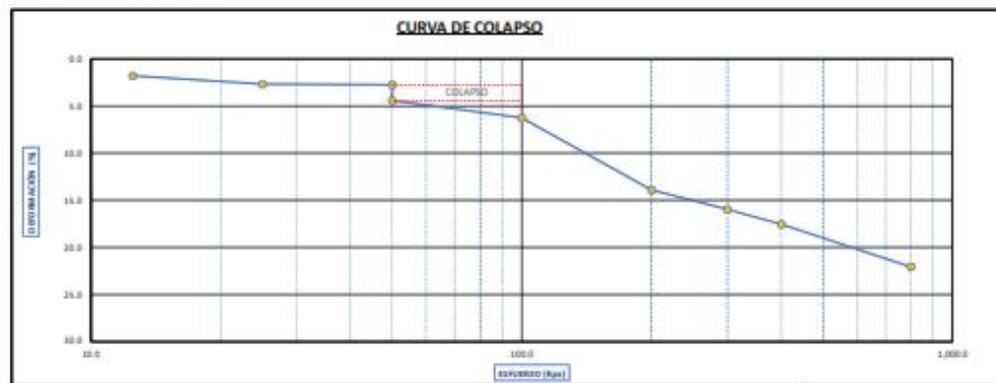
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vel. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	0.875	0.0
07.50	NATURAL	0.36200	19.68	0.842	1.8
25.00	NATURAL	0.54000	19.50	0.825	2.7
50.00	NATURAL	0.55700	19.49	0.824	2.8
50.00	INUNDADO	0.89000	19.15	0.792	4.4
100.00	INUNDADO	1.25500	18.79	0.758	8.3
200.00	INUNDADO	2.70800	17.25	0.645	18.9
300.00	INUNDADO	3.23000	16.84	0.578	19.8
400.00	INUNDADO	3.56000	16.53	0.547	17.5
800.00	INUNDADO	4.42000	15.67	0.462	22.1

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	50 Kpa
ic _n	0.832
ic _e	1.7

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47138310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESTE :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Fojares N°	LC-4003-01/23-009-002
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : UMA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICHA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLA	COORDENADAS	
CALCATA : C - 03	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in.	CONDICION : SUMERSIDO	ESTE : 282501.00 m. E
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.25 m.		NORTE : 8246827.00 m. N
PROFUNDIDAD : 0.15 - 1.95 m.			CDTA : 2824.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (g)	Final (g)
A. Peso de tara (g)	75.33	75.35
B. Peso del molde (g)	42.04	42.04
C. Peso del molde + muestra húmeda + tara (g)	103.30	177.01
D. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	157.70	67.78
E. Contenido de humedad (W%) = $(D-C)/(C-A-Tara) * 100$	78.50 %	22.47 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS METODO A	
F. Fuste (g)	7.01
G. Temperatura (°C)	20.01
H. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)	0.9982
I. Masa promedio de Fuste calibrado (g)	100.77
J. Volumen promedio de Fuste calibrado (ml)	488.48
K. Masa de fuste + agua a temperatura T (g)	194.24
L. Masa de la fuste + agua + suelo (g)	108.47
M. Masa seca (g)	101.01
N. Gravedad específica de sólidos (G)	2.740
O. Coeficiente de temperatura, K	0.00008
P. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C	2.74000
Q. Gravedad específica (G _s) :	2.7000

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
R. Diámetro (mm)	81.77	74.95
S. Altura (mm)	23.04	8.50
T. Humedad W (%)	78.502	22.469
U. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)	1.493	1.230
V. Peso Unitario Seco, γd (kN/m ³)	14.62	12.06
W. Relación de vacíos, e	0.858	1.254
X. Grado de Saturación, S (%)	82.17	48.8

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA										
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	100.00	150.00	200.00	300.00	400.00	600.00
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)	(kPa/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	1.530	2.040	3.060	4.080	6.120
TIEMPO (hora:s)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)								
0:00:00	0:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:06	0:06	0.3300	0.53900	0.80800	1.06700	1.33600	1.60500	1.87400	2.14300	2.41200
0:00:12	0:12									
0:00:18	0:18									
0:00:24	0:24									
0:00:30	0:30									
0:00:36	0:36									
0:00:42	0:42									
0:00:48	0:48									
0:00:54	0:54									
0:01:00	1:00									
0:01:06	1:06									
0:01:12	1:12									
0:01:18	1:18									
0:01:24	1:24									
0:01:30	1:30									
0:01:36	1:36									
0:01:42	1:42									
0:01:48	1:48									
0:01:54	1:54									
0:02:00	2:00									
0:02:06	2:06									
0:02:12	2:12									
0:02:18	2:18									
0:02:24	2:24									
0:02:30	2:30									
0:02:36	2:36									
0:02:42	2:42									
0:02:48	2:48									
0:02:54	2:54									
0:03:00	3:00									
0:03:06	3:06									
0:03:12	3:12									
0:03:18	3:18									
0:03:24	3:24									
0:03:30	3:30									
0:03:36	3:36									
0:03:42	3:42									
0:03:48	3:48									
0:03:54	3:54									
0:04:00	4:00									
0:04:06	4:06									
0:04:12	4:12									
0:04:18	4:18									
0:04:24	4:24									
0:04:30	4:30									
0:04:36	4:36									
0:04:42	4:42									
0:04:48	4:48									
0:04:54	4:54									
0:05:00	5:00									
0:05:06	5:06									
0:05:12	5:12									
0:05:18	5:18									
0:05:24	5:24									
0:05:30	5:30									
0:05:36	5:36									
0:05:42	5:42									
0:05:48	5:48									
0:05:54	5:54									
0:06:00	6:00									
0:06:06	6:06									
0:06:12	6:12									
0:06:18	6:18									
0:06:24	6:24									
0:06:30	6:30									
0:06:36	6:36									
0:06:42	6:42									
0:06:48	6:48									
0:06:54	6:54									
0:07:00	7:00									
0:07:06	7:06									
0:07:12	7:12									
0:07:18	7:18									
0:07:24	7:24									
0:07:30	7:30									
0:07:36	7:36									
0:07:42	7:42									
0:07:48	7:48									
0:07:54	7:54									
0:08:00	8:00									
0:08:06	8:06									
0:08:12	8:12									
0:08:18	8:18									
0:08:24	8:24									
0:08:30	8:30									
0:08:36	8:36									
0:08:42	8:42									
0:08:48	8:48									
0:08:54	8:54									
0:09:00	9:00									
0:09:06	9:06									
0:09:12	9:12									
0:09:18	9:18									
0:09:24	9:24									
0:09:30	9:30									
0:09:36	9:36									
0:09:42	9:42									
0:09:48	9:48									
0:09:54	9:54									
0:10:00	10:00									
0:10:06	10:06									
0:10:12	10:12									
0:10:18	10:18									
0:10:24	10:24									
0:10:30	10:30									
0:10:36	10:36									
0:10:42	10:42									
0:10:48	10:48									
0:10:54	10:54									
0:11:00	11:00									
0:11:06	11:06									
0:11:12	11:12									
0:11:18	11:18									
0:11:24	11:24									
0:11:30	11:30									
0:11:36	11:36									
0:11:42	11:42									
0:11:48	11:48									
0:11:54	11:54									
0:12:00	12:00									

Carga de agua aplicada	0.050 kPa/cm ²	Variación de Altura de muestra								
Acentamiento (mm)	P	0.3300	0.53900	0.80800	1.06700	1.33600	1.60500	1.87400	2.14300	2.41200
	S	0.33000	0.53900	0.80800	1.06700	1.33600	1.60500	1.87400	2.14300	2.41200

[Signature]
Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47161338

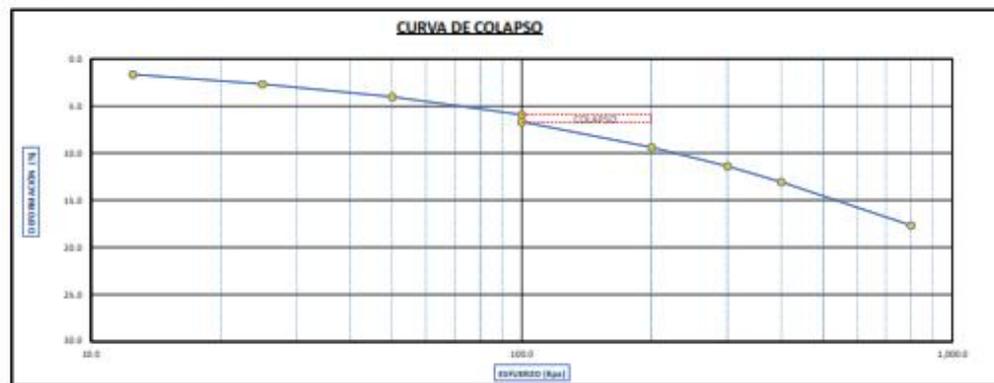
B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Alto Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	0.850	0.0
17.50	NATURAL	0.3300	19.71	0.829	1.7
25.00	NATURAL	0.5300	19.50	0.809	2.7
50.00	NATURAL	0.8800	19.15	0.784	4.0
100.00	NATURAL	1.8800	18.25	0.749	5.9
100.00	INUNDADO	1.3400	18.70	0.795	6.7
200.00	INUNDADO	1.8800	18.16	0.685	8.4
300.00	INUNDADO	2.2850	17.76	0.641	9.8
400.00	INUNDADO	2.6800	17.42	0.616	10.1
800.00	INUNDADO	3.5400	16.50	0.530	17.7

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	100 Kpa
ic-	0.04
ic-	0.8

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESTE :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Fojares N°	LC-4003-01/23-009-002
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	UMA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICHA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
COORDENADAS			
CALCATA	C-03	TAMANO MÁXIMO	1/4 in.
MUESTRA	M-01	CONDICIÓN	SATURADO
PROFUNDIDAD	0.15 - 1.95 m.	NIVEL FREÁTICO	0.25 m.
		ESTE	287501.00 m. E
		NORTE	824627.00 m. N
		CDTA	2824.00 m. S. a. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (g)	Final (g)
Peso de tara (g)	29.77	28.27
A. Peso del molde (g)	42.00	42.00
B. Peso del molde + muestra húmeda + tara (g)	104.27	116.70
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	108.00	108.00
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A) \times 100$	29.36 %	23.56 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS METODO A	
F. Fuste (g)	7.00
E. Temperatura (°C)	20.00
F. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)	0.9982
G. Masa promedio de Fuste calibrado (g)	100.77
H. Volumen promedio de Fuste calibrado (ml)	480.48
I. Masa de fuste + agua a temperatura T (g)	194.24
J. Masa de la fuste + agua + suelo (g)	108.47
K. Masa seca (g)	100.00
L. Gravedad específica de sólidos (G)	2.7400
M. Coeficiente de temperatura, K	0.00000
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C	2.74000
N. Gravedad específica (G _s)	2.7000

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)	81.77	76.95
P. Altura (mm)	20.04	16.78
Q. Humedad W (%)	29.361	23.562
R. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)	1.458	1.217
S. Peso Unitario Seco, γd (kN/m ³)	14.78	11.94
T. Relación de vacíos, e	0.903	1.277
U. Grado de Saturación, S (%)	90.00	51.1

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA																	
CARGA	(kPa)	12.50		25.00		50.00		100.00		200.00		300.00		400.00		800.00	
		NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO	NATURAL	INUNDADO
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)															
0:00:00	0:00	0.0000	0.22700	0.54500	0.82500	1.09000	1.70000	1.99200	2.42200	2.76000	3.75000						
0:00:06	6:00	0.32700	0.54500	0.82500	1.09000	1.70000	1.99200	2.42200	2.76000	3.08000	3.16500						
0:00:05	0:15																
0:00:30	0:30																
0:00:00	1:00																
0:02:00	2:00																
0:04:00	4:00																
0:08:00	8:00																
0:15:00	15:00																
0:33:00	33:00																
1:00:00	60:00																
2:00:00	120:00																
4:00:00	240:00																
8:00:00	480:00																
16:00:00	960:00																
24:00:00	1440:00																

Carga de agua freática		0.050 kg/cm ²		Variación de altura de muestra		0.40000		0.25000		0.16000		0.10000		0.06000		0.04000	
Acentamiento (mm)	P	0.32700	0.54500	0.82500	0.36600	0.53000	0.79200	0.44000	0.25000	0.16000	0.10000	0.06000	0.04000	0.03000	0.02000	0.01000	0.00000
	S	0.32700	0.54500	0.82500	1.09000	1.70000	1.99200	2.42200	2.76000	3.08000	3.16500	3.75000	3.75000	3.75000	3.75000	3.75000	3.75000

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47161338

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	0.903	0.0
07.50	NATURAL	0.32200	19.72	0.870	1.6
25.00	NATURAL	0.5600	19.50	0.854	2.6
50.00	NATURAL	0.87500	19.27	0.825	4.1
100.00	NATURAL	1.0800	19.05	0.790	5.9
200.00	NATURAL	1.29000	18.71	0.733	8.6
300.00	INUNDADO	1.93200	18.05	0.796	9.9
300.00	INUNDADO	2.43200	17.61	0.672	12.1
400.00	INUNDADO	2.79000	17.25	0.620	13.8
800.00	INUNDADO	3.75800	16.28	0.547	18.8

Índice de Colapso (ic)	
Condición	Inundado
Presión	2100 Kpa
ic:	0.025
ic:	1.3

Grado de Colapso
ligero

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	: UC, K0CF-1/22-010-03C
		Fecha	: 16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LAGUNA DE ORDADÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICHOCA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLA		COORDENADAS
CALICATA : C - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4 m.	CONDICIÓN : EN SUMERGIR	ESTE : 282501.00 m. E.
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : 0.25 m.		NORTE : 8246827.00 m. N.
PROFUNDIDAD : 0.15 - 1.65 m.			COTA : 2824.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (Tg)	71.90	71.90
A. Peso del molde (g)	42.87	42.87
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	212.84	210.87
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	181.03	181.03
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) \times 100$	49.52 %	37.00 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
Fleto N°		1-01
E. Temperatura (°C)		20.43
F. Densidad de Agua a Temperatura, T (g/ml)		0.9982
N. Gravedad específica (Gs)		2.7100

3- DATOS DEL ESPECIMEN		Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)		38.77	34.35
P. Altura (mm)		23.04	15.39
Q. Humedad W (%)		49.527	37.007
R. Densidad Seca, Pd (g/cm ³)		1.033	0.976
S. Peso Unitario Seco, γd (kN/m ³)		10.02	9.57
T. Relación de vacíos, e		1.58	1.839
U. Grado de Saturación, S (%)		90.75	58.0

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(Kpa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00	3200.00
	(Kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.030	3.050	4.070	8.150	16.300	32.600
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.56000	0.83000	1.07000	1.47000	2.40000	2.99700	3.60000	4.05000	5.20000	5.20000
0:00:05	0:10	0.66000	0.90000	1.07000	1.60000	2.25000	3.00000	3.65000	4.20000		
0:00:15	0:25	0.72000	0.92000	1.07000	1.62000	2.29000	3.00000	3.65500	4.25000		
0:00:20	0:50	0.82000	0.96000	1.07000	1.64000	2.32000	3.02000	3.66000	4.30000		
0:00:30	1:00	0.78000	0.92000	1.07000	1.68000	2.28500	3.04500	3.67000	4.30000		
0:02:00	2:30	0.72000	0.93500	1.07000	1.75000	2.44000	3.07500	3.69500	4.48500		
0:04:00	4:00	0.73000	0.94700	1.07000	1.75000	2.52700	3.08000	3.70000	4.60000		
0:08:00	8:00	0.74000	0.96000	1.07000	1.79700	2.59400	3.24500	3.72500	4.73000		
0:15:00	15:00	0.75000	0.97000	1.07000	1.82000	2.65000	3.29000	3.75000	4.80000		
0:30:00	30:00	0.76700	0.98500	1.07000	1.87000	2.70000	3.32000	3.78000	4.87000		
1:00:00	60:00	0.77600	1.00600	1.07000	1.90000	2.76500	3.39000	3.82500	4.96000		
2:00:00	120:00	0.78000	1.02000	1.07000	1.94500	2.82700	3.43700	3.88000	5.03000		
4:00:00	240:00	0.80000	1.04500	1.07000	1.94000	2.88000	3.49000	3.93000	5.09000		
8:00:00	480:00	0.80000	1.06200	1.07000	2.02900	2.92000	3.54000	3.98000	5.14000		
16:00:00	960:00	0.82200	1.07000	1.07000	2.06500	2.96300	3.58700	4.02500	5.19000		
24:00:00	1440:00	0.82800	1.07000	1.47000	2.40000	2.99700	3.62000	4.05000	5.20000		

Carga de asentamiento :	4.983 Kpa =	0.050 Kg/cm ²	Variación de Altura de muestra ΔH = 4.9730 mm								
Acentuamiento (mm)	0.27000	0.14000	0.39400	0.62000	0.89700	0.95900	0.40000	1.69000	1.69000	5.20000	

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47116138

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.50000	20.04	1.50	0.0
07.50	NATURAL	0.82000	19.76	1.476	3.4
25.00	NATURAL	1.09700	19.51	1.445	7.6
50.00	NATURAL	1.47000	19.13	1.397	14.5
100.00	NATURAL	2.40000	18.50	1.300	27.7
200.00	NATURAL	3.39700	17.60	1.206	42.2
300.00	NATURAL	3.92000	16.89	1.079	56.2
400.00	NATURAL	4.05000	16.55	1.074	57.4
800.00	NATURAL	5.27000	15.29	0.929	73.2
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C



Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47190350

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.



ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	: LC 4007-6/22-046-082
		Fecha	: 05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LACUNA DE OMBACIÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAO TIENCA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLA
CALCATA	: C - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/4 in.
MUESTRA	: M - 01	CONDICIÓN	: SALTERADO
PROFUNDIDAD	: 0.15 - 1.95 m.	NIVEL FREÁTICO	: 0.25 m.
		COORDENADAS	
		ESTE	: 287501.00 m. E
		NORTE	: 8746927.00 m. N
		CDTA	: 2874.00 m. S. O. M.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Detos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (0)	Final (0)
Peso de tara (g)	75.00	75.00
A. Peso del envile (g)	42.00	42.00
B. Peso del envile + muestra húmeda + Tara (g)	199.70	156.5
C. Peso del envile + muestra seca + tara (g)	153.97	153.97
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A-Tara) \times 100$	40.54 %	38.80 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
Fuete W°		7.01
E. Temperatura (°C)		70.01
F. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)		0.9992
H. Gravedad específica (G _s)		2.700

3- DATOS DEL ESPÉCIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)	51.77	74.95
P. Altura (mm)	29.04	15.25
Q. Humedad W (%)	48.538	38.598
R. Densidad Seca, P _d (g/cm ³)	1.00	0.987
S. Peso Unitario Seco, γ _d (kN/m ³)	10.78	9.63
T. Relación de vacios, e	1.58	1.821
U. Grado de Saturación, S (%)	80.38	55.7

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(kpa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	800.00	1600.00	3200.00
	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	8.158	16.316	32.631
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)		INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO		
TIEMPO (hora)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00		0.76900	1.00500	1.25300	1.66500	3.16900	3.89000	4.22300	5.19300	5.18300
0:00:05	0:05	0.59800	0.39500	1.08000	1.46500	2.37000	2.75300	3.83000	4.42000		
0:00:15	0:15	0.62700	0.87500	1.09000	1.48500	2.40000	2.76500	3.84000	4.45000		
0:00:30	0:30	0.64600	0.83000	1.09000	1.50000	2.43000	2.78900	3.84500	4.48000		
0:01:00	1:00	0.65000	0.84800	1.07000	1.52500	2.48300	3.30000	3.85000	4.55000		
0:01:30	1:30	0.65200	0.85500	1.08000	1.55700	2.53700	3.30000	3.86500	4.65500		
0:02:00	2:00	0.68000	0.87000	1.05000	1.58300	2.63000	3.27000	3.88000	4.76500		
0:02:30	2:30	0.69000	0.88800	1.03000	1.63700	2.69300	3.40500	3.90000	4.86000		
0:03:00	3:00	0.70000	0.90000	1.05000	1.69000	2.76000	3.46000	3.93000	4.95900		
0:03:30	3:30	0.70000	0.90000	1.27000	1.72300	2.85900	3.49000	3.96000	5.05000		
0:04:00	4:00	0.72000	0.93000	1.24500	1.76000	2.92700	3.56900	4.05500	5.15000		
0:04:30	4:30	0.73000	0.95000	1.29000	1.81000	2.97000	3.67000	4.05000	5.21000		
0:05:00	5:00	0.73000	0.95000	1.39000	1.85700	3.02700	3.68900	4.08000	5.26700		
0:06:00	6:00	0.75000	0.98500	1.37000	1.90000	3.08000	3.76500	4.16500	5.33000		
0:07:00	7:00	0.75000	0.98000	1.35000	1.93400	3.03000	3.76000	4.20000	5.35300		
0:08:00	8:00	0.76900	1.00500	1.35000	1.96500	3.08000	3.80000	4.22000	5.39300		
Carga de asentamiento =		4.083 Kpa =	0.050 Kg/cm ²		Variación de Altura de muestra ΔH = 4.8740 mm						
Asentamiento (mm)		0.17000	0.34800	0.67000	1.29400	2.51000	3.51000	4.43000	5.21000	5.82000	6.26000
		0.70000	0.40600	0.75400	1.36600	2.57000	3.22000	3.54000	4.79400		

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47116158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (cc)	Deform. Vertical (%)
0.00	INICIAL	0.00000	20.04	1.510	0.0
0.50	INUNDADO	0.70000	19.87	1.487	0.8
25.00	INUNDADO	0.40000	19.62	1.460	2.0
50.00	INUNDADO	0.75400	19.29	1.424	3.8
100.00	INUNDADO	1.04600	18.87	1.347	8.8
200.00	INUNDADO	2.57000	17.43	1.196	22.8
300.00	INUNDADO	3.79000	16.84	1.116	36.0
400.00	INUNDADO	3.82400	16.41	1.062	48.1
800.00	INUNDADO	4.78400	15.25	0.886	72.9
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNE: 47336310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	: LC 4007-9/27-06-092
		Fecha	: 06 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LAGUNA DE UBICACIÓN - BORDO LACUSTRE DEL LADO TIERRICA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYMA FUENTES CALLATA	COORDENADAS	
CALICATA : C - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4 m.	CONDICIÓN : INDICADA	ESTE : 282501.00 m. E.
MUESTRA : M - 01	NIVEL FREÁTICO : -0.25 m.		NORTE : 8246927.00 m. N.
PROFUNDIDAD : 0.25 - 1.65 m.			CDTA : 2824.00 m. S. O. O.

CAPSA HUMEDAD NATURAL			CARGA - CON INUNDACIÓN			COLAPSO - HINCHAMIENTO				
I - ETAPA DE CARGA			I - ETAPA DE CARGA			COLAPSO - HINCHAMIENTO				
Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Carga (Kpa)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)	Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO Δ / COLAPSO	Δ Rel. de vacíos (Δe)	Índice de Colapso (Ic)	Estado de Colapso
0.00	1.594	0.0000	0.00	1.585	0.0000	0.0000		-0.01	-0.2818086	-
25.00	1.4765	1.3922	25.00	1.4873	0.8483	0.5439	HINCHAMIENTO	-0.02	-0.83704244	-
50.00	1.4454	2.8297	50.00	1.4676	2.0250	0.8838	HINCHAMIENTO	-0.02	-0.93627570	-
100.00	1.3970	4.5450	100.00	1.4220	3.7625	0.7824	HINCHAMIENTO	-0.03	-1.0425097	-
200.00	1.3085	7.6846	200.00	1.3470	6.8964	0.8660	HINCHAMIENTO	-0.03	-1.22294094	-
300.00	1.206	12.807	300.00	1.858	12.8244	-0.6537	COLAPSO	0.03	0.478902625	Signa
400.00	1.1291	16.7345	400.00	1.965	15.9701	-0.7385	COLAPSO	0.03	0.58756774	Signa
600.00	1.0738	17.4304	600.00	1.9621	18.1327	-0.7036	COLAPSO	0.03	0.548048963	Signa
800.00	0.9284	23.7026	800.00	0.963	23.9777	-0.7086	COLAPSO	0.03	0.60950967	Signa
1000.00			1000.00							

B- PRESION DE PRECONSOLIDACION



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Marycarmen Condory

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI: 47186158

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gomez Calla

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TEMA :	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° :	UC 0001-0/12-01-000
		Fecha :	05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALECÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY SHAYMA FUENTES CALLA
CAUCATA	C-02	TAMANO MÁXIMO	Nº 8
MUESTRA	M-01	NIVEL FREÁTICO	-0.40 m
PROFUNDIDAD	0.20 - 1.50 m	CONDICION	CON SILENCIO
		COORDENADAS	
		ESTE	: 284000.71 m. E
		NORTE	: 824840.24 m. N
		CDTA	: 2823.00 m. S. S. M.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	25.00	25.00
A. Peso del molde (g)	42.38	42.38
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	153.88	142.88
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	130.87	120.87
D. Contenido de humedad (W%) = (B-C)/(C-A)*100	68.70 %	40.43 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS METODO A	
F. Falso (P)	7.01
G. Temperatura (°C)	23.00
H. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)	0.9982
I. Masa promedio de Falso calibrado (g)	100.77
J. Volumen promedio de Falso calibrado (ml)	490.40
K. Masa de Falso + agua a temperatura T (g)	104.35
L. Masa de la Falso + agua + suelo (g)	108.42
M. Masa seca (g)	105.18
N. Gravedad específica de sólidos (G)	2.746
O. Coeficiente de temperatura, K	0.00008
P. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS A 20 °C	2.74600
Q. Gravedad específica (G _s) :	2.7100

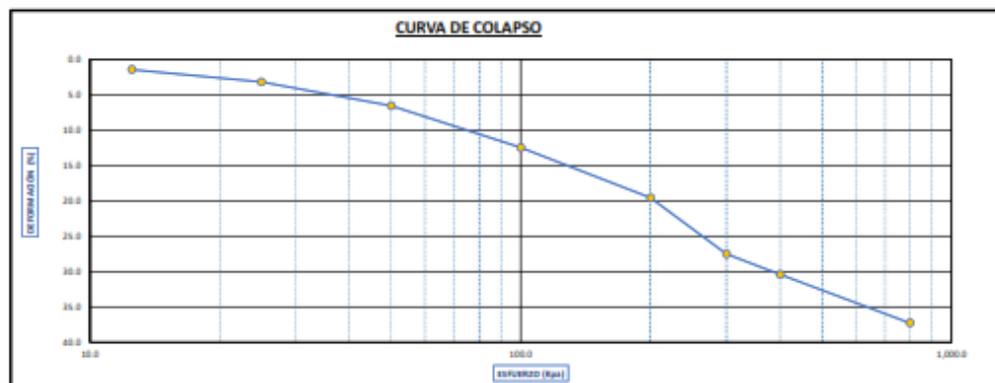
3- DATOS DEL ESPÉCIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
R. Diámetro (mm)	38.77	34.95
S. Altura (mm)	23.04	12.57
T. Humedad W (%)	68.888	40.428
U. Densidad Seca, Pd (g/cm³)	0.879	0.951
V. Peso Unitario Seco, γd (kN/m³)	8.02	9.33
W. Relación de vacíos, e	2.64	1.82
X. Grado de Saturación, S (%)	85.77	58.8

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA												
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00
	(kg/cm²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.030	3.050	4.070	6.100	8.150	10.200	12.250
CONDICION (NATURAL / HUNDADO)		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
TIEMPO (min)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)										
0:00:00	0:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:05	0:05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:10	0:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:15	0:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:20	0:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:25	0:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:30	0:30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:35	0:35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:40	0:40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:45	0:45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:50	0:50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:00:55	0:55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:00	1:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:05	1:05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:10	1:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:15	1:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:20	1:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:25	1:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:30	1:30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:35	1:35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:40	1:40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:45	1:45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:50	1:50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:01:55	1:55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:00	2:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:05	2:05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:10	2:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:15	2:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:20	2:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:25	2:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:30	2:30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:35	2:35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:40	2:40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:45	2:45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:50	2:50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:02:55	2:55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:00	3:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:05	3:05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:10	3:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:15	3:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:20	3:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:25	3:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:30	3:30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:35	3:35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:40	3:40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:45	3:45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:50	3:50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:03:55	3:55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:00	4:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:05	4:05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:10	4:10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:15	4:15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:20	4:20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:25	4:25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:30	4:30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:35	4:35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:40	4:40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:45	4:45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:50	4:50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:04:55	4:55	0.0000	0.									

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	2.154	0.0
12.50	NATURAL	0.4000	19.75	2.000	1.5
25.00	NATURAL	0.82500	19.40	2.053	3.2
50.00	NATURAL	1.5000	18.72	1.946	6.6
100.00	NATURAL	2.60000	17.54	1.763	12.5
200.00	NATURAL	4.1000	16.11	1.530	18.6
300.00	NATURAL	5.70000	14.57	1.286	27.5
400.00	NATURAL	6.20000	13.94	1.095	30.4
800.00	NATURAL	7.66200	12.57	0.878	37.3
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47136710

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESES	: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	: UC 0001-0/12-01-000
		Fecha	: 05 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALECÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Bach. I.C. KELLY SHAYMA PUEBLES CALLA
CAUCATA	: C - 02	TAMANO MÁXIMO	: Nº 8
MUESTRA	: M - 01	NIVEL FREÁTICO	: -0.43 m
PROFUNDIDAD	: 0.20 - 1.50 m	CONDICION	: SUMERGIDO
		COORDENADAS	
		ESTE	: 284955.71 m. E
		NORTE	: 824840.24 m. N
		CDTA	: 2823.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	41.99	41.99
A. Peso del molde (g)	42.99	42.99
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	171.99	171.99
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	154.95	154.95
D. Contenido de humedad (W%) = $(B-C)/(C-A) \times 100$	41.20 %	32.80 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS METODO A	
F. Fieles (P)	7.31
E. Temperatura (°C)	20.15
F. Densidad de Agua a Temperatura T (g/ml)	0.9982
G. Masa promedio de Fieles calibrado (g)	105.77
H. Volumen promedio de Fieles calibrado (ml)	490.48
I. Masa de Fieles + agua a temperatura T (g)	1054.24
J. Masa de la Fieles + agua + suelo (g)	208.42
K. Masa seca (g)	105.15
L. Gravedad específica de sólidos (G)	2.705
M. Coeficiente de temperatura, K	0.00008
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS A 20 °C	2.74600
N. Gravedad específica (Gc)	2.7100

3- DATOS DEL ESPECIMEN		
	Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
O. Diámetro (mm)	51.77	74.95
P. Altura (mm)	70.04	16.48
Q. Humedad W (%)	41.200	32.800
R. Densidad Seca, Pd (g/cm³)	1.867	0.963
S. Peso Unitario Seco, γd (kN/m³)	18.45	9.43
T. Relación de vacíos, e	1.374	1.877
U. Grado de Saturación, S (%)	82.43	48.1

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(kPa)	12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	600.00	800.00	1000.00
	(kg/cm²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.030	3.050	4.070	6.100	8.160	10.200
CONDICION (NATURAL / INUNDADO)		INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO	INUNDADO
TIEMPO (horas)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.17500	0.22300	0.52500	0.76000	1.21000	1.89200	2.38900	2.79500	3.22200	3.72200
0:00:05	0:05	0.18000	0.40500	0.62000	0.94600	1.45000	1.99000	2.48000	3.00000	3.49000	3.99000
0:00:10	0:10	0.18000	0.40000	0.62900	0.95500	1.45000	2.00000	2.47000	3.00000	3.49000	3.99000
0:00:20	0:20	0.21000	0.40700	0.63800	0.97000	1.51000	2.03000	2.47500	3.00000	3.49000	3.99000
0:00:30	0:30	0.21000	0.42700	0.64800	0.98500	1.52000	2.04000	2.43000	3.00000	3.49000	3.99000
0:01:00	1:00	0.24000	0.43000	0.64800	0.99000	1.56500	2.04500	2.44000	3.00000	3.49000	3.99000
0:01:30	1:30	0.27500	0.43700	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:02:00	2:00	0.27500	0.44500	0.68000	1.04800	1.62300	2.06000	2.47000	3.00000	3.49000	3.99000
0:02:30	2:30	0.27500	0.45300	0.69500	1.06900	1.65500	2.07000	2.50000	3.00000	3.49000	3.99000
0:03:00	3:00	0.24000	0.46000	0.70500	1.08500	1.69000	2.08000	2.52000	3.00000	3.49000	3.99000
0:03:30	3:30	0.25500	0.47000	0.72000	1.10200	1.72700	2.09000	2.53000	3.00000	3.49000	3.99000
0:04:00	4:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:04:30	4:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:05:00	5:00	0.27500	0.45300	0.69500	1.06900	1.65500	2.07000	2.50000	3.00000	3.49000	3.99000
0:05:30	5:30	0.24000	0.46000	0.70500	1.08500	1.69000	2.08000	2.52000	3.00000	3.49000	3.99000
0:06:00	6:00	0.25500	0.47000	0.72000	1.10200	1.72700	2.09000	2.53000	3.00000	3.49000	3.99000
0:06:30	6:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:07:00	7:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:07:30	7:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:08:00	8:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:08:30	8:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:09:00	9:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:09:30	9:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:10:00	10:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:10:30	10:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:11:00	11:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:11:30	11:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:12:00	12:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:12:30	12:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:13:00	13:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:13:30	13:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:14:00	14:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:14:30	14:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:15:00	15:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:15:30	15:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:16:00	16:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:16:30	16:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:17:00	17:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:17:30	17:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:18:00	18:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:18:30	18:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:19:00	19:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:19:30	19:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:20:00	20:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:20:30	20:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:21:00	21:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:21:30	21:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:22:00	22:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:22:30	22:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:23:00	23:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:23:30	23:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:24:00	24:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:24:30	24:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:25:00	25:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:25:30	25:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:26:00	26:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:26:30	26:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:27:00	27:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:27:30	27:30	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200	3.00000	3.49000	3.99000
0:28:00	28:00	0.27500	0.47000	0.66000	1.02700	1.60000	2.05000	2.45200			

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vol. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.17500	20.34	1.276	0.0
02.50	INUNDADO	0.37200	19.89	1.251	0.7
7.5.00	INUNDADO	0.57500	19.69	1.223	1.7
50.00	INUNDADO	0.76000	19.43	1.201	2.1
100.00	INUNDADO	1.21000	18.90	1.151	5.2
200.00	INUNDADO	1.85700	18.22	1.073	8.6
300.00	INUNDADO	2.26800	17.85	1.04	10.9
400.00	INUNDADO	2.72500	17.48	1.013	12.8
800.00	INUNDADO	3.77200	16.48	0.954	17.7
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47336310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A UNPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUÑO	Registro N° : DE 0007-8/22-01-686 Fecha : 05 de Noviembre del 2022
--	---

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : MALICÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TICACA DE LA CIUDAD DE PUÑO - PROV. PUÑO - DEP. PUÑO			
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL CALICATA : C - 02 MUESTRA : M - 01 PROFUNDIDAD : 0.20 - 1.50 m	SOLICITANTE : Bach. L.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA TAMANO MÁXIMO : Nº 8 NIVEL PRÁCTICO : 0.40 m	COORDENADAS : ESTE : 784950.71 m. E NORTE : 824940.24 m. N CDTA : 2823.10 m. s. n. m.	

CARGA - HUMEDAD NATURAL			CARGA - CON INUNDACION			COLAPSO - HINCHAMIENTO				
I - ETAPA DE CARGA			I - ETAPA DE CARGA			COLAPSO - HINCHAMIENTO				
Carga (Kpa)	Rel. de vacios (e)	Deform. Vertical (%)	Carga (Kpa)	Rel. de vacios (e)	Deform. Vertical (%)	Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO Δ / COLAPSO	Δ Rel. de vacios (Δe)	Indice de Colapso (Ic)	Grado de Colapso
0.00	2.6540	0.0000	0.00	1.2742	0.0000	0.0000		0.76	28.21026071	Severo
07.50	2.6883	1.4521	0.50	1.2567	0.7285	0.7026	HINCHAMIENTO	0.76	27.50803553	Severo
25.00	2.0524	2.2886	2.50	1.3227	1.7465	1.4721	HINCHAMIENTO	0.72	26.73277108	Severo
50.00	1.8462	6.5308	50.00	1.3094	3.0689	2.5230	HINCHAMIENTO	0.64	24.57898007	Severo
100.00	1.7627	12.4750	100.00	1.2545	5.1697	7.2854	HINCHAMIENTO	0.54	20.24888932	Severo
200.00	1.5250	41.6050	200.00	1.0703	8.5670	8.0279	HINCHAMIENTO	0.37	16.582430	Severo
300.00	1.2957	77.5389	300.00	1.044	10.9480	16.5910	HINCHAMIENTO	0.27	7.78230387	moderadamente grave
400.00	1.0948	100.4231	400.00	1.0270	12.7742	17.6547	HINCHAMIENTO	0.12	5.76580523	Moderado
600.00	0.9784	127.2854	600.00	0.9547	17.6386	18.5858	HINCHAMIENTO	0.01	1.23740081	ligero
800.00			800.00							
1000.00			1000.00							

B - PRESION DE PRECONSOLIDACION



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Mary Carmen Yana Condory

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186158

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

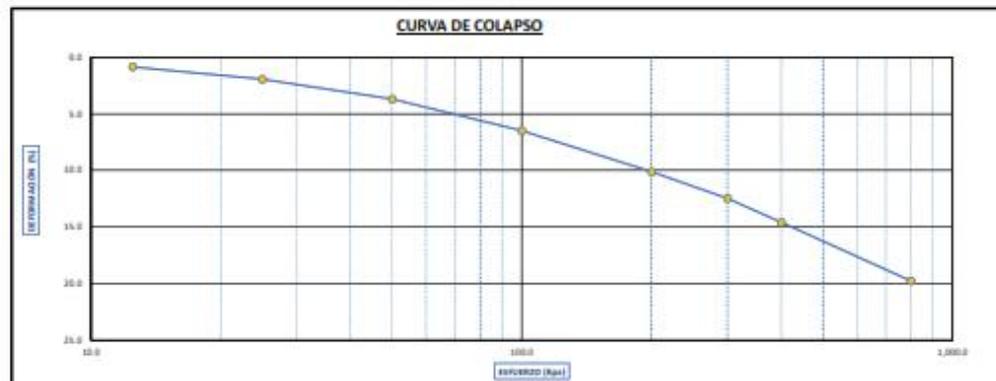
Alex Luis Gomez Calla

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Vel. de vacíos (g)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	1.063	0.0
0.50	NATURAL	0.7000	19.87	1.046	0.8
2.5.00	NATURAL	0.38000	19.65	1.073	1.8
50.00	NATURAL	0.74200	19.30	0.987	3.7
100.00	NATURAL	1.30700	18.74	0.979	6.5
200.00	NATURAL	2.03000	18.01	0.854	10.1
300.00	NATURAL	2.59000	17.54	0.806	12.5
400.00	NATURAL	2.92000	17.0	0.763	14.6
800.00	NATURAL	3.96000	16.08	0.656	19.8
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47136930

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176



MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
 STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO		Registro N° : UC 1003-8/22-00-69C Fecha : 05 de Noviembre del 2022
DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : UMA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL CAUCITA : C - 02 MUESTRA : M - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.55 m	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY EMAYANA FUENTES CALLADA TAMAÑO MÁXIMO : Nº 8 NIVEL FREÁTICO : 0.10 m	COORDENADAS ESTE : 28030.87 m. E NORTE : 8248805.65 m. N CDTA : 2822.00 m. s. n. m.

1- CONTENIDO DE HUMEDAD		
Datos de la muestra antes y después del ensayo		
	Inicial (I)	Final (F)
Peso de tara (g)	0.00	0.00
A. Peso del molde (g)	42.00	42.00
B. Peso del molde + muestra húmeda + Tara (g)	234.00	234.00
C. Peso del molde + muestra seca + tara (g)	207.70	207.70
D. Contenido de humedad (W%) = ((B-C)/(C-A-Tara))*100	31.69 %	20.07 %

2- GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS		METODO A
F. Folio Nº		7-01
E. Temperatura (°C)		20.70
F. Densidad de Agua a temperatura T (g/ml)		0.9982
G. Masa promedio de Falso calibrado (g)		105.77
H. Volumen promedio de Falso calibrado (ml)		499.48
I. Masa de Falso + agua a temperatura T (g)		194.24
J. Masa de Falso + agua + suelo (g)		708.42
K. Masa seca (g)		193.00
L. Gravedad específica de sólidos, G _s		2.742
M. Coeficiente de temperatura, K		0.00090
N. GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS A 20 °C		2.74000
O. Gravedad específica (G _s)		2.7000

3- DATOS DEL ESPÉCIMEN		Al Iniciar el Ensayo	Al Finalizar el Ensayo
D. Diámetro (mm)		31.77	24.95
P. Altura (mm)		25.04	16.34
Q. Humedad W (%)		31.698	20.072
R. Densidad Seca, P _d (g/cm ³)		1.386	1.055
S. Peso Unitario Seco, γ _d (kN/m ³)		13.59	8.32
T. Relación de vacíos, e		0.930	1.400
U. Grado de Saturación, S (%)		87.87	59.7

4- REGISTRO DE DATOS DE ETAPA DE CARGA											
CARGA	(kpa)	CARGA									
		12.50	25.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	600.00	800.00	1000.00
CONDICIÓN (NATURAL / INUNDADO)	(kg/cm ²)	0.127	0.255	0.510	1.020	2.039	3.059	4.079	6.158	8.236	10.313
TIEMPO (min)	TIEMPO (min)	Deformación (mm)									
0:00:00	0:00	0.0000	0.2400	0.44200	0.76800	1.27500	1.99000	2.42700	2.85000	3.80000	4.80000
0:00:05	0:05	0.17500	0.30800	0.53800	0.98000	1.44700	2.02000	2.47800	3.48000	4.48000	
0:00:10	0:10	0.03000	0.30900	0.54800	0.97900	1.47500	2.03000	2.48000	3.21000	4.21000	
0:00:15	0:15	0.14000	0.30700	0.54000	0.93000	1.49000	2.34000	2.48700	3.23800	4.23800	
0:00:20	0:20	0.18000	0.39600	0.57000	0.95800	1.52000	2.05000	2.49900	3.27800	4.27800	
0:02:00	2:00	0.45000	0.27800	0.58500	0.97500	1.55000	2.07900	2.58800	3.25500	4.25500	
0:04:00	4:00	0.17500	0.27700	0.59000	1.00000	1.58700	2.09000	2.58000	3.28800	4.28800	
0:06:00	6:00	0.19200	0.25800	0.60000	1.00000	1.62500	2.10000	2.54000	3.48000	4.48000	
0:10:00	10:00	0.09700	0.26700	0.63000	1.05700	1.68000	2.08000	2.59000	3.57000	4.57000	
0:18:00	18:00	0.20700	0.27600	0.65300	1.07000	1.71000	2.22000	2.58000	3.57000	4.57000	
0:30:00	30:00	0.21500	0.28900	0.67800	1.00000	1.78200	2.29000	2.62500	3.63000	4.63000	
0:40:00	40:00	0.20100	0.40600	0.68900	1.07900	1.82700	2.38500	2.67900	3.68500	4.68500	
0:50:00	50:00	0.27000	0.40000	0.70500	1.06800	1.86300	2.34800	2.70000	3.70000	4.70000	
0:55:00	55:00	0.22700	0.42800	0.72500	1.08000	1.88000	2.37000	2.75800	3.76300	4.76300	
1:00:00	1:00:00	0.23400	0.43500	0.75600	1.07000	1.93000	2.40000	2.86400	3.78500	4.78500	
1:40:00	1:40:00	0.24000	0.44200	0.76800	1.07500	1.96000	2.42700	2.85000	3.80000	4.80000	
Carga de Inundación: 0.050 kg/cm ² Variación de altura de muestra: 0.0 - 2.0 mm											
Asentamiento (mm)		0.19000	0.20800	0.21500	0.45700	0.72500	0.47500	0.48000	0.96000	1.40000	1.80000

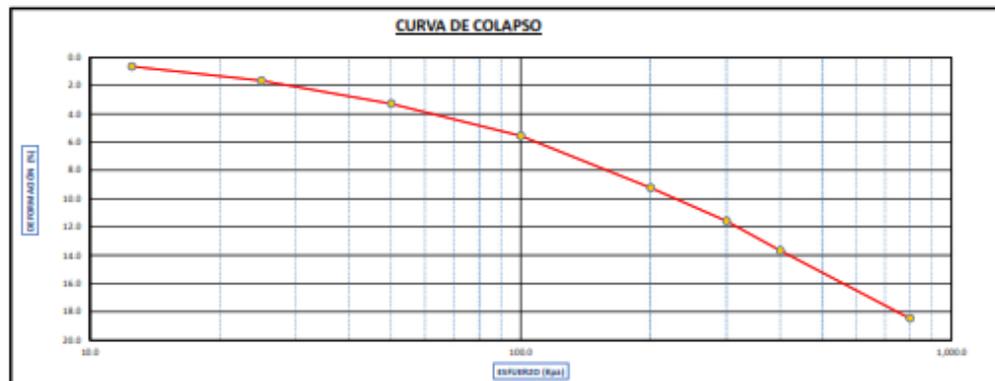
Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 4716158

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

B-CÁLCULO DE ETAPA DE CARGA

Carga (Kpa)	Condición de la Muestra	Asentamiento (mm)	Altura Final del espécimen (mm)	Rel. de vacíos (e)	Deform. Vertical (%)
0.00	NATURAL	0.0000	20.04	0.999	0.0
12.50	INUNDADO	0.2400	19.81	0.986	0.7
25.00	INUNDADO	0.44200	19.71	0.966	1.7
50.00	INUNDADO	0.76800	19.38	0.933	3.3
100.00	INUNDADO	1.27500	18.93	0.889	5.6
200.00	INUNDADO	1.96000	18.19	0.816	9.7
300.00	INUNDADO	2.43200	17.72	0.767	16.6
400.00	INUNDADO	2.85000	17.30	0.726	23.7
800.00	INUNDADO	3.80000	16.34	0.620	38.5
1600.00					
3200.00					

B-PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 47130310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

MEDICION DEL POTENCIAL DE COLAPSO DE SUELOS
STANDARD TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF COLLAPSE POTENTIAL OF SOILS ASTM D5333-03

TESIS : DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC 1003-8/22-00-08C Fecha : 05 de Noviembre del 2022
--	---

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : LINA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TRUJICA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO			
PRECEDENCIA : SUELO NATURAL CAUCIATA : C - 03 MUESTRA : M - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.55 m.	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY SHAYANA FUENTES CALLADA TAMANO MÁXIMO : N° 8 NIVEL FREÁTICO : 0.10 m.	COORDENADAS ESTE : 28030.87 m. E NORTE : 8248805.65 m. N CDTA : 3823.00 m. s. n. m.	

CARGA-HUMEDAD NATURAL			CARGA - CON INUNDACION			COLAPSO - HINCHAMIENTO				
1- ETAPA DE CARGA			1- ETAPA DE CARGA			2- ETAPA DE CARGA				
Carga (Kpa)	Rel. de vacios (e)	Deform. Vertical (%)	Carga (Kpa)	Rel. de vacios (e)	Deform. Vertical (%)	Δ Deform. Vertical (%)	HINCHAMIENTO Δ / COLAPSO	Δ Rel. de vacios (Δe)	Indice de Colapso (Ic)	Grado de Colapso
0.00	1.9633	0.0000	0.00	0.9989	0.0000	0.0000		0.00	3.7736826	Moderado
12.50	1.8468	0.8422	12.50	0.9858	0.6537	0.6966	HINCHAMIENTO	0.06	2.8872888	Moderado
25.00	1.8234	1.3361	25.00	0.9658	1.6567	0.7794	HINCHAMIENTO	0.06	2.8887794	Moderado
50.00	0.9878	2.9976	50.00	0.9333	2.7834	0.4462	HINCHAMIENTO	0.05	2.7431084	Moderado
100.00	0.8294	6.4870	100.00	0.8877	5.5626	0.9208	HINCHAMIENTO	0.04	2.8597729	Moderado
200.00	0.8545	10.0248	200.00	0.8144	8.7365	0.8837	HINCHAMIENTO	0.04	2.88428025	Moderado
300.00	0.8086	17.4750	300.00	0.7674	11.5868	0.8882	HINCHAMIENTO	0.04	2.8353328	Moderado
400.00	0.7627	16.5758	400.00	0.7257	12.6777	0.8827	HINCHAMIENTO	0.04	2.7958485	Moderado
600.00	0.6557	18.7605	600.00	0.6300	18.4620	1.7974	HINCHAMIENTO	0.00	1.9898927	Negligo
800.00			800.00							
1000.00			1000.00							

B- PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Marycarmen

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186158

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex Luis Gomez

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_MDCF-07/22-013-G&C
		Fecha : 16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	LAGUNA DE OXIDACIÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	
CÁLCICATA	C - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	M - 01		ESTE : 302581.00 m. E
PROFUND.	0.15 - 1.65 m.		NORTE : 8246927.00 m. N
	TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in.	CÓTA : 3824.00 m.s.n.m.	
	NIVEL FREÁTICO : 0.25 m		

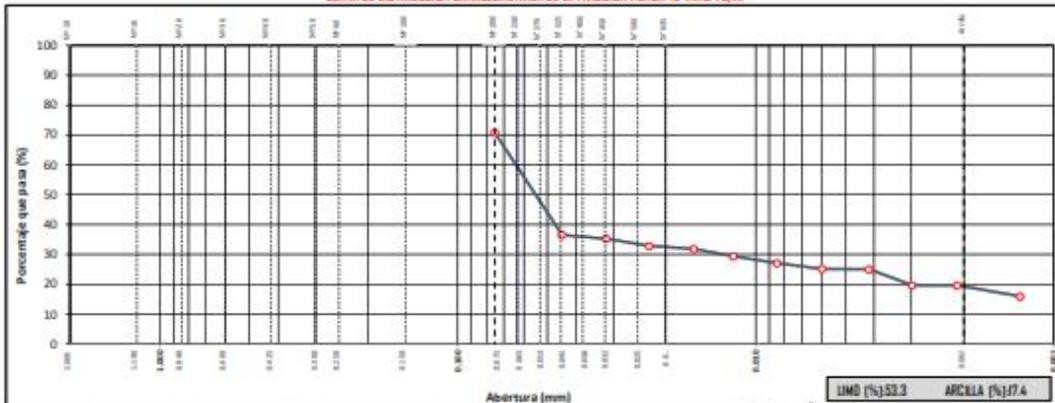
DATOS DEL ESPÉCIMEN			
ENSAYOS PREVIOS :	ASTM D0913	SUCS [D2487] :	[ML] Silt
TAMIZ SEPARADOR :	N° 10	PROCESAMIENTO :	Muestra Húmeda
		TAMAÑO MÁXIMO :	N° 4
	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%] :	97.6	Gs :
			2.65

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°	: CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%] , W_{pass}	70.72
MASA TARA [g]	: 45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g] , H_C	55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]	: 197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g] , M_{hum}	120.01
MASA SECA + TARA [g]	: 143.70	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g] , M_h	120.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%] , W_c	: 54.31	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g] , M_o	77.77

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE	: Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]	9.00
MÉTODO DE DISPERSIÓN	: Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO , C_m	0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN	: Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]	31.30
SE USÓ INHIBIDOR?	: No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ μm 75 (N° 200)	72.49

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [r _u]	CORRECCIÓN [r _u]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H _e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA D [mm]	PORCENTAJE MÁS FINO N _p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P _p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
15/11/2022	00:00	3	22.00	35.00		0.07500	72.5	70.8	Hidrómetro
15/11/2022	00:01	1	22.00	35.00	0.7	0.04460	31.4	36.5	Cilindro
15/11/2022	00:02	1	22.00	35.00	1.0	0.03777	36.1	35.3	Terminómetro
15/11/2022	00:04	4	22.50	33.00	6.9	0.02275	33.6	32.8	Tamiz de Lenoit
15/11/2022	00:08	8	22.50	32.8	6.8	0.01620	32.6	31.8	Dispersor
15/11/2022	00:05	5	22.80	30.00	6.6	0.01090	30.1	29.4	Vaso / Vetrax
15/11/2022	00:10	10	23.30	28.00	6.5	0.00848	27.7	27.1	Cronómetro
15/11/2022	00:00	60	24.50	26.00	6.0	0.00630	25.8	25.1	Balanza
15/11/2022	02:00	120	26.70	25.00	5.1	0.00446	25.7	25.1	Horno
15/11/2022	04:00	240	28.30	24.00	4.4	0.00298	23.7	23.7	Galo Maria
15/11/2022	08:00	480	28.30	24.00	4.4	0.00211	23.7	23.7	
15/11/2022	00:00	960	25.70	23.00	5.5	0.00130	16.3	16.0	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 μm



Nota: Las Partículas menores a 0.002 mm son consideradas como arcillas

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Maryela
 Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDRY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186358

Julius
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G & C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N° : UC_MDCF-07/22-013-G&C
		Fecha : 16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	LAGUNA DE OXIDACIÓN - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA	
CÁLCICATA	C - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	M - 01		ESTE : 302581.00 m. E
PROFUND.	0.15 - 1.65 m.		NORTE : 8246927.00 m. N
		CÓTA : 3824.00 m.s.n.m.	

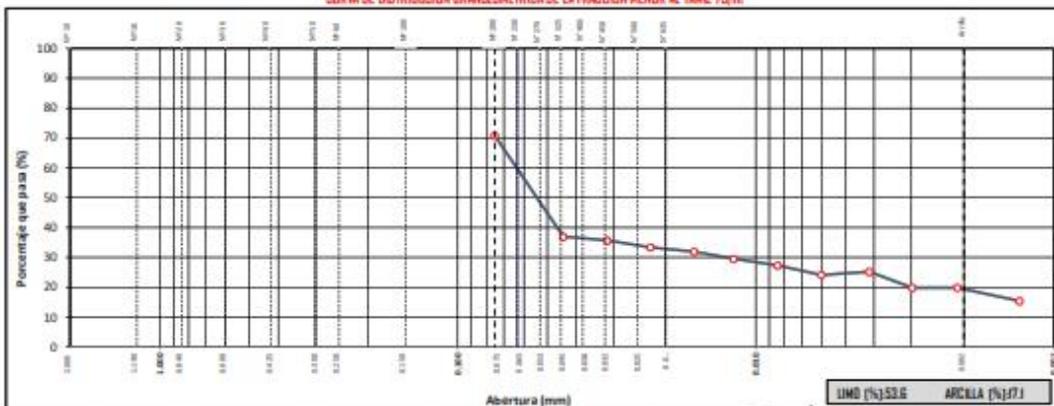
DATOS DEL ESPÉCIMEN			
ENSAYOS PREVIOS :	ASTM D0913	SUCS [D2487] :	[ML] Silt
TAMIZ SEPARADOR :	N° 10	PROCESAMIENTO :	Muestra Húmeda
		TAMAÑO MÁXIMO :	N° 4
		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%] :	97.6 Gs: 2.65

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°	: CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%] , W ₂₀₀	: 70.72
MASA TARA [g]	: 45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g] , H _C	: 55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]	: 197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g] , M _{húmeda}	: 120.01
MASA SECA + TARA [g]	: 143.70	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g] , M _h	: 120.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%] , W _c	: 54.31	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g] , M _s	: 77.77

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE	: Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]	: 9.00
MÉTODO DE DISPERSIÓN	: Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m	: 0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN	: Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]	: 31.30
SE USÓ INHIBIDOR?	: No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ µm 75 (N° 200)	: 72.49

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [g]	CORRECCIÓN [g]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H _e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA Ø [mm]	PORCENTAJE MÁS FINO N _p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P _p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
15/11/2022	08:00	3	22.70	36.6	0.7	0.07500	72.5	70.8	Hidrómetro (C-19) H-01
15/11/2022	08:01	1	22.70	36.6	0.7	0.04422	37.9	37.0	Cilindro (0100ml) P0-01
15/11/2022	08:02	7	22.70	35.6	0.7	0.03150	35.6	35.7	Terminómetro (Digital) T0-003
15/11/2022	08:04	4	22.80	33.70	0.7	0.02255	34.1	33.4	Tamiz de Lenoit TP-04-D
15/11/2022	08:08	8	22.80	32.00	0.6	0.01606	32.7	31.9	Dispersor (Mecánica) D0-01
15/11/2022	08:05	6	23.20	30.00	0.5	0.01085	30.3	29.5	Vaso / Vetrax (Barro) V-01
15/11/2022	08:10	20	23.80	28.00	0.3	0.00844	28.0	27.3	Cronómetro (Digital) CR-04
15/11/2022	08:00	60	24.70	25.00	0.0	0.00602	24.7	24.1	Balanza (Digital) B-02
15/11/2022	08:00	120	25.90	25.00	0.0	0.00446	25.8	25.2	Horno (Digital) H-01
15/11/2022	08:00	740	28.40	26.00	0.0	0.00298	23.3	22.9	Gallo Maria (Digital) GM-01
15/11/2022	17:03	483	28.40	26.00	0.0	0.00211	23.3	22.9	
15/11/2022	08:00	1440	23.00	20.00	0.5	0.00130	15.8	15.4	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 µm



Nota: Las Partículas menores a 0.002 mm son consideradas como arcillas

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Maryela

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186358

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Álex Luis Gómez Calla

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUÑO	Registro N°	UC_IDCF-07/22-014-G&C
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUÑO - PROV. PUÑO - DEP. PUÑO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CÁLCICATA	C - 02		
MUESTRA	M - 01	TAMAÑO MÁXIMO	N° 8
PROFUND.	0.20 - 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	0.40 m
		COORDENADAS	
		ESTE	301060.71 m. E
		NORTE	8248480.24 m. N
		CÓTA	3823.00 m.s.n.m.

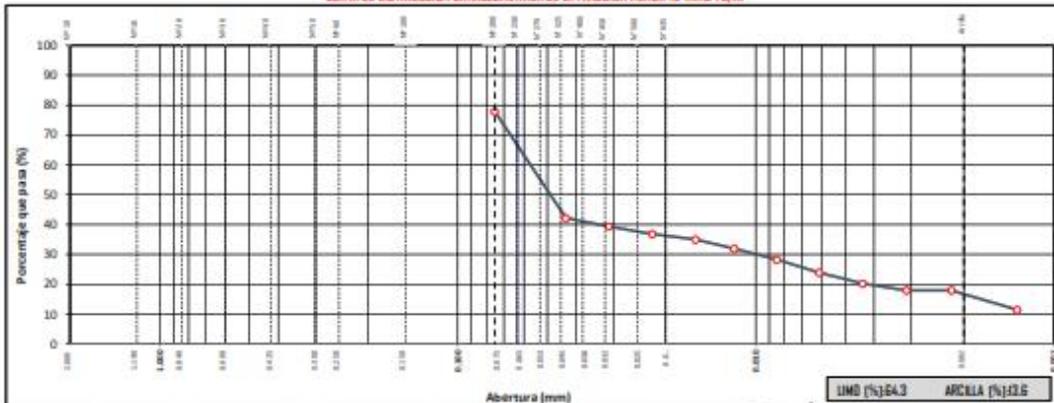
DATOS DEL ESPÉCIMEN			
ENSAYOS PREVIOS:	ASTM D6913	SUCS [D2487]:	[CH] Clay
TAMIZ SEPARADOR:	N° 10	PROCESAMIENTO:	Muestra Húmeda
		TAMAÑO MÁXIMO:	N° 4
		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%]:	99.9
		Gs:	2.65

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°	CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%], W_{pass}:	77.85
MASA TARA [g]	45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g], HC:	55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]	197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g], M_{húmeda}:	104.06
MASA SECA + TARA [g]	148.40	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g], M_h:	105.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%], W_c:	47.29	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g], M_s:	71.29

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE	Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]:	9.90
MÉTODO DE DISPERSIÓN	Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m:	0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN	Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]:	15.71
SE USÓ INHIBIDOR?	No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ µm 200):	77.95

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [g]	CORRECCIÓN [g _{cl}]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H _e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA D [mm]	PORCENTAJE MÁS FINO N _p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P _p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
06/07 00:00	3	24.60	35.00			0.07500	76.8	77.9	Hidrómetro (C-19) H-01
06/07 00:01	1	24.60	35.00	6.0	0.7	0.04375	47.1	42.2	Cilindro (0100ml) P0-01
06/07 00:02	7	24.60	34.00	6.0	0.5	0.03706	35.4	28.4	Terminómetro (Digital) T0-010
06/07 00:04	4	24.60	32.70	6.0	0.6	0.02225	36.9	26.0	Tamiz de Lenoit TP-04-D
06/07 00:08	8	24.20	21.00	6.1	0.9	0.0591	35.0	25.0	Dispersor (Mecánica) 02-01
06/07 00:05	5	24.20	29.80	6.1	0.4	0.0180	38.9	31.9	Vaso / Vetrax (Barro) V-01
06/07 00:10	20	24.20	26.70	6.1	0.8	0.03849	29.3	28.3	Cronómetro (Digital) CR-04
06/07 00:00	60	24.50	22.00	6.0	0.4	0.0061	23.9	23.9	Balanza (Digital) B-02
06/07 00:00	120	25.20	20.80	5.7	0.5	0.00436	23.2	20.2	Horno (Digital) H-01
06/07 04:00	742	25.70	8.50	5.7	0.1	0.0032	0.0	0.0	Galo Maria (Digital) SM-01
06/07 08:00	483	25.70	8.50	5.7	0.1	0.00220	0.0	0.0	
07/07 00:00	640	23.60	14.50	5.4	0.8	0.00153	0.4	0.4	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 µm



Nota: Las Partículas menores a 0.075 mm son consideradas como arcillas

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Marycarmen
 Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDRY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI: 47186358

Álex Luis Gómez Calla
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUÑO	Registro N°	UC_IDCF-07/22-014-G&C
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	MALECON - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUÑO - PROV. PUÑO - DEP. PUÑO		
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA
CÁLCATA	C - 02		
MUESTRA	M - 01	TAMAÑO MÁXIMO	N° 8
PROFUND.	0.20 - 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	0.40 m
		COORDENADAS	
		ESTE	301060.71 m. E
		NORTE	8248480.24 m. N
		CÓTA	3823.00 m.s.n.m.

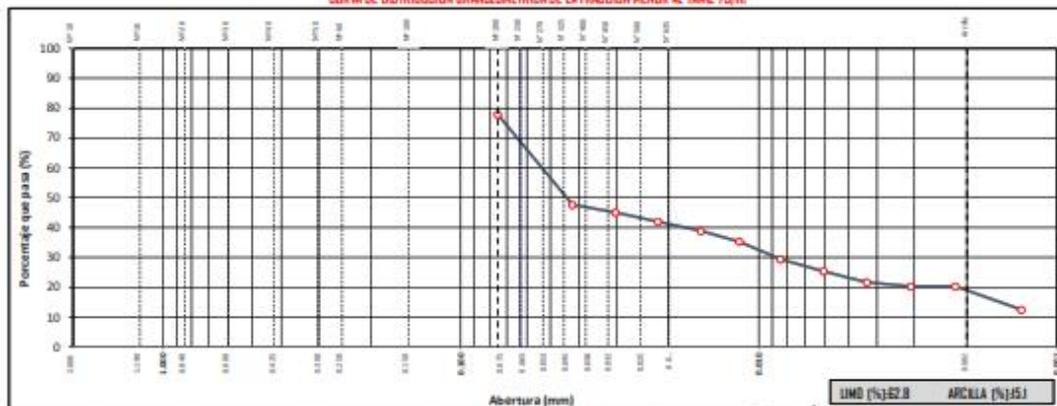
DATOS DEL ESPÉCIMEN			
ENSAYOS PREVIOS:	ASTM D0913	SUCS [D2487]:	[CH] Clay
TAMIZ SEPARADOR:	N° 10	PROCESAMIENTO:	Muestra Húmeda
		TAJAMAXIMO:	N° 4
		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%]:	99.9
		Gs:	2.65

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°	CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%], W_{est}:	77.85
MASA TARA [g]	45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g], H_C:	55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]	197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g], M_{húmeda}:	104.06
MASA SECA + TARA [g]	148.40	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g], M_h:	105.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%], W_c:	47.29	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g], M_s:	71.29

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE	Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]:	9.90
MÉTODO DE DISPERSIÓN	Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m:	0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN	Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]:	15.71
SE USÓ INHIBIDOR?	No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ µm 200):	77.96

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [r _u]	CORRECCIÓN [r _u]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H _e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA D [µm]	PORCENTAJE MÁS FINO N _p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P _p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
06/07 09:00	3	24.20	40.03		0.5	0.07500	76.3	77.3	Hidrómetro (C-7)
06/07 09:01	1	24.30	40.03	0.1	0.5	0.04703	47.1	47.6	Cilindro (0100ml)
06/07 09:02	7	24.70	38.70	0.1	0.8	0.03024	45.1	45.0	Terminómetro (Digital)
06/07 09:04	4	24.70	36.90	0.1	0.2	0.02174	42.0	42.0	Tamiz de Lenoit (Mecánica)
06/07 09:08	8	24.70	33.80	0.1	0.6	0.0562	38.9	38.9	Dispersor (Bata)
06/07 09:05	6	24.30	31.70	0.1	0.6	0.0186	35.3	35.3	Vaso / Vetrax (Bata)
06/07 09:10	20	24.30	27.00	0.1	0.7	0.05844	29.4	29.4	Crónometro (Digital)
06/07 09:00	60	24.70	24.90	5.9	0.2	0.06606	25.4	25.4	Balanza (Digital)
06/07 09:00	120	25.20	21.0	5.7	0.7	0.08433	21.7	21.7	Horno (Digital)
06/07 09:00	740	25.00	20.70	5.8	0.8	0.08309	20.3	20.3	Balanza (Digital)
06/07 17:03	480	25.00	20.70	5.8	0.8	0.00710	20.3	20.3	Horno (Digital)
07/07 09:00	140	24.70	6.00	0.1	14.7	0.00031	0.5	0.5	Balanza (Digital)

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 µm



Nota: Las Partículas menores a 0.075 mm que consideramos como arcillas. Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Maryela
Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186350

Álex Luis Gómez Calla
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TESIS	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°	UC_IDCF-07/22-015-G&C
		Fecha	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES					
UBICACIÓN	UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO				
PROCEDENCIA	SUELO NATURAL	SOLICITANTE	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA		
CÁLCATA	C - 03	COORDENADAS			
MUESTRA	M - 01			TAMAÑO MÁXIMO	N° 8
PROFUND.	0.00 - 1.55 m.			NIVEL FREÁTICO	0.10 m
		ESTE	301310.87 m. E		
		NORTE	8249805.65 m. N		
		CÓTA	3823.00 m.s.n.m.		

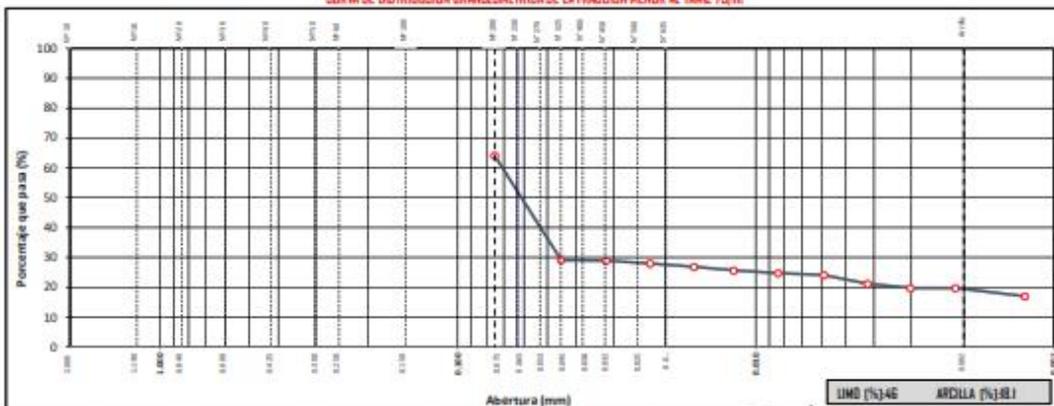
DATOS DEL ESPÉCIMEN			
ENSAYOS PREVIOS:	ASTM D6913	SUCS [D2487]:	[ML] Silt
TAMIZ SEPARADOR:	N° 10	PROCESAMIENTO:	Muestra Húmeda
		TAMAÑO MÁXIMO:	N° 4
		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%]:	98.0 Gs: 2.05

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°	: CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%], W_{est}:	94.03
MASA TARA [g]	: 45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g], H_C:	55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]	: 197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g], M_{húmeda}:	112.97
MASA SECA + TARA [g]	: 160.80	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g], M_h:	115.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%], W_c:	: 31.52	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g], M_s:	87.44

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE	: Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]:	9.00 (CON DISPERSANTE)
MÉTODO DE DISPERSIÓN	: Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m:	0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN	: Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]:	30.63
SE USÓ INHIBIDOR?	: No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ µm 75 (N° 200):	64.97

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [r _u]	CORRECCIÓN [r _{ca}]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H _e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA D [mm]	PORCENTAJE MÁS FINO N _p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P _p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
08/07/00:00	3	23.00	32.00	0.0	0.0	0.07500	65.0	64.1	Hidrómetro (C-7)
08/07/00:01	1	23.00	32.00	0.0	0.0	0.04482	73.5	79.1	Cilindro (010ml)
08/07/00:02	7	24.00	30.00	0.0	0.0	0.03777	75.3	78.8	Terminómetro (Digital)
08/07/00:04	4	23.00	31.00	0.0	0.0	0.02262	78.4	78.0	Tamiz de Lenoit (TP-04.0)
08/07/00:08	8	23.00	30.00	0.0	0.0	0.01610	77.2	76.8	Dispersor (Mecánica)
08/07/00:05	5	23.00	29.00	0.0	0.0	0.01085	76.0	75.7	Vaso / Vetrax (Barr)
08/07/00:10	20	24.70	28.00	0.1	0.5	0.00848	75.1	74.7	Cronómetro (Digital)
08/07/00:00	60	25.30	27.00	0.7	0.7	0.00590	74.4	74.1	Balanza (Digital)
08/07/00:00	120	26.70	24.00	5.3	0.2	0.00421	71.4	71.1	Horno (Digital)
08/07/04:00	742	25.40	23.00	5.6	0.4	0.00302	70.0	69.7	Gallo Maria (Digital)
08/07/08:00	483	25.40	23.00	5.6	0.4	0.00270	69.0	68.7	
09/07/00:00	646	25.00	20.50	5.5	0.8	0.00225	67.2	67.0	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 µm



Nota: Las Partículas menores a 0.075 mm son consideradas como arcillas

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Maryela
 Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 DNI : 47186358

Julius
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION (GRADATION) OF FINE-GRAINED SOILS USING THE SEDIMENTATION (HYDROMETER) ANALYSIS (ASTM D7928-21^o)

TEMA:	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO EXPUESTO A NAPA FREÁTICA EN EL BORDE LACUSTRE - PUNO	Registro N°:	UC_MDCF-07/22-015-G&C
		Fecha:	16 de Noviembre del 2022

DATOS GENERALES					
UBICACIÓN:	UNA - BORDE LACUSTRE DEL LAGO TITICACA DE LA CIUDAD DE PUNO - PROV. PUNO - DEP. PUNO				
PROCEDENCIA:	SUELO NATURAL	SOLICITANTE:	Bach. I.C. KELLY DHAYANA FUENTES CALLATA		
CÁLCATA:	C - 03	COORDENADAS			
MUESTRA:	M - 01			TAMAÑO MÁXIMO:	N° 8
PROFUND.:	0.00 - 1.55 m.			NIVEL FREÁTICO:	0.10 m
		ESTE:	391310.87 m. E		
		NORTE:	8249805.65 m. N		
		CÓTA:	3823.00 m.s.n.m.		

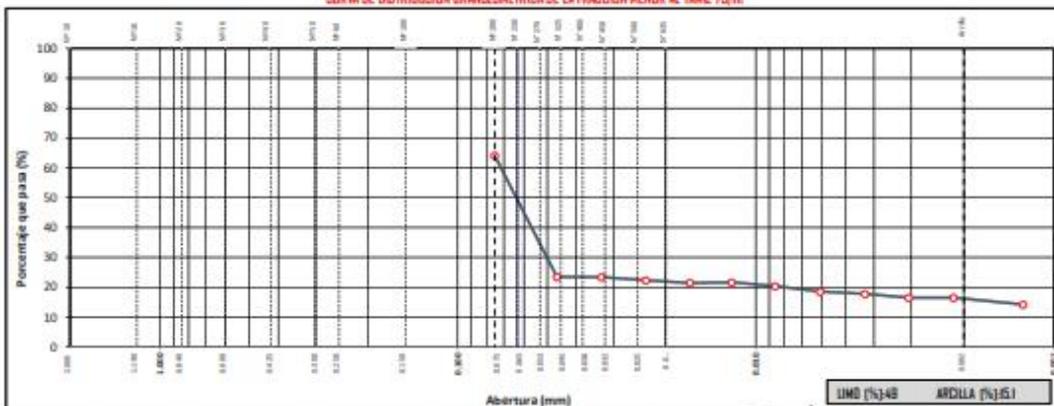
DATOS DEL ESPÉCIMEN					
ENSAYOS PREVIOS:	ASTM D0913	SUCS [D2487]:	[GC] Gravity Clay	PROCESAMIENTO:	Muestra Húmeda
TAMIZ SEPARADOR:	N° 10	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ SEPARADOR [%]:	98.0	Gs:	2.65
				TAMAÑO MÁXIMO:	N° 4

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD		ESTIMACIÓN / DEFINICIÓN DE MASAS PARA EL ENSAYO	
TARA N°:	CH-01	ESTIMADO PASANTE TAMIZ NO. 200 [%], W_{est}:	94.03
MASA TARA [g]:	45.00	CAPACIDAD DE HIDRÓMETRO - 152H [g], HC:	55.00
MASA HÚMEDA + TARA [g]:	197.30	ESTIMACIÓN DE MASA HÚMEDA [g], $M_{húmeda}$:	112.97
MASA SECA + TARA [g]:	160.80	MASA HÚMEDA PARA EL ENSAYO [g], M_h:	115.00
CONTENIDO DE HUMEDAD [%], W_c:	31.52	MASA SECA PARA EL ENSAYO [g], M_s:	87.44

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO			
APLICACIÓN DE DISPERSANTE:	Disuelto (100 mL)	CANTIDAD DE DISPERSANTE EMPLEADO [g]:	9.00
MÉTODO DE DISPERSIÓN:	Batidora	CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m:	0.50
MÉTODO DE AGITACIÓN:	Método Manual	MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 200 [g]:	30.63
SE USÓ INHIBIDOR?:	No	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ μm 75 (N° 200):	64.97

FECHA Y HORA	TEMPO [min]	TEMPERATURA [°C]	LECTURA HIDRÓMETRO [g]	CORRECCIÓN [g]	PROFUNDIDAD EFECTIVA H_e [cm]	DIÁMETRO DE PARTÍCULA D [mm]	PORCENTAJE MÁS FINO N_p [%]	PORCENTAJE QUE PASA P_p [%]	EQUIPOS EMPLEADOS
08/07/09:00	3	23.80	27.03	6.7	0.7	0.07500	65.0	64.1	Hidrómetro (C79) HJ-01
08/07/09:01	1	23.80	27.03	6.7	0.7	0.04647	73.8	23.5	Cilindro (010ml) PD-01
08/07/09:02	7	23.80	26.98	6.7	0.7	0.03288	77.7	23.3	Terminómetro (Digital) TD-003
08/07/09:04	4	23.80	26.88	6.7	0.9	0.02338	77.6	22.3	Tamiz de Lenoit (Mecánica) TP-04-D
08/07/09:08	8	23.80	25.70	6.7	0.8	0.0662	217	21.4	Dispersor (Mecánica) D-01
08/07/09:05	5	24.80	25.00	5.8	0.8	0.0201	22.0	21.6	Vaso / Vetrax (Barra) V-01
08/07/09:10	20	24.30	24.10	6.7	0.7	0.05850	23.6	20.4	Cronómetro (Digital) CR-04
08/07/09:00	60	25.50	22.00	5.6	0.5	0.0608	88	18.5	Balanza (Digital) B-02
08/07/09:00	120	26.20	21.00	5.3	0.7	0.06428	88.0	17.7	Horno (Digital) H-01
08/07/09:00	740	25.80	20.00	5.4	0.8	0.06306	86.7	16.5	Baño María (Digital) BM-01
08/07/17:03	483	25.80	20.00	5.4	0.8	0.06297	86.7	16.5	
09/07/09:00	1440	25.80	18.00	5.4	16.2	0.00127	16.4	16.2	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA DE LA FRACCIÓN MENOR AL TAMIZ 75 μ m



Nota: Las Partículas menores a 0.002 mm son consideradas como arcillas

Observaciones: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

[Signature]
Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI : 47186358

[Signature]
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 209176

ANEXO E. Certificado de calibración de equipos de laboratorio



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACION DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-027-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	CONSOLIDOMETRO DE PESO MUERTO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	No indica	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	WG-1C	
N° de serie	15710	
Identificación	No indica	
Procedencia	China	
Intervalo de indicación	3.82 kgf a 244.8 kgf	
Resolución	No indica	
Clase de exactitud	No indica	
Modo de fuerza	Compresión	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-29

Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☐ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☐ ventascalibratec@gmail.com
☐ CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-027-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón tomando como referencia el PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	16.5 °C	16.8 °C
Humedad relativa	49 %	49 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	Celda de carga de 500 kgf con una incertidumbre de 0,1 kg	KS22A-0087

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

Revision 00

RTQ3-PD1

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-027-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie	Promedio	
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Accesorios		
kPa	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
12.5	3.83	3.8	3.8	3.8	--	--	3.8	0.0
25	7.65	7.6	7.6	7.6	--	--	7.6	0.0
50	15.30	15.2	15.2	15.2	--	--	15.2	0.1
100	30.60	30.4	30.4	30.4	--	--	30.4	0.2
200	61.20	61.0	61.0	61.0	--	--	61.0	0.2
300	91.80	91.4	91.4	91.4	--	--	91.4	0.4
400	122.40	121.9	121.9	121.9	--	--	121.9	0.5
800	244.80	243.2	243.2	243.2	--	--	243.2	1.6

Valor nominal		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q	b	v	a	%	
kPa	kgf	%	%	%	%	%	%
12.5	3.825	0.33	0.00	--	2.61	--	2.15
25	7.65	0.63	0.00	--	1.31	--	1.08
50	15.3	0.84	0.00	--	0.65	--	0.54
100	30.6	0.69	0.00	--	0.33	--	0.27
200	61.2	0.33	0.00	--	0.16	--	0.14
300	91.8	0.39	0.00	--	0.11	--	0.10
400	122.4	0.43	0.00	--	0.08	--	0.08
800	244.8	0.65	0.00	--	0.04	--	0.05

Revision 00

RT03-PD1

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-027-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revision 00

RT03-P01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-049-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 10 (2 mm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	64157
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	+ X Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diametro de alambre Típica (mm)
0,60	0,18	1,96	0,91

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 10 es de ± 0.065 mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 10 es de 0.23 mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 10 es de 2.23 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 10 es de 0.9 ± 0.13 mm.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-055-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 20 (850 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	65044
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,1 °C
Humedad Relativa	53%	53%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio (µm)	+ X Variación máxima de abertura (µm)	Resultando Abertura Máxima Individual (µm)	Diametro de alambre Típica (mm)
22,51	102,35	856,37	0,51

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 20 es de $\pm 29.1 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 20 es de $127 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 20 es de $977 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 20 es de $0.5 \pm 0.08 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-050-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 40 (425 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	65822
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA METRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETICULA DE MEDICION	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (μm)	+ X Variación máxima de abertura (μm)	Resultando Abertura Máxima Individual (μm)	Diametro de alambre Típica (mm)
12,64	69,61	451,51	0,27

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 40 es de $\pm 15.5 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 40 es de $81 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 40 es de $506 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 40 es de $0.28 \pm 0.04 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-051-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 60 (250 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	65846
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (μm)	+ X Variación máxima de abertura (μm)	Resultando Abertura Máxima Individual (μm)	Diametro de alambre Típica (mm)
7,87	46,55	285,38	0,15

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 60 es de $\pm 9.9 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 60 es de $58 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 60 es de $308 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 60 es de $0.16 \pm 0.03 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-052-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 100 (150 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	67119
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio (µm)	+ X Variación máxima de abertura (µm)	Resultando Abertura Máxima Individual (µm)	Diametro de alambre Típica (mm)
5,29	32,33	158,65	0,11

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 100 es de $\pm 6.6 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 100 es de $43 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 100 es de $193 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 100 es de $0.1 \pm 0.015 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-053-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 140 (106 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	93369
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	51%	52%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrándola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (μm)	+ X Variación máxima de abertura (μm)	Resultando Abertura Máxima Individual (μm)	Diametro de alambre Típica (mm)
4,26	29,87	121,51	0,07

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 140 es de $\pm 5.2 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 140 es de $35 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 140 es de $141 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 140 es de $0.071 \pm 0.011 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-054-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No.200 (75 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	66950
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe del Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	51%	52%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrándola en buenas condiciones

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (μm)	$+ X$ Variación máxima de abertura (μm)	Resultando Abertura Máxima Individual (μm)	Diametro de alambre Típica (mm)
2,98	15,48	89,32	0,05

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No.200 es de $\pm 4.1 \mu\text{m}$.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No.200 es de $29 \mu\text{m}$.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No.200 es de $104 \mu\text{m}$.

Nota 4.- El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No.200 es de $0.05 \pm 0.007 \text{ mm}$.

Fin del Documento

INFORME DE VERIFICACION CA-IV-057-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento de medición	EQUIPO DE LÍMITE LÍQUIDO (Cazuela Casagrande)
Marca	HUMBOLTD
Modelo	No indica
Número de Serie	No indica
Tipo	Analogico
Código de Identificación	C-0083 (*)
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-29

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simón Bolívar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,3 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	53 %	53 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	TERMÓHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICACIÓN**.

(*) Código asignado por CALIBRATEC S.A.C. e identificado en una etiqueta adherida al instrumento.

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA BASE

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
49,80	150,20	124,90

HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO

Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10,00	2,18	13,30

DIMENSIONES DE LA COPA

Diámetro de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Profundidad de la copa (mm)
93,24	2,01	26,55

Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 5

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	PIE DE REY (VERNIER)	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	MITUTOYO	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	CD-12 CSX	
N° de serie	07415251	
Identificación	No indica	
Procedencia	Japón	
Intervalo de indicación	0 mm a 300 mm	
Resolución	0.01 mm	
Tipo de indicación	Digital	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 5

6. Método de calibración

La Calibración se efectuó por comparación directa entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el PC-012, Edición 5 "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simón Bolívar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	14,9 °C	14,9 °C
Humedad relativa	53 %	53 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Bloques patrón de Longitud de grado	LLA-C-053-2022
METROIL	Termohigrómetro Digital BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- N° de serie grabado en el instrumento.

Revision 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 5

11. Resultados de medición

Error de referencia inicial (I) = 0.00 μm

Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores

Valor patrón (mm)	Indicación promedio del Pie de Rey (mm)	Error (μm)
9.999	10.009	10
19.999	20.009	10
39.998	39.998	0
79.995	80.005	10
99.994	100.004	10
149.991	150.001	10
199.989	199.989	0

Error de contacto de la superficie parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
39.998	0

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
39.998	20

Error de cambio de escala de exteriores a interiores ($S_{e,i}$)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
9.999	0

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad ($S_{e,s}$)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
9.999	0

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,000	0

Error de contacto de superficie completa (J)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
9,999	0

Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para interiores (K)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
5,000	0

Incertidumbre de la medición $\left(14,047^2 + 0,059^2 \cdot L^2 \right)^{1/2} \mu\text{m}$

L : Indicación del pie de rey expresado en milímetros (mm)

Nota 1 : Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

Nota 2 : Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.



Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Página 5 de 5

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	NV622ZH	
N° de serie	8341286316	
Identificación	No indica	
Procedencia	China	
Capacidad máxima:	620 g	
División de escala (d)	0.01 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Div. de verificación (e)	0.01 g	
Capacidad mínima	0.2 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-30

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,2 °C
Humedad relativa	54 %	53 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0908-001-22

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 620 g la balanza indicaba 619,39 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se han determinado de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático"
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 5 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C³ según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza, donde el error máximo de medición cercano a la capacidad máxima es de 0,008 g

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15.1 °C	15.2 °C	Humedad	52.0 %	52.0 %
Carga L1: 300,000 g			Carga L2: 600,001 g		
i	ΔL	E	i	ΔL	E
g	g	g	g	g	g
300,00	0,007	-0,002	600,00	0,007	-0,003
300,00	0,006	-0,001	600,00	0,007	-0,003
300,01	0,009	0,006	600,01	0,010	0,004
300,01	0,008	0,007	600,01	0,009	0,005
300,00	0,004	0,001	600,01	0,010	0,004
300,01	0,008	0,007	600,01	0,010	0,004
300,02	0,010	0,015	600,00	0,005	-0,001
300,01	0,007	0,008	600,01	0,009	0,005
300,00	0,003	0,002	600,01	0,008	0,006
300,01	0,007	0,008	600,01	0,009	0,005
Dif Máx. Encontrada	0,017		Dif Máx. Encontrada	0,009	
EMP	0,03		EMP	0,03	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15.2 °C	15.2 °C	Humedad	52.0 %	52.0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido Ec				
	C. mínima g	i g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	i g	ΔL g	E g	Ec g
1	0,100	0,10	0,006	-0,001	200,000	200,00	0,005	0,000	0,001
2		0,10	0,007	-0,002		200,00	0,004	0,001	0,003
3		0,10	0,008	-0,003		200,01	0,008	0,007	0,010
4		0,10	0,005	0,000		200,00	0,006	-0,001	-0,001
5		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,005	0,000	0,001
Error máximo permitido (±)									0,02

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final	Humedad	Inicial	Final
	15,2 °C	15,2 °C		51,0 %	51,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
0,100	0,10	0,006	-0,001		0,20	0,006	-0,001	0,000	0,01
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,000	60,00	0,008	-0,003	-0,002	0,02
60,000	60,00	0,007	-0,002	-0,001	120,00	0,006	0,000	-0,001	0,02
120,000	120,00	0,007	-0,002	-0,001	150,00	0,007	-0,002	-0,001	0,02
150,000	150,00	0,005	0,000	0,001	200,00	0,005	-0,010	-0,009	0,02
200,000	200,01	0,008	0,007	0,008	250,00	0,010	0,004	-0,009	0,03
250,000	250,01	0,005	0,010	0,011	300,00	0,004	-0,009	-0,008	0,03
300,000	300,01	0,004	0,011	0,012	350,00	0,008	-0,003	-0,002	0,03
350,000	350,01	0,007	0,008	0,009	400,00	0,003	-0,008	-0,007	0,03
400,000	400,00	0,008	-0,003	-0,002	619,99	0,002	-0,008	-0,007	0,03
620,001	619,99	0,002	-0,008	-0,007					

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido
Ec: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,000076 \text{ g}^2 + 0,00000000043 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000012 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 8

- Expediente: 0327
- Solicitante: G & C CONSULTORES CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
- Dirección: AV. SIMON BOLIVAR N° 2740 - PUNO - PUNO - PUNO
- Equipo: HORNO DE SECADO
 Marca: ALFA
 Modelo: 6-030/250
 N° de serie: No indica
 Procedencia: Turquía
 Identificación: CI-0081
 Ubicación: Laboratorio de Análisis y Ensayos

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	1	1.0 °C
Tipo	Digital	Digital

- Fecha de calibración: 2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-29



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 8

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Análisis y Ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simón Bolívar N° 2740 - Puno

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	17,8 °C	17,5 °C
Humedad relativa	55,0 %	55,0 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,16 °C a 0,18	LT-1111-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de recipientes metálicos con muestras.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 8

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 17,4 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 3 horas
El controlador se seteo en 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{max} - T _{min} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	121,2	124,5	140,7	120,0	121,1	104,7	101,6	95,4	105,0	102,6	113,7	45,2
02	110	121,4	124,5	141,0	120,1	121,2	104,8	101,5	95,1	105,2	102,6	113,7	45,8
04	110	121,2	124,7	141,1	120,0	121,4	104,7	101,5	95,0	106,7	102,9	113,9	46,0
06	110	121,7	124,7	141,3	120,2	121,7	105,4	101,5	95,4	105,9	103,4	114,1	45,8
08	110	121,7	125,1	141,0	120,3	121,8	105,1	101,3	95,8	105,9	102,9	114,1	45,2
10	110	121,7	124,6	140,8	121,0	121,7	104,9	101,5	96,4	106,1	103,3	114,2	44,4
12	110	121,1	124,2	140,3	120,9	121,6	105,3	101,5	96,0	105,8	103,1	114,0	44,3
14	110	120,9	123,9	139,6	120,5	121,2	105,1	101,7	96,3	105,1	103,3	113,8	43,3
16	110	120,5	123,2	139,0	120,3	120,9	105,1	101,5	96,1	104,7	102,9	113,4	42,9
18	110	120,2	123,5	138,1	119,8	120,6	105,1	101,4	95,7	105,8	102,8	113,3	42,4
20	110	120,0	122,8	137,5	119,5	120,3	104,4	101,2	95,8	104,1	102,4	112,8	41,7
22	110	119,6	122,5	137,1	119,3	119,9	104,4	101,5	95,4	104,7	102,1	112,6	41,7
24	110	119,6	122,5	136,8	118,9	119,8	104,6	100,8	95,5	104,2	102,2	112,5	41,3
26	110	119,0	122,1	136,8	118,9	119,7	104,2	100,6	95,2	102,6	102,1	112,1	41,6
28	110	119,3	122,1	136,6	119,0	119,5	104,1	100,6	95,2	103,8	102,0	112,2	41,4
30	110	119,1	122,0	136,4	118,8	119,4	104,2	100,2	95,0	104,0	101,8	112,1	41,4
32	110	119,1	121,7	136,2	118,9	119,3	104,1	100,8	94,8	104,4	101,4	112,1	41,4
34	110	118,9	122,2	136,7	118,8	119,5	104,1	100,5	94,8	103,6	101,6	112,1	41,9
36	110	119,4	122,2	137,6	119,0	119,5	103,8	100,6	94,9	104,4	101,9	112,3	42,7
38	110	119,6	122,4	138,2	119,1	120,0	104,1	100,6	94,9	104,9	102,0	112,6	43,3
40	110	119,8	122,6	138,5	119,4	120,1	104,2	100,8	94,7	104,5	101,9	112,6	43,8
42	110	119,8	122,5	138,4	119,3	120,2	104,2	100,8	95,4	103,8	102,1	112,6	43,0
44	110	120,0	123,1	138,4	119,3	120,4	104,5	100,4	94,9	105,7	102,0	112,9	43,5
46	110	120,0	122,8	138,6	119,3	120,3	104,4	100,8	94,8	104,3	102,0	112,7	43,8
48	110	119,8	122,6	138,5	119,6	120,4	104,3	100,8	94,8	103,6	101,9	112,6	43,7
50	110	120,3	123,3	138,9	119,2	120,5	104,1	100,6	94,0	105,7	102,1	112,9	44,9
52	110	120,4	123,8	139,5	119,5	120,8	104,5	101,1	94,0	104,9	102,2	113,1	45,4
54	110	120,8	123,8	140,0	119,4	121,0	105,0	101,0	94,7	103,7	102,5	113,2	45,2
56	110	121,1	124,0	140,5	120,0	121,4	105,1	101,1	94,5	104,7	102,4	113,5	45,9
58	110	121,0	123,9	140,4	120,2	121,4	104,6	101,2	95,5	106,6	102,6	113,7	44,9
60	110	121,1	124,1	140,2	120,1	121,4	104,6	101,6	95,4	105,1	102,6	113,6	44,8
62	110	121,2	124,4	140,4	119,9	121,6	105,1	101,6	95,6	105,3	102,5	113,8	44,8
64	110	121,2	124,2	140,4	120,0	121,7	104,8	101,3	95,2	106,5	103,1	113,8	45,1
66	110	121,3	124,3	140,4	120,1	121,7	105,0	101,4	95,7	104,7	103,1	113,8	44,7
68	110	121,2	124,4	140,2	120,3	121,6	105,0	101,5	95,1	105,0	102,8	113,7	45,1
70	110	121,2	124,1	140,3	119,9	121,5	105,2	101,5	95,1	105,8	103,0	113,8	45,1
72	110	121,3	124,2	140,2	120,0	121,7	105,5	101,7	95,0	104,5	103,4	113,7	45,1
74	110	121,4	124,4	140,4	120,1	121,5	105,1	101,6	95,2	104,7	102,8	113,7	45,1

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@calibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 8

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Tem. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{max} - T _{min} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
76	110	121,0	123,8	139,6	120,4	121,4	105,0	101,6	95,3	104,5	103,1	113,6	44,3
78	110	120,8	123,7	139,4	120,3	121,3	105,0	101,7	95,2	104,9	102,4	113,5	44,2
80	110	120,6	123,3	138,9	120,0	121,1	105,1	101,6	95,1	104,0	102,8	113,2	43,8
82	110	120,5	123,3	139,0	119,7	121,0	104,9	101,2	94,6	105,1	102,3	113,2	44,4
84	110	120,7	123,6	138,7	119,5	121,0	104,5	101,2	95,1	106,2	102,7	113,3	43,6
86	110	120,3	123,5	138,9	119,7	121,1	104,5	101,4	94,3	105,5	102,4	113,2	44,6
88	110	120,5	123,4	139,0	119,6	121,2	104,6	101,5	94,8	105,0	102,6	113,2	44,2
90	110	120,6	123,8	138,9	119,2	120,9	104,7	101,2	93,7	104,7	102,8	113,0	45,1
92	110	120,4	123,4	139,0	119,6	120,8	104,9	101,3	94,6	104,6	102,6	113,1	44,4
94	110	120,5	123,4	138,8	119,4	120,7	104,6	101,2	94,4	103,8	102,3	112,9	44,4
96	110	120,6	123,3	138,8	119,7	120,9	104,7	101,3	94,3	104,6	102,9	113,1	44,5
98	110	120,9	123,6	139,0	120,1	121,2	104,9	101,5	95,6	105,0	102,6	113,4	43,4
100	110	120,5	123,2	138,8	119,8	121,0	105,3	101,3	95,4	105,3	102,6	113,3	43,4
102	110	120,2	122,8	138,3	119,3	120,6	104,8	101,1	94,6	104,5	102,5	112,9	43,7
104	110	120,4	123,3	138,6	119,8	120,9	104,7	101,2	94,6	105,8	102,5	113,2	44,0
106	110	120,0	123,1	138,2	119,9	120,7	104,6	101,2	95,1	105,1	102,4	113,0	43,1
108	110	120,1	123,0	137,8	120,0	120,6	104,8	101,1	95,2	106,0	102,5	113,1	42,6
110	110	120,1	122,8	138,2	119,8	120,6	104,9	101,1	95,1	103,9	102,6	112,9	43,1
112	110	120,2	123,3	138,5	119,5	120,8	104,7	101,2	95,1	103,6	102,5	112,9	43,4
114	110	120,3	123,5	138,4	119,9	120,9	104,8	101,3	95,0	104,4	102,3	113,1	43,4
116	110	120,3	123,2	138,5	119,8	120,9	105,0	101,4	95,5	104,4	102,6	113,2	43,0
118	110	120,7	123,6	138,8	119,9	120,9	105,1	101,6	95,3	104,9	102,5	113,3	43,5
120	110	120,5	123,6	138,6	120,2	120,8	104,8	101,4	96,2	104,3	102,7	113,3	42,4
122	110	120,0	123,1	137,7	120,2	120,9	104,9	101,3	96,1	104,7	102,5	113,1	41,6
124	110	119,8	122,7	137,1	119,9	120,6	105,0	101,1	95,7	104,7	102,6	112,9	41,4
126	110	119,5	122,7	136,9	119,7	120,2	104,6	101,2	96,1	103,3	102,4	112,7	40,8
128	110	119,5	122,3	137,0	119,4	120,0	104,8	101,0	95,8	103,5	102,5	112,6	41,2
130	110	119,7	122,6	136,9	119,4	120,1	104,8	101,1	95,7	105,1	102,0	112,7	41,2
132	110	119,5	122,7	137,2	119,4	120,2	104,6	101,0	96,1	103,9	102,5	112,7	41,1
134	110	119,7	122,4	137,3	119,5	120,4	104,6	101,0	94,6	104,5	102,2	112,6	42,7
136	110	119,4	122,3	137,1	118,9	120,2	104,5	101,0	94,5	104,6	102,2	112,5	42,6
138	110	119,4	122,3	137,1	119,2	120,1	104,6	101,0	95,3	103,8	102,4	112,5	41,8
140	110	119,2	122,3	137,2	118,7	119,9	104,0	100,9	94,3	104,9	102,1	112,3	42,9
142	110	119,8	123,1	137,7	119,3	120,3	104,4	100,7	94,8	104,1	102,1	112,6	42,9
144	110	119,9	122,4	137,9	119,6	120,2	104,6	100,6	94,5	104,1	102,1	112,6	43,4
146	110	120,0	123,2	138,2	119,2	120,4	104,5	100,9	94,1	104,2	102,3	112,7	44,1
148	110	120,2	123,4	138,8	119,6	120,6	104,6	101,0	94,6	105,2	102,2	113,0	44,2
150	110	120,2	123,2	138,9	119,9	120,9	104,5	101,2	94,7	104,4	102,4	113,0	44,2
152	110	120,4	123,3	139,1	120,1	121,0	104,7	101,1	95,3	104,3	102,5	113,2	43,8
T. PROM		120,3	123,3	138,7	119,7	120,8	104,7	101,1	95,1	104,7	102,5	113,1	
Temp. máxima		121,7	125,1	141,3	121,0	121,8	105,5	101,7	96,4	106,7	103,4		
Temp. mínima		118,9	121,7	136,2	118,7	119,3	103,8	100,2	93,7	102,6	101,4		
DTT		2,9	3,4	5,1	2,3	2,5	1,7	1,5	2,7	4,1	2,0		

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@calibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 8

PARAMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	141,3	0,4
Mínima Temperatura medida	93,7	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5,1	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	43,5	0,2
Estabilidad medida	2,55	0,05
Uniformidad medida	46	0,1

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
 T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
 T_{MAX} : Temperatura máxima.
 T_{MIN} : Temperatura mínima.
 DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,6 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo NO CUMPLE con los límites especificados de temperatura

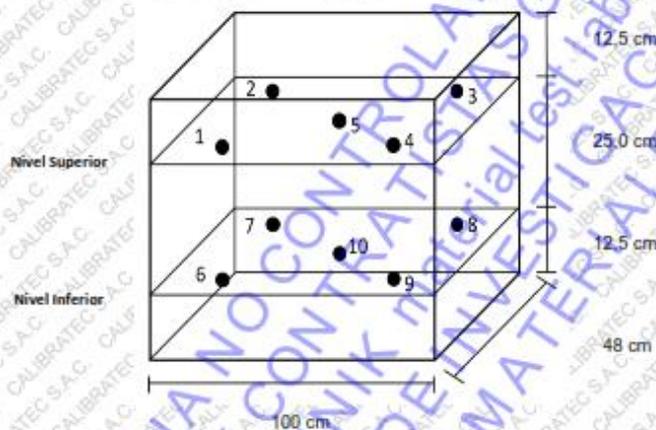
Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ ventascalibratec@gmail.com
 🏢 CALIBRATEC SAC

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
- Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 15 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

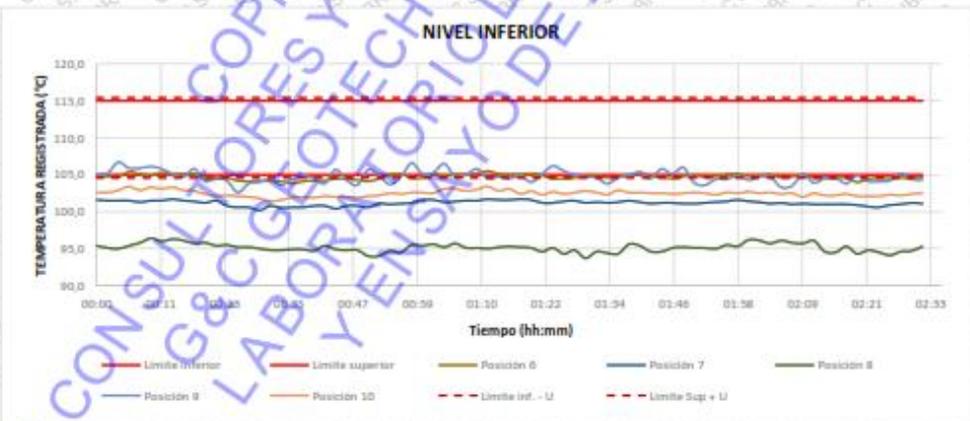
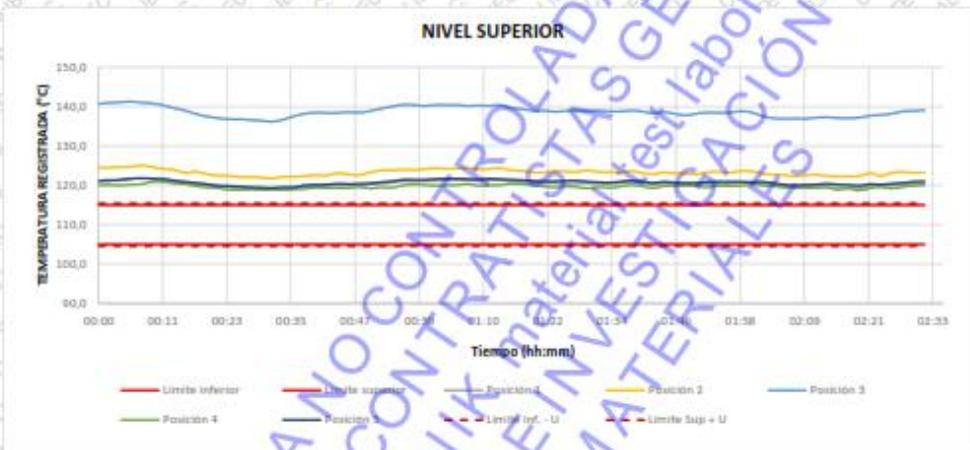
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Página 7 de 8

TEMPERATURA DE TRABAJO DE $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-005-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 8 de 8

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2022**Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	190075	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simon Bolivar N° 2740, Puno - Puno - PUNO	
4. Instrumento de Medición	DIAL	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de indicación	0 mm a 25 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	BAKER	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	JO8A	
Número de Serie	R3288	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2022-01-22	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrologia

2022-01-22

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Tel: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 835 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT-LL-026-2022**Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de MediciónALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_{θ})

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
2,500	2,501	1
5,000	5,002	2
7,500	7,504	4
10,000	10,002	2
12,500	12,503	3
15,000	15,000	0
17,500	17,505	5
20,000	20,002	2
22,500	22,503	3
25,000	25,001	1

Alcance del error de indicación (f_{θ}) : 5 μm Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
17,500	17,502	2
	17,504	4
	17,502	2
	17,501	1
	17,501	1

Error de Repetibilidad (f_w) : 3 μm Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2022*Área de Metrología*
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI, Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,2 °C	26,2 °C
Humedad Relativa	72,1 %	72,1 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
Patrones del INDECOPI-SNM Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado K) LA 01 021	DM - INACAL LLA-C-091-2021
Patrones del INDECOPI-SNM Comparador mecánico de bloques		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 004 - 2022**Área de Metrología
Laboratorio Físico-Químico

Página 1 de 2

1. Expediente	190053	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simón Bolívar N° 2740, Puno - Puno PUNO	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reverificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de Medición	HIDROMETRO PARA SUELOS	
Alcance de Indicación	-5 a 60 g/l	
División de Escala / Resolución	1 g/l	
Marca	FORNEY	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
Modelo	LA-3780	
Número de Serie	409288 (*)	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Verificación	2022-01-18	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología Sello

2022-01-18


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 004 - 2022**Área de Metrología
Laboratorio Físico-Químico

Página 2 de 2

6. Método de Verificación

La verificación del Hidrómetro se realizó según la norma ASTM E 100, sumergiéndolo en agua destilada a una temperatura de 20 °C.

7. Lugar de Verificación

Laboratorio Físico-Químico de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,6 °C	25,6 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología INACAL	Termómetro Digital con incertidumbres del orden desde 0,02 °C hasta 0,036 °C	DM INACAL LT-342-2021
		DM INACAL LT-341-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación VERIFICADO.
- (*) Serie indicada en una etiqueta interna del Hidrómetro.

11. Resultados de Medición

Indicación del Densímetro (g/l)	Corrección (g/l)	V.C.V. (g/l)
1,000	0,000	1,000

Valor Convencionalmente Verdadera (VCV) = Indicación del Equipo + Corrección

Nota: El agua destilada usada durante la Verificación estuvo estabilizada a una temperatura de 20 °C.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 9971439271 / 9942635342 / 9971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 005 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio Físico-Químico*

Página 1 de 2

1. Expediente	190053	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simón Bolívar N° 2740, Puno - Puno PUNO	
4. Instrumento de Medición	HIDROMETRO PARA SUELOS	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reverificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de indicación	0,995 a 1,038 SG	
División de Escala / Resolución	0,001 SG	
Marca	FORNEY	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
Modelo	LA-3781	
Número de Serie	531069 (*)	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Verificación	2022-01-18	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión **Jefe del Laboratorio de Metrología****2022-01-18**

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 0971439272 / 0942635342 / 0971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.comventas@metrologiatecnicas.comWEB: www.metrologiatecnicas.com

**INFORME DE VERIFICACIÓN
MT - IV - 005 - 2022**

Área de Metrología
Laboratorio Físico-Químico

Página 2 de 2

6. Método de Verificación

La verificación del Hidrómetro se realizó según la norma ASTM E 100, sumergiéndolo en agua destilada a una temperatura de 20 °C.

7. Lugar de Verificación

Laboratorio Físico-Químico de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,4 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología INACAL	Termómetro Digital con incertidumbres del orden desde 0,02 °C hasta 0,036 °C	DM INACAL LT-342-2021
		DM INACAL LT-341-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **VERIFICADO**.
- (*) Serie indicada en una etiqueta interna del Hidrómetro.

11. Resultados de Medición

Indicación del Densímetro (SG)	Corrección (SG)	V.C.V. (SG)
1,000	0,000	1,000

Valor Convencionalmente Verdadera (VCV) = Indicación del Equipo + Corrección

Nota: El agua destilada usada durante la Verificación estuvo estabilizada a una temperatura de 20 °C.



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Tel: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: 4971439272 / 4942635342 / 4971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO F. CONSTANCIA DE HABER REALIZADO LOS ENSAYOS EN EL LABORATORIO



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



El que suscribe, GERENTE GENERAL de **G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.** con RUC 20601125405, ING. JOSE GOMEZ BLANCO, Identificado con DNI N° 01227135.

CONSTANCIA DE EJECUCION DE ENSAYOS EN EL LABORATORIO PARA INVESTIGACIÓN (TESIS)

Hace constar por medio de la presente que la Srta. Bach. Kelly Dhayana FUENTES CALLATA, identificada con DNI. 70290614, ha realizado los ensayos de: Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Densidad Seca de Suelos, Analisis Granulométrico por Sedimentación (Hidrometría), Medición del potencial de Colapso de Suelos Mediante el Método del Edómetro Simple y Doble Edometría; los ensayos mencionados fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio de Investigación y Ensayos de Materiales del área G&C GEOTECHNIK M.T.L. de la empresa G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. estos ensayos fueron requeridos para la tesis: "**Determinación del potencial de colapso del suelo expuesto a napa freática en el borde lacustre - Puno**"; los resultados se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de la interesada, para los fines que estime conveniente.

Puno, 31 de Marzo del 2023



Ing. José GOMEZ BLANCO
Ingeniero Agrónomo
GERENTE GENERAL DE G&C CONSULTORES Y
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ANEXO G. Panel fotográfico



Figura 77. Exploración y muestreo de la calicata 01 - Laguna de oxidación.



Figura 78. Exploración y muestreo de la calicata 02 – Malecón.



Figura 79. Exploración y muestreo de la calicata 03 – Universidad del altiplano.



Figura 80. El cuarteo de las muestras es importante para tener una muestra representativa.



Figura 81. Muestras para determinar su contenido de humedad.

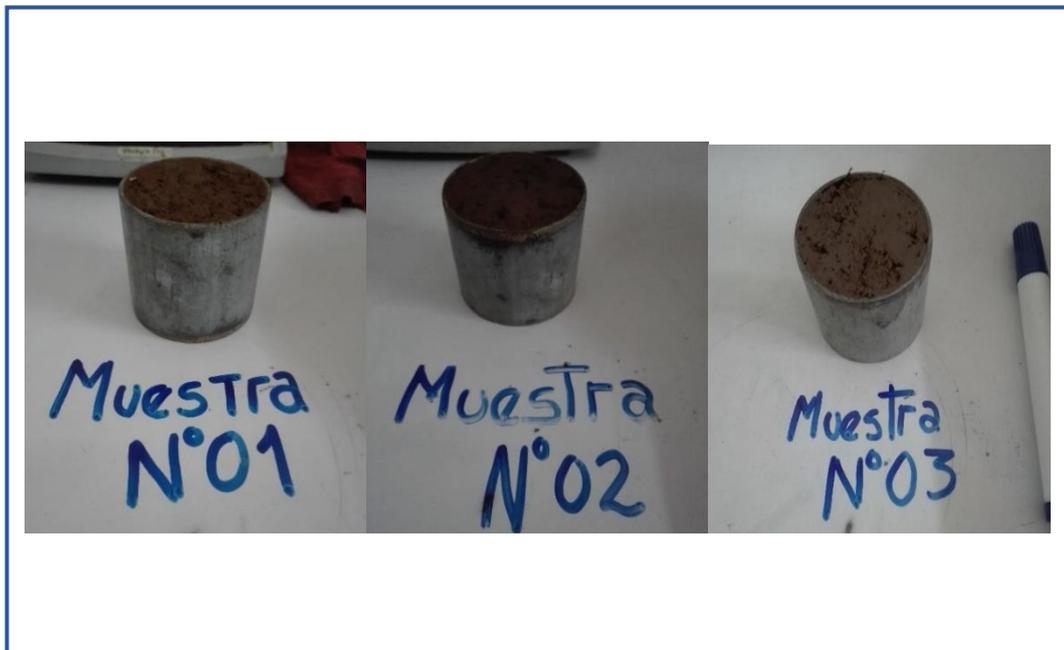


Figura 82. Muestras para determinar la densidad natural del suelo.



Figura 83. Preparación de las muestras para el ensayo de límites de consistencia.



Figura 84. Ensayo de límite líquido en la cuchara de Casagrande.



Figura 85. Ensayo de límite de plasticidad.

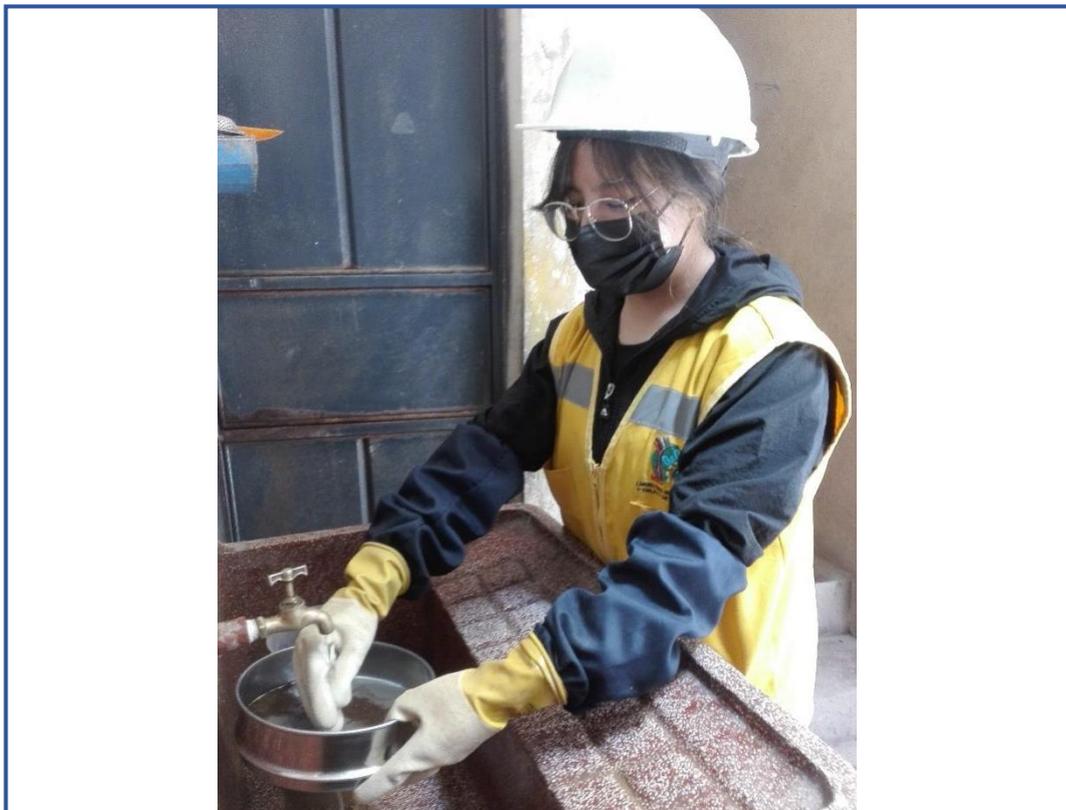


Figura 86. Lavado de muestras para el ensayo de granulometría.



Figura 87. Tamizado de muestras – ensayo de granulometría.

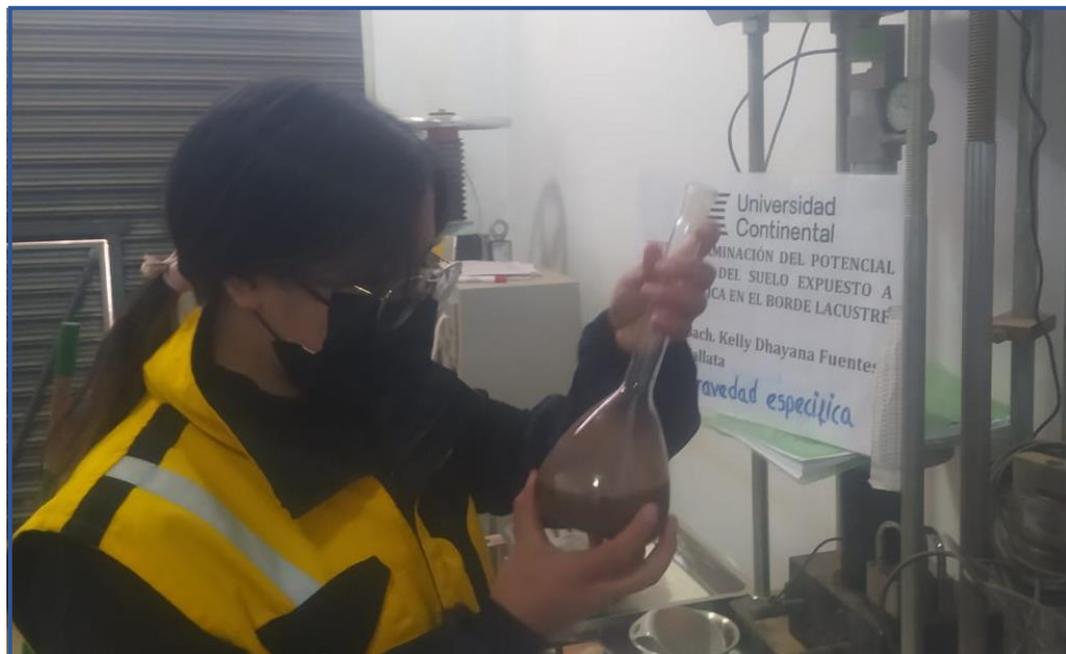


Figura 88. Ensayo de gravedad específica.



Figura 89. Moldeo de las muestras para los ensayos de simple y doble edómetro.



Figura 90. Preparación de las muestras para colocar al equipo de edometría.

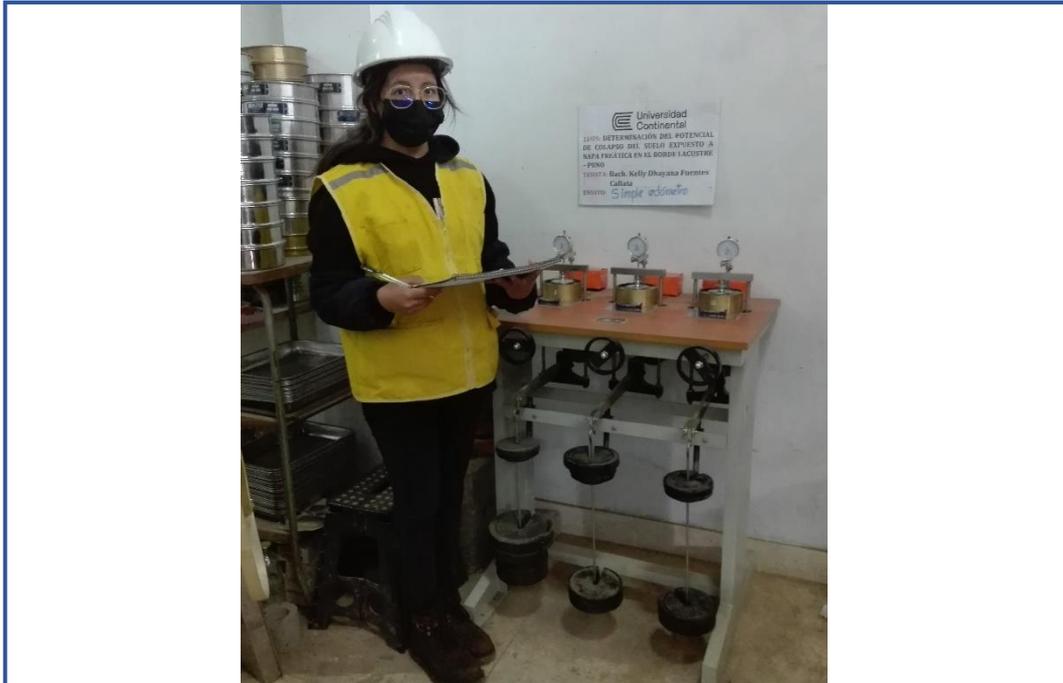


Figura 91. Ensayo de simple edómetro, las muestras están inundadas a diferentes cargas.



Figura 92. Ensayo de doble edómetro, sometemos a las muestras las mismas cargas, pero una con su humedad natural y la otra se inunda.



Figura 93. Registro de las lecturas de deformaciones.



Figura 94. Muestras después del ensayo de colapso, se observa la deformación que sufrió la muestra.



Figura 95. Ensayo de hidrometría, uso de batidora para mezclar el agua, la muestra y el hexametáfosfato.



Figura 96. Medición de cimentación con el hidrómetro 152-H.

ANEXO H. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Metodología
General:	General:	General:	Variable independiente	Tipo de Investigación
¿Cómo se ven afectados los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno cercanos al Lago, al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación?	Realizar un análisis de los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno, al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas, y su influencia en la ocurrencia de falla por colapso o licuación 2022-2023.	Los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la costa de la Ciudad de Puno, varían al ocurrir cambios del nivel freático o bajo condiciones sísmicas.	Parámetros geotécnicos	<p>Aplicada</p> <hr/> <p>Alcance de Investigación</p> <hr/> <p>Explicativa</p>
Específicos:	Específicos:	Específicos:	Variable dependiente	Diseño de Investigación
1. ¿Se puede determinar valores o rangos de los parámetros geotécnicos (físicos y mecánicos) de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno?	1. Determinar rangos de valores para los parámetros geotécnicos de los depósitos de suelos cercanos al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno.	1. Con la información disponibles de los ensayos de laboratorio y de campo es posible identificar los valores de los parámetros geotécnicos del depósito de suelos cercanos al borde lacustre en la costa de la Ciudad de Puno.	Falla de los estratos de suelos	<p>Experimental - pre experimental</p> <hr/> <p>Enfoque de Investigación</p> <hr/> <p>Cuantitativo</p>
2. ¿Con la información geotécnica obtenida se puede determinar la probabilidad de ocurrencia y el potencial de colapso del depósito de suelo cercano al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno?	2. Determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de colapso del depósito de suelo cercano al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno.	2. Con la información geotécnica disponible se puede determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de colapso del depósito de suelos cercano al borde lacustre en la costa de la Ciudad de Puno.		<p>Tipo de Muestreo</p> <hr/> <p>No probabilístico - Intencional</p>
3. ¿Con la información geotécnica obtenida se puede determinar la probabilidad de ocurrencia y el potencial de licuación del depósito de suelo cercano al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno?	3. Determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de licuación del depósito de suelos cercano al borde lacustre en la zona costera de la Ciudad de Puno.	3. Con la información geotécnica disponible se puede determinar la probabilidad de ocurrencia y potencial de licuación del depósito de suelos cercano al borde lacustre en la costa de la Ciudad de Puno.		<p>Población</p> <hr/> <p>Las áreas de las zonas rojas y amarillas según el mapa de Escenario de Riesgo ante Lluvias en la Provincia de Puno – Movimiento de Masas del borde lacustre de la ciudad de Puno</p> <hr/> <p>Muestra</p> <hr/> <p>Las muestras tomadas de las calicatas 01 (Laguna de oxidación) es la zona de color amarillo y las calicatas 02 (Malecón) y calicata 03 (UNA) son las de zona roja.</p>