

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU
RELACIÓN CON LA DEFORMACIÓN DEL SUELO EN EL
ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACIÓN NUEVA
LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA 2023”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA

Bach. RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA

TACNA – PERU

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU
RELACIÓN CON LA DEFORMACIÓN DEL SUELO EN EL
ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACIÓN NUEVA
LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de noviembre del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. MARÍA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

SECRETARIA : Mtra. ELIANA NANCY CHAMBILLA VELO

VOCAL : Mtra. ELVIRA ALVARADO AMONES

ASESOR : Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Cristoffer Carlos Apaza Coaquira y Raúl Jeremy Chavez Luza, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 70689836 y 70574755 respectivamente, así como el Mag. Alfonso Flores Mello con DNI 43149331 declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulada: *Determinación del contenido de humedad y su relación con la deformación del suelo en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud a lo expuesto, asumimos frente a la Universidad toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante la Universidad y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debería ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de la declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 12 de octubre de 2023



Cristoffer Carlos Apaza
Coaquira
DNI: 70689836



Raúl Jeremy Chávez
Luza
DNI: 70574755



Oswaldo Flores Mello
Alfonso
DNI: 43149331

DEDICATORIA

A nuestras familias

Gracias a nuestro Padre por la vida, por permitirnos tener y gozar de una familia, a su vez agradecerles a ellos por su amor incondicional, por apoyarnos en cada elección, en cada nuevo emprendimiento, y es por ustedes y su eterna compañía que hemos podido realizar y terminar con éxito esta tesis.

A nuestro asesor

Agradecemos a nuestro asesor de tesis por su apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto, brindándonos su sabiduría y experiencia para encaminar nuestros conocimientos sobre el tema, hemos podido concluir con éxito esta tesis.

Cristoffer Carlos Apaza Coaquira

Raúl Jeremy Chávez Luza

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias por el apoyo que nos brindaron durante el desarrollo de nuestra tesis, a nuestro asesor por su mentoría y tiempo, al Área de Laboratorio y Control de Calidad de la HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. por la ayuda que nos brindaron para la realización de los distintos ensayos necesarios para el desarrollo de la tesis.

Cristoffer Carlos Apaza Coaquira

Raúl Jeremy Chávez Luza

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos.....	10
1.3. Justificación e importancia	11
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivo específicos	12
1.5. Hipótesis	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes del estudio.....	13
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Contenido de humedad.....	15
2.2.2. Grado de saturación.....	16
2.2.3. Deformación de suelos	16
2.2.4. Suelos expansivos	19
2.2.5. Clasificación SUCS.....	21
2.2.6. Limite liquido	21
2.2.7. Límite plástico	22
2.2.8. Granulometría por tamizado.....	22
2.2.9. Granulometría por sedimentación	23
2.2.10. Sales solubles dispersas en el suelo	24
2.2.11. Cloruros solubles dispersos en el suelo.....	25

2.2.12. Sulfatos solubles dispersas en el suelo	25
2.3. Definición de términos.....	26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	27
3.1. Diseño de la investigación.....	27
3.2. Acciones y actividades	27
3.3. Materiales y/o instrumentos	27
3.4. Población y muestra.....	28
3.5. Operacionalización de variables.....	28
3.6. Procesamiento y análisis de datos	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	32
4.1. Reconocimiento y muestro de la zona.....	32
4.2. Descripción visual de la muestras	35
4.3. Propiedades físicas de las muestras	38
4.3.1. Contenido de humedad.....	38
4.3.2. Humedad de saturación.....	39
4.3.3. Granulometría por tamizado	40
4.3.4. Granulometría por sedimentación	49
4.3.5. Límites de atterberg.....	58
4.3.6. Densidad y peso unitario	62
4.3.7. Peso específico	63
4.3.8. Resumen de las propiedades físicas	66
4.4. Propiedades químicas.....	66
4.4.1. Sales solubles en el suelo	67
4.4.2. Cloruros solubles en el suelo	67
4.5. Sulfatos solubles en el suelo.....	68
4.6. Resumen de las propiedades químicas.....	68
4.7. Deformaciones	69
4.8. Potencial de expansión	69
4.9. Potencial de colapso	78
4.10. Resistencia a la compresión simple.....	84
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	88
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del índice de colapso	19
Tabla 2. Clasificación de deformación de suelos	20
Tabla 3. Tamices y su designación ASTM para tamizado	22
Tabla 4. Tamices y su designación ASTM para el método del hidrómetro.....	23
Tabla 5. Operacionalización de variables de investigación.....	29
Tabla 6. Ensayos de laboratorio	30
Tabla 7. Resultados de contenido de humedad.....	39
Tabla 8. Datos de las calicatas.....	39
Tabla 9. Relación de vacíos	40
Tabla 10. Humedad de saturación por calicata.....	40
Tabla 11. Granulometría por tamizado, calicata C-1.....	41
Tabla 12. Granulometría por tamizado, calicata C-2.....	42
Tabla 13. Granulometría por tamizado, calicata C-3.....	44
Tabla 14. Granulometría por tamizado, calicata C-4.....	47
Tabla 15. Granulometría sedimentaria, calicata C-1.....	50
Tabla 16. Granulometría sedimentaria, calicata C-2.....	52
Tabla 17. Granulometría sedimentaria, calicata C-3.....	54
Tabla 18. Granulometría sedimentaria, calicata C-4.....	56
Tabla 19. Límites de Atterberg, calicata C-1.....	59
Tabla 20. Límites de Atterberg, calicata C-2.....	59
Tabla 21. Límites de Atterberg, calicata C-3.....	60
Tabla 22. Límites de Atterberg, calicata C-4.....	61
Tabla 23. Densidad y peso unitario	63
Tabla 24. Peso específico arena, calicata C-1.....	64
Tabla 25. Peso específico arena, calicata C-2.....	64
Tabla 26. Peso específico arena, calicata C-3.....	65
Tabla 27. Peso específico arena, calicata C-4.....	65
Tabla 28. Resumen de las propiedades físicas	66
Tabla 29. Continuación del resumen de las propiedades físicas	66
Tabla 30. Sales solubles en las muestras	67
Tabla 31. Cloruros solubles en las muestras	67
Tabla 32. Sulfatos solubles en las muestras.....	68
Tabla 33. Propiedades químicas del suelo	68
Tabla 34. Potencial de expansión, método A, calicata C-3.....	69

Tabla 35. Potencial de expansión, método A, calicata C-4.....	71
Tabla 36. Potencial de expansión, método B, calicata C-1.....	72
Tabla 37. Potencial de expansión, método B, calicata C-2.....	74
Tabla 38. Potencial de expansión, método B, calicata C-3.....	75
Tabla 39. Potencial de expansión, método B, calicata C-4.....	77
Tabla 40. Potencial de colapso, calicata C-1.....	79
Tabla 41. Potencial de colapso, calicata C-2.....	80
Tabla 42. Potencial de colapso, calicata C-3.....	82
Tabla 43. Potencial de colapso, calicata C-4.....	83
Tabla 44. Ensayo compresión simple, calicata C-1.....	85
Tabla 45. Comparativa de propiedades físicas.....	90
Tabla 46. Variación de la deformación en el suelo.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.....	3
Figura 2. Ubicación de las calicatas	4
Figura 3. Grietas y fisuras en viviendas	5
Figura 4. Grietas y fisuras en veredas	5
Figura 5. Grietas y fisuras en pista	6
Figura 6. Grietas y fisuras en la parte trasera del gimnasio	6
Figura 7. Grietas y fisuras en viviendas, año 2013	7
Figura 8. Grietas y fisuras en pista, año 2013	7
Figura 9. Vista trasera del gimnasio, año 2013.....	8
Figura 10. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2005	8
Figura 11. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2015	9
Figura 12. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2023	10
Figura 13. Gráfico de límite líquido y densidad natural seca.....	18
Figura 14. Relación entre el Índice de Plasticidad y el Porcentaje de Actividad en suelos cohesivos	21
Figura 15. Delimitación de la zona del proyecto	32
Figura 16. Ubicación de las 4 calicatas	33
Figura 17. Excavación en calicata C-1	33
Figura 18. Excavación en calicata C-2	34
Figura 19. Excavación en calicata C-3	34
Figura 20. Excavación en calicata C-4	35
Figura 21. Muestra de la Calicata C-1	36
Figura 22. Muestra de la Calicata C-2	36
Figura 23. Muestra de la Calicata C-3.....	37
Figura 24. Muestra de la Calicata C-4	38
Figura 25. Curva granulométrica, calicata C-1.....	42
Figura 26. Curva granulométrica, calicata C-2.....	44
Figura 27. Curva granulométrica, calicata C-3.....	46
Figura 28. Curva granulométrica, calicata C-4.....	48
Figura 29. Preparación de los tamices para el ensayo de granulometría.....	49
Figura 30. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-1	51
Figura 31. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-2	53
Figura 32. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-3	55
Figura 33. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-4	57

Figura 34. Desarrollo de la granulometría sedimentaria	58
Figura 35. Gráfico de Casagrande, calicata C-3.....	60
Figura 36. Gráfico de Casagrande, calicata C-4.....	61
Figura 37. Desarrollo del ensayo de límites líquidos.....	62
Figura 38. Curva de expansión, método A, calicata C-3.....	70
Figura 39. Curva de expansión, método A, calicata C-4.....	71
Figura 40. Curva de expansión, método B, calicata C-1	73
Figura 41. Curva de expansión, método B, calicata C-2.....	74
Figura 42. Curva de expansión, método B, calicata C-3.....	76
Figura 43. Curva de expansión, método B, calicata C-4.....	78
Figura 44. Curva de colapso, calicata C-1	79
Figura 45. Curva de colapso, calicata C-2.....	81
Figura 46. Curva de colapso, calicata C-3.....	82
Figura 47. Curva de colapso, calicata C-4.....	84
Figura 48. Gráfica de resistencia a la compresión simple.....	86
Figura 49. Muestra de la calicata C-1 antes de ser sometida a la compresión	87
Figura 50. Muestra de la calicata C-1 despues de habersido sometido a la compresión	87
Figura 51. Comparativa de las curvas granulométricas	88
Figura 52. Comparación de deformaciones al aplicar 7 KPa	93
Figura 53. Comparación de deformaciones al aplicar 1 KPa	94
Figura 54. Comparativa de ensayo de colapso.....	95

RESUMEN

El **Objetivo** de la presente tesis es determinar la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, para la cual se empleó como **Metodología** la investigación exploratoria, con una visita a campo, al Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba para poder observar la problemática en la zona, consultando con lugareños y recopilando evidencia fotográfica, observamos la zona de influencia de nuestro proyecto y se delimitaron los puntos más significativos para nuestra toma de muestras se coordinó con la municipalidad y algunos lugareños para la facilitación en la toma de las 4 muestras necesarias para el desarrollo de la tesis, se coordinó con un laboratorio externo para el servicio de ensayos físicos y químicos de las muestras obtenidas, por lo que pudo obtenerse **Resultados** en donde se logró obtener las propiedades físicas y químicas que logran influir a la deformación del suelo dándonos que el suelo es colapsable, esto debido a la densidad que esta presenta, los límites de consistencia, las sales que estas tienen y los espacios de vacíos, en **Conclusión**, la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba es directamente proporcional, identificándose como un suelo levemente colapsable con un potencial de colapso entre el 0,14 % al 0,62 % y un contenido de humedad natural que fluctúa entre 4,92 % y 11,87 %; las propiedades físicas del suelo son arena limosa no plástica con bajo contenido de arcillas, densidad natural seca fluctuando en un rango de 1,618 g/cm³ y 1,950 g/cm³, con una humedad natural del 4,92 % al 11,87 %; las propiedades químicas del suelo son sales solubles dispersas en el suelo con valor de concentración de 15550 a 29404 p.p.m. cloruros solubles en un intervalo de 900 a 5400 p.p.m. y sulfatos solubles con valores de 1500 a 12500 p.p.m.

Palabras clave: Contenido de humedad, deformación, suelo, urbanización.

ABSTRACT

The **Objective** of this thesis is to determine the relationship between the moisture content and the deformation of the soil of the Human Settlement New Locumba Urbanization, Jorge Basadre, for which exploratory research was used as a **Methodology**, with a field visit, to the Human Settlement New Locumba Urbanization in order to observe the problems in the area, consulting with locals and collecting photographic evidence, we observed the area of influence of our project and the most significant points were delimited for our sampling. We coordinated with the municipality and some locals for the facilitation in taking the 4 samples necessary for the development of the thesis, it was coordinated with an external laboratory for the physical and chemical testing service of the samples obtained, so results could be obtained where the physical and chemical properties were obtained. chemicals that manage to influence the deformation of the soil, giving us that the soil is collapsible, this due to the density that it presents, the limits of consistency, the salts that they have and the void spaces, in **conclusion**, the relationship between the content of humidity and deformation of the soil of the New Locumba Urbanization Human Settlement is directly proportional, identifying itself as a slightly collapsible soil with a collapse potential between 0,14 % to 0,62 % and a natural humidity content that fluctuates between 4,92 % and 11,87 %; The physical properties of the soil are non-plastic silty sand with low clay content, natural dry density fluctuating in a range of 1,618 g/cm³ and 1,950 g/cm³, with a natural humidity of 4,92 % to 11,87 %; The chemical properties of the soil are soluble salts dispersed in the soil with a concentration value of 15550 to 29404 p.p.m. soluble chlorides in a range of 900 to 5400 p.p.m. and soluble sulfates with values of 1500 to 12500 p.p.m.

Keywords: Moisture content, deformation, soil, urbanization.

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los principales elementos que conforman nuestro entorno y que, en gran medida, afecta nuestra calidad de vida. Especialmente en zonas urbanizadas, el tipo de suelo y su comportamiento son factores determinantes en la estabilidad de las construcciones y, por ende, en la seguridad de las personas que las habitan.

Por ello, resulta de vital importancia conocer las propiedades físicas del suelo, como su contenido de humedad y su relación con la deformación del terreno, especialmente en zonas donde se registra un alto grado de asentamiento humano, como la Urbanización Nueva Locumba en el distrito de Jorge Basadre, Tacna.

El presente estudio fue desarrollado siguiendo la siguiente estructura:

Capítulo I: Este capítulo tiene como objetivo presentar una descripción clara y detallada del problema de la investigación, incluyendo su formulación y justificación. Además, se establecen los objetivos y las hipótesis generales y específicas que guiarán el desarrollo del estudio.

Capítulo II: En este capítulo se presentan los antecedentes del estudio, así como las bases teóricas que explican y respaldan el problema de investigación. También se definen los términos relevantes que se utilizarán en el estudio.

Capítulo III: Este capítulo se enfoca en la metodología del estudio, incluyendo los niveles de investigación, acciones, actividades, materiales e instrumentos, población y/o muestra de estudio, y la operacionalización de variables. También se describe el proceso y análisis de los datos.

Capítulo IV: En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de la metodología, los cuales pueden incluir tablas, gráficos o imágenes que ayuden a mostrar la información de manera más clara y concisa.

Capítulo V: En este capítulo se discuten los resultados obtenidos en función del marco teórico y las hipótesis planteadas en el capítulo I. Se analizan los resultados y se interpretan en función del problema de investigación.

Capítulo VI: En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del estudio y se responden a las interrogantes planteadas en el capítulo I. También se reflexiona sobre las implicaciones de los resultados para el problema de investigación.

Capítulo VII: Este capítulo tiene como objetivo identificar recomendaciones para el área de estudio en función de los resultados obtenidos y en función de futuros estudios que pudieran realizarse.

Capítulo VIII: En esta sección se listan todas las fuentes consultadas para llevar a cabo la investigación y se hacen referencias a ellas según el formato APA.

Capítulo VIII: En este capítulo se incluyen todos los documentos que fueron utilizados como apoyo durante la investigación, como cuestionarios, entrevistas, entre otros.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Según INEI (2018), en los últimos años el Perú ha ido aumentando su tasa de crecimiento demográfico, en el año 2008 contaba un porcentaje de 0,70 % y a través de los años según un registro del INEI del 2017 ha aumentado hasta un 1,20 %, el creciente incremento en la población peruana genera en los gobiernos regionales una necesidad de aperturar nuevas zonas urbanas para compensar el crecimiento poblacional peruano.

Según Butrón & Flores (2023) en la Provincia de Jorge Basadre, en el distrito de Locumba hay 2 159 habitantes, de los cuales 1 248 son hombres (representando el 57,80 % de la población) y 911 son mujeres (representando el 42,20 %) con una tasa de crecimiento poblacional del 3,19 %, dato respaldado por el INEI del año 2007, pero según el último Censo realizado en el año 2017 por el INEI, el distrito de Locumba presenta una población de 2 531, representando un incremento del 17 % en comparación del Censo realizado una década atrás, este incremento poblacional se vio reflejado en el crecimiento del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba que ahora abarca un área de 15 cuadras (22 959,43 m²), según se detalla en la Figura 1.

Figura 1

Ubicación del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba

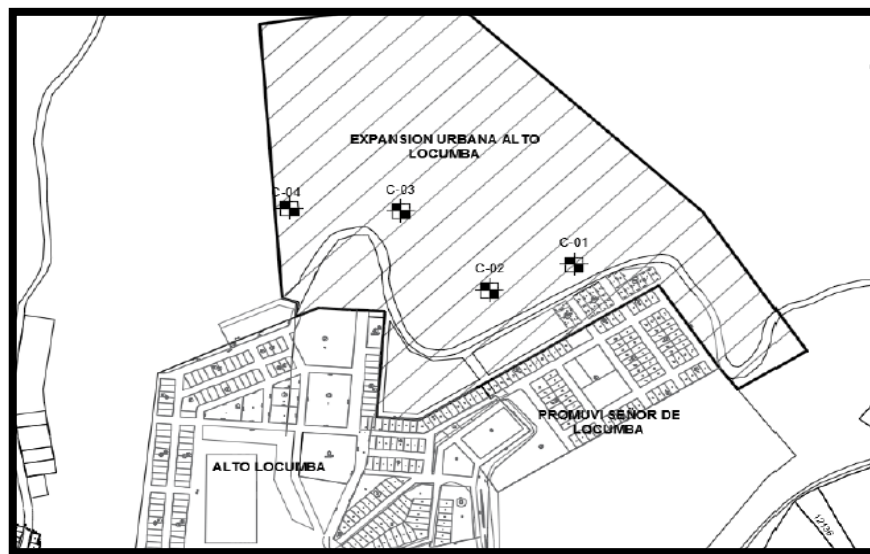


Nota. Adaptado de Google Earth (2023), del sitio web <https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>

Mamani y Quispe (2017) realizaron el “Estudio de suelos para cimentaciones de edificaciones en la zona de Alto Locumba del distrito de Locumba - provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna” este estudio realizado en 4 calicatas con profundidades de 1,50 m y 3,00 m (revisar la Figura 2) en la Expansión Urbana Alto Locumba, tenía como finalidad delimitar las características físicas y mecánicas del suelo y seleccionar el tipo de cimentación más óptima para la construcción de viviendas multifamiliares, obteniéndose como uno de los resultados que la Expansión Urbana Alto Locumba y zonas contiguas presentaban un grado de expansión del 0,28 %, detallando que el suelo de la zona presenta un porcentaje de expansión bajo, según lo establecido en la normativa E 050 SUELOS Y CIMENTACIONES por encontrarse en un intervalo de 0 a 1 %.

Figura 2

Ubicación de las calicatas



Nota. Adaptado de Mamani y Quispe (2017) del sitio web <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/345>.

En los últimos años el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba ha presentado múltiples problemas de humedad, atribuyéndose tentativamente a las características del suelo de la zona, y ante la ausencia de una respuesta satisfactoria

por parte de la Municipalidad local, se ha ido observando el incremento de grietas y fisuras en los muros de las viviendas de los pobladores (revisar Figura 3), agrietamiento en la pista y hundimiento del asfalto (revisar Figura 5), agrietamiento en las veredas (revisar Figura 4) y agrietamientos profundos en el coliseo y zonas cercanas a este. (revisar Figura 6).

Figura 3

Grietas y fisuras en viviendas



Nota. Se observa grietas y fisuras en las vivienda del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Figura 4

Grietas y fisuras en veredas



Nota. Se observa grietas y fisuras en veredas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Figura 5

Grietas y fisuras en pista



Nota. Se observa grietas y fisuras en las calles de el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Figura 6

Grietas y fisuras en la parte trasera del gimnasio



Nota. Se observa grietas y fisuras en la parte de atrás del coliseo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Así mismo se obtuvieron imágenes de la aplicación de Google Earth que fueron capturadas en el año 2013, las cuales muestran fisuras y agrietamientos en las obras civiles, tal como se muestra a continuación en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9, detallando que este era un problema recurrente desde hace una década, que se ha visto incrementado en la actualidad (Google Earth, 2023).

Figura 7

Grietas y fisuras en viviendas, año 2013



Nota. Se observa grietas y fisuras en viviendas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2013. Fuente: (Google Earth, 2023).

Figura 8

Grietas y fisuras en pista, año 2013



Nota. Se observa las veredas y calles del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2013. Fuente: (Google Earth, 2023).

Figura 9

Vista trasera del gimnasio, año 2013



Nota. Se observa el coliseo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2013 . Fuente: (Google Earth, 2023).

Hay que señalar que el problema de la humedad es persistente para una las de las zonas de Locumba que más crecimiento ha tenido desde su fundación en el año 2005 hasta la fecha.

En la Figura 10 se detalla la fundación del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba (2005), presentando en su primer año pistas con la superficie de rodadura afirmada, viviendas de material noble y solo en algunos domicilios disponibilidad a los servicios hídricos.

Figura 10

Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2005



Nota. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2005.

Fuente: (Google Earth, 2023).

En la Figura 11 se contempla el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba una década después de su fundación, se observa un incremento en el nivel de vida medio del asentamiento, reduciendo las viviendas de material noble para la implementación de viviendas de albañilería o bloques de adobe, incorporación de pistas asfaltadas, construcción del coliseo municipal y del parque del niño.

Figura 11

Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2015



Nota. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2015.

Fuente: (Google Earth, 2023).

A figura 12 abarca el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba en la actualidad, presentando la expansión de 2 asentamientos adyacentes, predominancia de casas de albañilería, conexiones hídricas instaladas en casi todos los domicilios, pistas asfaltadas y el mayor grado de fisuraciones registradas en los últimos años por el incremento del asentamiento diferencial debido a problemas de humedad cada vez mayores.

Figura 12

Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2023



Nota. Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba del año 2023.

Fuente: (Google Earth, 2023).

En tal sentido es crucial la determinación del contenido de humedad de la zona, caracterización del suelo y el registro de las deformaciones del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, para la elaboración de cimentaciones óptimas según el tipo de suelo, delimitación del tipo de material cementante adecuado para la prevención de ataques químicos y el tratamiento del asentamiento diferencial que se ha generado por la última década.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba?

- b. ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba?
- c. ¿Cómo es la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con diferentes contenidos de humedad?

1.3. Justificación e importancia

Desde el punto de vista científico:

Es importante conocer las características químicas, físicas y mecánicas del suelo para poder determinar el impacto que tiene el incremento del contenido de humedad con la deformación del suelo en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con el fin de poder determinar las causas de las grietas en las diferentes viviendas, veredas, pistas e infraestructura pública, como el coliseo y el parque del niño; adicionalmente dichos datos pueden utilizarse para futuros proyectos de subsanación de daños, o mitigación de impactos en las zonas contiguas a la zona de estudio .

Desde el punto de vista social:

Es importante conocer y determinar la causa de la deformación del suelo que lleva ocurriendo por más de una década en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, que viene afectando directamente a las viviendas de la población. La identificación de las causas de la deformación, permitirá la realización de futuros proyectos para la mitigación de sus impactos en zonas en proceso de Urbanización, evitando perjuicios para los nuevos pobladores.

Desde el punto de vista económico:

La importancia de encontrar la relación del contenido de humedad con la deformación del suelo ayudará a evitar que se generen grietas leves o profundas en los muros de las edificaciones, fisuras en las veredas, grietas y hundimiento en las calles, y deterioro en las edificaciones públicas; la reducción en todo lo antes mencionado permitiría que la municipalidad pueda ahorrar en mantenimientos viales, para centrar los recursos otorgados por el estado en proyectos para la población.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023

1.4.2. Objetivo específicos

- a. Determinar las propiedades físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba
- b. Determinar las propiedades químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba
- c. Establecer la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con diferentes contenidos de humedad

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El contenido de humedad tiene una relación directa con la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023

1.5.2. Hipótesis específica

- a. Las características físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba son: arcilla de baja plasticidad con densidad seca mayor a 1,90 tn/m³
- b. Las características químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba son: bajo contenido de sales, sulfatos y cloruros
- c. La deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con diferentes contenidos de humedad es expansiva menor al 2 %

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Antecedentes internacionales

Arancibia, (2018) realizó un estudio sobre el comportamiento de los materiales relativamente finos (arenas, limos y arcillas) de la Urb. Las Brisas de Chicureo en Santiago de Chile, que consistió en calcular el grado de deformación de distintas muestras con proporciones de contenido muy variadas y grados de saturación muy diferentes para determinar una correlación entre ellas y el método de estabilización más efectivo, una de las conclusiones que afirma Arancibia es que existe una relación entre el índice de plasticidad, el porcentaje de cambio de volumen y el grado de deformación en los suelos finos; afirmándose que según el incremento del índice de plasticidad y el porcentaje de cambio volumétrico, se incrementa considerablemente el grado de deformación en los suelos finos. (pág. 76)

Gonzáles y Chávez (2022) simularon el comportamiento que tendrían dos suelos arcillosos compuestos principalmente de arcillas y limos en diferentes proporciones, incitando su expansión en el laboratorio, con la finalidad de utilizar los resultados obtenidos de la variación entre el grado de saturación y la deformación del suelo para la estabilización de deformación de suelos en proyectos viales; una de las conclusiones obtenidas afirma que la humedad inicial y el grado de saturación del suelo influyen directamente en el comportamiento de la deformación de suelos arcillosos con un 70 % de material más fino y altos registros de límite líquido e índice de plasticidad. (pág. 115)

Bell y Jermy, (2019) realizaron un estudio que busca predecir el comportamiento de los suelos con cambios de volumen al someterlos a métodos empíricos, de edómetro y de succión, en el primer método se obtienen propiedades básicas como contenido de humedad natural, relación de vacíos, límite líquido, índice de plasticidad y actividad. Concluyendo que existen arcillas moderadamente expansivas con un grado de hinchamiento relativamente menor, pero con permeabilidades muy altas generando grandes deformaciones en el suelo durante la estación de lluvias, siendo estas de principal interés para el diseño de las cimentaciones por su capacidad para hincharse durante una sola estación húmeda, en comparación con las arcillas más expansivas que presentan registros menores y deformaciones menores durante el desarrollo de las épocas lluviosas. (pág. 135)

Antecedentes nacionales

Kosaka et al. (2019) estudiaron el comportamiento de los suelos y su grado de deformación en las zonas de Mariscal Nieto, San Francisco, El Siglo y parte de San Antonio compuesta en su mayoría por gravas arenosas, areniscas y limos arcillosos para el diseño de cimentaciones según la estructura de la zona, al ser la presencia de los limos arcillosos muy abundante en los asentamientos humanos de San Antonio se adicionó el ensayo de expansión libre, obteniéndose que por las características de la zona presente un límite líquido bajo, un bajo porcentaje de deformación y un bajo porcentaje de expansión de 3,80 %, valor que no representa nocivamente el suelo de fundición. (pág. 56)

Cuba (2020) realizó una investigación sobre caracterización de muestras de arcillas expansivas alteradas e inalteradas obtenidas del norte peruano y los distintos factores que influyen en el potencial de hinchamiento, en su cambio volumétrico y en los problemas que presentan para la industria de la construcción. Obteniéndose de los ensayos realizados por expansión libre fluctuaciones entre el 5 % y el 64 % de expansión para cargar de 1,50 kg/cm² y 2 kg/cm², concluyendo que las muestras son poco favorables debido a los distintos grados de humedad y características de la zona, lo que imposibilita dar una solución única. (pág. 351)

Antecedentes locales

Quispe y Mamani (2017) en su tesis del estudio del suelo para diseño de cimentación en Alto Locumba identificó que la zona de estudio presenta una arcilla de baja plasticidad (CL), con un contenido de humedad de 6,29 % a 7,47 %, un contenido de sulfatos entre 0,57 % a 0,97 % y de cloruros entre 0,70 % a 1,21 %, determinando que es un suelo severamente salino. Del ensayo de expansión libre realizado en 2 ensayos por cada una de las 4 calicatas, se concluyó que la zona presenta una deformación del tipo expansivo de 0,28 % de media, dando como resultado un grado de expansión Bajo según la clasificación de Holtz y Hilf para la Zona de Alto Locumba y zonas contiguas. (pág. 71)

Jordán y Rosales (2018) en su estudio sobre la influencia del contenido de humedad en el crecimiento urbano de la zona de Locumba, identifica que la zona presenta arcillas de baja plasticidad con un contenido de humedad entre 4,70 % y 7,40

%, las deformaciones registradas en el ensayo de expansión registran un potencial de expansión de 0,60 %, clasificado como grado de expansión bajo, además de identificar que el terreno presenta una gran pérdida en su resistencia al esfuerzo cortante, generando fisuras y fallas en muros de la zona (pág. 90).

Flores (2017) determinó el tipo de suelo y potencial de colapso del Puesto de Salud Intiorko, distrito de Ciudad Nueva – Tacna, se desarrollaron 4 calicatas en la zona de estudio, en la que se identificaron 2 estratos por calicata, obteniendo muestras en su estado natural para el desarrollo de ensayos estándares de sus propiedades físicas, sales solubles y potencial de colapso, registrando la deformación del suelo en estado natural y al someterse a un aumento de carga, concluyendo que el colapso para una carga admisible de 1,00 kg/cm² es moderada, debido principalmente a las propiedades físicas (densidad, límite líquido, índice de plasticidad, granulometría) de la zona, también se detalla la relación del incremento del potencial de colapso en relación con el incremento de sales solubles en la zona de estudio para muestras de arena limosa con concentraciones de limos/arcillas mayores superiores al 70 % (pág. 84).

Butrón y Flores (2023) logró determinar que las deficiencias que produce el suelo arcilloso en obras cimentadas en la zona de Alto Locumba del Distrito de Locumba son: grietas en muros, columnas y lozas con un (29,30 %), seguido de desniveles de veredas con (25,90 %), y fisuras en pavimentos con (23,30 %). (pág. 82)

Sánchez (2021), en su publicación en INGEMMET menciona un área de estudio de Locumba (36 u) de 2960 km² que se divide en 36 u¹, 36 u², 36 u³ y 36 u⁴ cada uno con un área de 740 km², muestra un mapa geológico de Locumba donde muestra que en la zona del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba predominan rocas sedimentarias (formación sotillo) correspondientes al área 36 u¹, que presenta una predominancia de la riolita.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contenido de humedad

Para Palacios (2021) el contenido de humedad es la relación porcentual del peso de agua en una porción dada de suelo con su peso de las partículas sólidas.

Dado que el contenido de humedad influye directamente en la plasticidad, compresibilidad, resistencia y estabilidad de los suelos, esta medida es crucial. Por ejemplo, un contenido de humedad insuficiente puede provocar asentamientos no deseados, pérdida de resistencia o incluso deslizamientos de tierra, lo que compromete

la integridad de las infraestructuras. En la ingeniería civil, realizamos pruebas de contenido de humedad en diferentes etapas de un proyecto para determinar el equilibrio ideal de agua y suelo. El punto de máxima densidad seca, que indica la relación ideal entre agua y suelo para obtener la máxima resistencia, se puede encontrar utilizando la curva de compactación, que se obtiene al cambiar el contenido de humedad y la densidad del suelo. Además, el contenido de humedad también es esencial para la estabilidad de los taludes. Un exceso de agua aumenta el riesgo de deslizamientos porque reduce la cohesión del suelo. Sin embargo, un contenido de humedad demasiado bajo puede provocar la contracción del suelo, lo que puede resultar en grietas y problemas de estabilidad en las estructuras.

En el Perú se utiliza la NTP 339.127 que indica según el INACAL, (versión revisada al 2019) para la obtención del contenido de humedad, se debe determinar la relación entre el peso del agua y el peso del contenido sólido, por lo que se debe determinar el peso de agua eliminado de 3 muestras húmedas introducidas a un horno controlado a 110 °C. El peso del suelo resultante es el peso de las partículas sólidas, y el peso perdido corresponde al peso del agua en la muestra, como se muestra en la Fórmula 1.

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

W = Contenido de humedad, en porcentaje

2.2.2. Grado de saturación

Según Palacios (2021) el grado de saturación es la medida que representa la cantidad máxima de agua que puede ser retenida en el suelo. Se calcula mediante la división del volumen de agua en el suelo entre el volumen total de poros multiplicados por el ciento.

2.2.3. Deformación de suelos

Los cambios físicos y estructurales que experimenta un suelo como resultado de cargas externas o cambios ambientales se conocen como deformación del suelo.

Asentamientos, consolidación, compactación, expansión, contracción y flujo son algunas de las muchas formas en que puede manifestarse esta deformación.

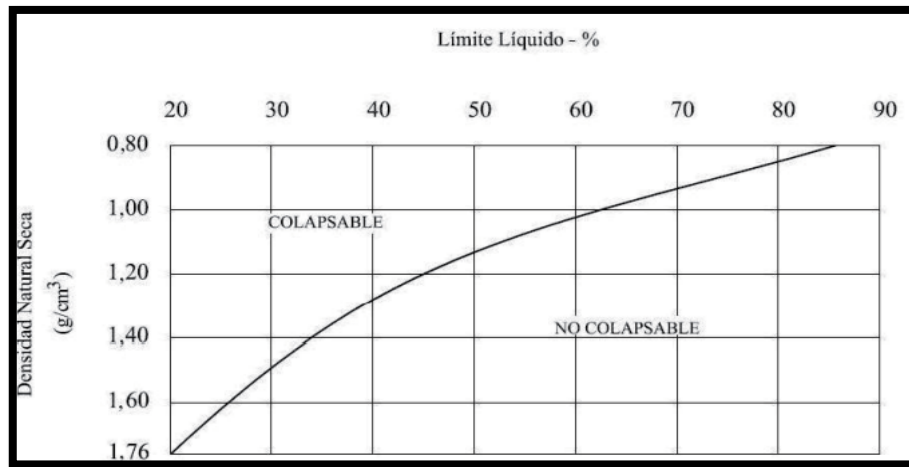
En ingeniería civil, comprender cómo diferentes tipos de suelo responden a las cargas aplicadas es fundamental. Por ejemplo, la consolidación de suelos cohesivos como arcillas y limos puede ocurrir, un proceso en el que se reducen los volúmenes de vacíos debido a la eliminación del agua, lo que conduce a asentamientos graduales en estructuras. Por otro lado, suelos granulares como arena y grava tienden a compactarse bajo cargas, lo que también puede causar asentamientos. Para comprender mejor cómo reacciona un suelo a diferentes condiciones de carga, mi investigación se centra en métodos como la consolidación unidimensional y los ensayos de corte directo. Para prever y mitigar problemas de deformación que podrían comprometer la estabilidad de edificaciones, carreteras y cimentaciones, entre otras estructuras, es fundamental estudiar la relación entre los esfuerzos aplicados y la respuesta del suelo.

En el Repositorio (Sánchez, 2021), Es el análisis de un área específica como el cuadrángulo de Locumba en este caso, proporciona información importante sobre su composición, distribución y estructuras geológicas. Debido a que la geología subyacente tiene un impacto en las propiedades del suelo y su comportamiento ante cargas, esta información es útil para los ingenieros civiles. Según el estudio geológico, el área está compuesta principalmente por suelos cohesivos como arcillas o limos, que son susceptibles a procesos de consolidación bajo cargas aplicadas, lo que podría resultar en asentamientos diferentes en las estructuras. Sin embargo, si la geología indica una presencia significativa de suelos granulares como arena o grava, se espera que estos suelos tengan una mayor capacidad de drenaje y compresión bajo carga.

Según Peralta et al., (2022) en lugares donde se evidencia la presencia de hundimientos considerables es necesaria la aplicación de un ensayo de colapso, también detalla que se debe determinar la plasticidad del Suelo, el ensayo de humedad y el ensayo de peso volumétrico para evaluar el potencial de colapso en función al Límite Líquido y el peso volumétrico seco (γ_d), véase la Figura 13 para mejor entendimiento.

Figura 13

Gráfico de límite líquido y densidad natural seca



Nota. Se muestra la relación entre el límite líquido y densidad natural seca.

Fuente: Peralta et al., (2022).

2.2.3.1. Suelos colapsables

Para López et al. (2022) cuando el suelo es potencialmente colapsable, debe verificarse mediante ensayo el potencial de colapso de suelos, tomándose muestras en pozos a cielo abierto, en condición inalterada, el índice de colapso se puede definir utilizando la fórmula 2:

$$I_c(\%) = \frac{\Delta e}{1+e_0} \text{ o } I_c(\%) = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (2)$$

- Δe = Cambio en la relación de vacíos debido al hundimiento
- E_0 = Relación de vacíos inicial
- Δh = Cambio de altura de la muestra
- H_0 = Altura inicial de la muestra

La severidad del problema de colapso se puede clasificar utilizando la Tabla 1, que se obtiene de la tesis Simulación y Análisis numérico de deformación de suelos.

Tabla 1*Clasificación del índice de colapso*

Grado de Colapso	Índice de Colapso
Ninguno	0
Leve	0,10 a 2,00
Moderado	2,10 a 6,00
Moderadamente severo	6,10 a 10,00
Severo	> 10,00

Nota. Se muestra los grados de lapso y el índice del colapso. Fuente Lopez et al. (2022).

En el Perú se utiliza la NTP 339.163 indicando según INACAL, (revisada al 2015) que el método de ensayo consiste en colocar una muestra en estado natural tallado y saturado con agua destilada, sometiéndose a un esfuerzo vertical inicial de 5 kPa, el cual se incrementará progresivamente y se registrará el grado de deformación para el cálculo del Índice de Colapso.

2.2.4. Suelos expansivos

Son deformación de suelos aquellos suelos con la propiedad de contraerse cuando pierden humedad o expandirse cuando ganan humedad, esta propiedad generalmente está relacionado a su cantidad de limos, arcillas o minerales dispersos en el suelo.

En el Perú para el cálculo del grado de expansión se utiliza la NTP 339.170 indicado según INACAL, (revisada al 2015) se pueden utilizar hasta 3 métodos distintos para el desarrollo del ensayo, requiriendo una muestra de suelo que esté lateralmente confinada y cargada en un consolidómetro con acceso a agua libre.

Método A: la muestra se inunda y se deja hinchar verticalmente a la presión de asiento (1kN) hasta que complete el hinchamiento primario, luego es cargada hasta obtener el valor inicial de la relación de vacíos.

Método B: se aplica una presión vertical (7kN) que exceda a la presión de asiento antes de colocar el agua en el consolidómetro, luego se permite el acceso al agua, generando contracción e hinchamiento. La cantidad de asentamiento o hinchamiento se mide a la presión aplicada después que el movimiento sea insignificante.

Método C: la muestra se mantiene a altura constante por ajuste de la presión vertical después de saturarlo con agua. Luego se realizará un ensayo de consolidación

de acuerdo con la NTP 339.170. Los resultados se utilizarán para determinar el potencial de levantamiento.

El ensayo de expansión es un método para determinar la expansión de un suelo frente a un aumento de la humedad.

Para Peralta et al. (2022) cuando se encuentran evidencias de deformación de suelos, se sustenta su evaluación mediante los ensayos de Determinación del Hinchamiento Unidimensional de suelos cohesivos, dichas muestras deben ser inalteradas y obtenidas de pozo a cielo abierto. Clasificándose el grado de expansión según sus porcentajes de expansión, material fino y el índice de expansión, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de deformación de suelos

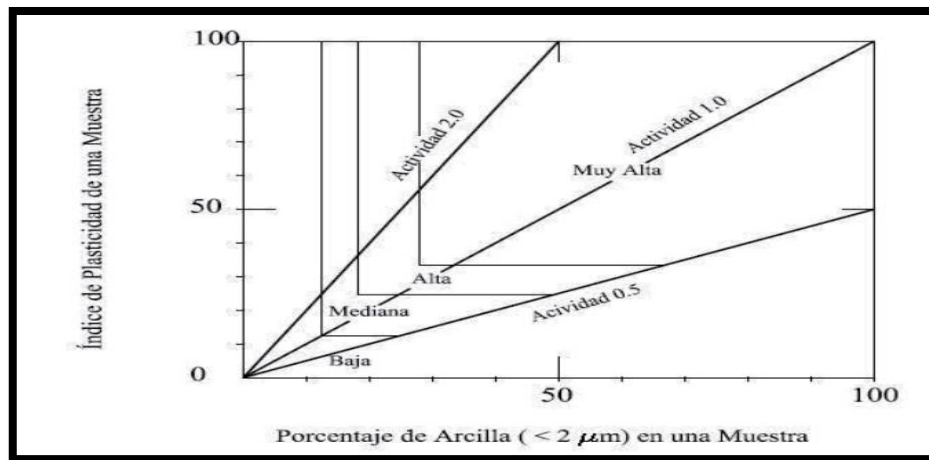
Potencial de expansión Ep %	Expansión en consolidómetro, bajo presión vertical de 7 kPa %	Índice de Plasticidad IP %	Porcentaje de partículas menores de dos micras %
Muy alto	> 30	> 32	> 37
Alto	20 – 30	23 – 45	18 – 37
Medio	10 – 20	12 – 34	12 – 27
Bajo	< 10	< 20	< 17

Nota. Se muestra todas las clasificaciones de deformación de suelos. Fuente Lopez et al. (2022).

Según la Tuñoque (2019) el estudio de deformación de suelos es obligatorio en suelos cohesivos con bajo grado de saturación y plasticidad alta ($LL > 50$), estando el potencial de expansión del suelo en función de partículas menores a $2 \mu\text{m}$, de la actividad y del índice de plasticidad de la arcilla, como se detalla en la Figura 14, además la actividad se puede calcular utilizando la Fórmula 3.

Figura 14

Relación entre el Índice de Plasticidad y el Porcentaje de Actividad en suelos cohesivos



Nota. Se muestra la relación entre el Índice de Plasticidad y el Porcentaje de Actividad en suelos cohesivos. Fuente: Tuñoque (2019).

$$Actividad (A) = \frac{Indice\ de\ Plasticidad}{\% \text{ peso de material fino inferior a } 2\ \mu m} \quad (3)$$

2.2.5. Clasificación SUCS

Es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para la descripción de la textura y el tamaño de las partículas del suelo. Para realizar la clasificación primero se debe realizar la granulometría y el límite líquido de la muestra, luego se procederá a ubicar el tipo de suelo según la tabla de clasificación de suelos de la E 050 suelos y cimentaciones.

2.2.6. Limite liquido

Es el momento cuando el suelo pasa del estado plástico al estado líquido, para la determinación del límite líquido, el método más común es mediante la utilización de una cuchara de Casa Grande.

En el Perú se utiliza la NTP 339.129, que indica según INACAL, (revisada al 2019) el contenido de humedad está expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla entre los estados líquidos y plásticos.

Para el cálculo del límite líquido se deben realizar al menos dos ensayos, se debe rellenar con una mezcla de agua y suelo moldeable la copa de Casagrande, hacer un surco en la muestra, se golpeará consecutivamente mediante el uso de la manivela del equipo hasta que el surco se cierre entre 15 y 25 en una muestra, 25 a 35 en la otra muestra. El límite líquido se obtiene del valor de la humedad producto de la interpolación del valor correspondiente a los 25 golpes en relación a los dos valores previamente obtenidos.

2.2.7. Límite plástico

En el Perú se utiliza la NTP 339.129 que indica según INACAL, (revisada al 2019) el límite plástico es el contenido de humedad expresado en porcentaje, en el cual el suelo se encuentra entre los estados plásticos y semisólidos.

2.2.8. Granulometría por tamizado

En el Perú se utiliza la NTP 339.128 que indica según INACAL, (revisada al 2019) el ensayo se debe realizar con una muestra de 500g de material en estado seco, luego el suelo se pasará por una serie de tamices, midiéndose la cantidad de suelo atrapado en cada tamiz y calculando el porcentaje que representará en función a la muestra original, luego se colocarán los datos en una gráfica semilogarítmica y se trazará la curva por donde pasan los resultados obtenidos (revisar Tabla 3).

Tabla 3

Tamices y su designación ASTM para tamizado

Tamices	Designación astm
75,0 mm	(3 in)
50,0 mm	(2 in)
37,5 mm	(1 1/2 in)
25,0 mm	(1 in)
19,0 mm	(3/4 in)
9,5 mm	(3/8 in)
4,75 mm	(N° 4)
2,00 mm	(N° 10)
850 µm	(N° 20)
425 µm	(N° 40)

250 μm	(N° 60)
106 μm	(N° 140)
75 μm	(N° 200)

Nota. Se muestra la tabla granulométrica.

Fuente: NTP 339.128, (2019).

Para los suelos finos se utiliza el método del hidrómetro, el cual se utiliza para determinar la distribución del tamaño de partícula de los suelos de grano fino que pasan por un tamiz de 75 μ . (revisar Tabla 4).

Tabla 4

Tamices y su designación ASTM para el método del hidrómetro

Tamices	Designación astm
75,00 mm	(3 in)
50,00 mm	(2 in)
37,50 mm	(1 1/2 in)
25,00 mm	(1 in)
19,00 mm	(3/4 in)
9,50 mm	(3/8 in)
4,75 mm	(N° 4)
2,00 mm	(N° 10)

Nota. Se muestra la tabla granulométrica de la norma. Fuente: NTP 339.128, (2019).

2.2.9. Granulometría por sedimentación

La granulometría por sedimentación se encarga de la clasificación del material pasante de la malla N°10, para lo cual según lo indicado en INACAL (2019) se deberá realizar el ensayo de densímetro de la NTP 339.090 a la muestra. Para la obtención del porcentaje de suelo suspendido, se deberá calcular la masa de suelo usado en el ensayo del densímetro y luego aplicar la fórmula 4 si se utilizó densímetros graduados en densidades relativas (ASTM 151H) o la fórmula 5 para densímetros graduados en gramos por litros de suspensión (ASTM 152H):

$$P = \left[\left(\frac{100000}{W} \right) \times \frac{G}{G - G_1} \right] (R - G_1) \quad (4)$$

$$P = \left(\frac{Ra}{W} \right) \times 100 \quad (5)$$

Donde:

a = Factor de correlación aplicado en la lectura de densímetros graduados en gramos por litro de suspensión.

P = Porcentaje de suelo que queda en suspensión

R = Lectura del densímetro en la solución de agua

E = Volumen de extracto acuoso evaporado, en mL

G = Gravedad específica de las partículas sólidas

G₁ = Gravedad específica del agua con defloculante (Valor de 1)

2.2.10. Sales solubles dispersas en el suelo

Según la norma NTP 339.152 (INACAL, 2015) establece que las partículas sales solubles de un suelo se determinan utilizando un extracto acuoso de 100 g preparado con una relación suelo-agua de 1:5 para la mezcla. Un volumen conocido de la mezcla de ensayo, correctamente filtrado se coloca en una cápsula de evaporación, el cual se evaporará a sequedad al menos 1 hora a 180 °C ± 2 °C, para posteriormente enfriarse con desecación y pesarlo. Repetir este proceso hasta que la variación de peso sea menor al 4 % o 1 mg de la pesada anterior. Para el cálculo de las sales solubles en el suelo se utilizará la fórmula 5 con los datos previamente obtenidos.

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \times D}{E} \times 10^6 \quad (5)$$

Donde:

SS = Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)

(m₂-m₁) = Peso de resultado de evaporación, en g

D = Relación de la mezcla agua-suelo

E = Volumen de extracto acuoso evaporado, en mL

2.2.11. Cloruros solubles dispersos en el suelo

En el Perú, la NTP 339.177 (INACAL, 2015) indica que las partículas de cloruros en un suelo, se determina mediante un ensayo que consiste, en la elección de 100 g de muestra pasante por la malla N° 10, al que se le agrega 300 mL de agua destilada, se agitará por 1 hora, se centrifugará y se filtrará por una membrana de 0.45 micras de ser necesario. Luego se extraerá 30 mL de extracto de suelo, al que se le verificará el pH, se le adicionará bicarbonato de sodio o ácido nítrico (solo si el pH es inferior a 6 o superior a 8 respectivamente), se le añadirá 1 mL de cromato de potasio, se titulará con nitrato de plata y se anotará el volumen de AgNO_3 empleado.

Para el cálculo de la ppm de cloruro se utilizará la fórmula 6 con los datos previamente obtenidos.

$$\text{Contenido de } \text{Cl}^- = \frac{(\text{mLAgNO}_3 - B) \times T \times 100}{M} - D \quad (6)$$

Donde:

- T = Título (mg Cl^- /mL AgNO_3)
- B = Consumo de blanco del indicador
- M = g de muestra titulada
- D = Factor de dilución

2.2.12. Sulfatos solubles dispersas en el suelo

En el Perú, la NTP 339.178 (INACAL, 2015) indica que las partículas de sulfatos en un suelo, se determinan mediante un ensayo que consiste, en la elección de 100 g de muestra pasante por la malla N°10, que se colocará en un frasco Erlenmeyer, se le agregará 300 mL de agua destilada, se agitará por 1 hora, se centrifugará y se filtrará por una membrana de 0,45 micras de ser necesario. Luego se extraerá 30 mL de extracto de suelo, se calentará hasta el punto de ebullición y se añadirá lentamente 5 mL de BaCl_2 , filtrar la suspensión de BaSO_4 sobre un papel filtro de textura fina y lavarlo con agua caliente hasta que se encuentre libre de cloruro, colocarlo en un crisol de platino y carbonizarlo a 800 °C por 1 hora, agregar una gota de H_2SO_4 unas cuantas gotas de HF y evaporar bajo campana extractora para para eliminar el tetracloruro de silicio (SiF_4). Volver a calcinar a 800 °C por 1 hora, enfriar y pesar el BaSO_4 .

Para el cálculo de la ppm de sulfatos se utilizará la fórmula 7 con los datos previamente obtenidos.

$$SO_4 = \frac{W \times 411500}{M} \quad (7)$$

Donde:

W = Gramos de BaSO₄

M = Gramos de muestra de suelo

2.3. Definición de términos

2.3.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad es la magnitud que expresa la cantidad de agua en una porción de suelo (Eos Data Analytics, 2020).

2.3.2. Deformación del suelo

Es el proceso por el cual la masa cambia de volumen, manteniendo su forma, el grado de deformación depende del tipo de carga, las características del terreno, porcentaje de vacío, entre otros, pueden ser asentamiento o expansión (Federacion de enseñanza, 2011)

2.3.3. Deformación de suelos

Son suelos que, por su composición y naturaleza, presentan grandes variaciones en su volumen cuando sufren una variación en su contenido de humedad, provocando su expansión (PennState Extencion, 2023).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

Diseño de Investigación: Experimental

Según Tamayo (2019), la investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa efecto, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales, se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos, llamados de control, que no reciben el tratamiento o estímulo experimental.

3.2. Acciones y actividades

Se realizó una visita a campo para identificar la problemática, consultar con los lugareños y recopilación de evidencia fotográfica.

Apoyándonos en programas externos, observamos la zona de influencia de nuestro proyecto y se delimitaron los puntos más significativos para nuestra toma de muestras.

Se coordinó con la municipalidad y algunos lugareños para la facilitación en la toma de las 4 muestras necesarias para el desarrollo del proyecto.

Se coordinó con un laboratorio externo para el servicio de ensayos físicos y químicos de las muestras obtenidas.

3.3. Materiales y/o instrumentos

En campo:

- Herramientas de uso manual para la excavación de la calicata.
- Cinta de seguridad, implementos varios para el marcado.
- Rotomartillo.
- Minigenerador.
- Bolsa adecuada para el transporte de muestra.

- Wincha métrica.

En laboratorio:

- Los ensayos se realizaron con los equipos e instrumentos que se encontraron en el Área de Laboratorio y Control de Calidad de la HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L, de acuerdo con la normativa aplicable.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La presente investigación se realizó en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba en el distrito de Locumba, Jorge Basadre, Tacna, tiene una extensión de 2.30 hectáreas.

3.4.2. Muestra

Se realizaron 4 calicatas en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con dimensiones de 1 m x 1 m y una profundidad de 1 m, las dimensiones se definieron en consideración al grado de nuestra investigación, por ende, al centrarnos principalmente en la determinación del contenido de humedad, caracterización y deformación del suelo no consideramos plausible la utilización de profundidades referenciales mayores como podría señalar la NTP 339.162 o la E050 centradas principalmente en el diseño de ingeniería y construcción de cimentaciones, por no considerar una profundidad óptima para el tipo de investigación a realizar en esta tesis, además de conocer la estratigrafía de la zona y el ángulo de inclinación por los cortes de taludes verticales que hay en la zona.

Las muestras utilizadas en los ensayos de laboratorio serán las definidas en las normas correspondientes.

3.5. Operacionalización de variables

Para el estudio se utilizaron las siguientes variables independientes y dependientes.

Variable independiente: Contenido de humedad.

Variable dependiente: Deformación del suelo.

La operacionalización de las variables, su definición, sus dimensiones y sus indicadores se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Operacionalización de variables de investigación

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Metodos
Contenido de humedad	Es la cantidad de agua contenida en el suelo	Humedad Natural	Ensayo de contenido de humedad	Unidad %	NTP 339.127
		Humedad de Saturación	Ensayo de contenido de humedad	Unidad %	
Deformación del suelo	La compresión o expansión por cambios de volumen.	Propiedades físicas del suelo	Granulometría por tamizado	Clasificación SUCS - AASHTO	NTP 339.128
			Granulometría por sedimentación	Clasificación SUCS - AASHTO	NTP 339.128
			Límites de Atterberg	Unidad %	NTP 339.129
		Propiedades químicas del suelo	Densidad y peso unitario	g/cm ³ y kN/m ³	ASTM D 7263-21
			Peso específico	g/cc	ASTM C-128
			Sales solubles dispersas en el suelo	ppm	NTP 339.152
			Cloruros solubles dispersos en el suelo	ppm	NTP 339.177
Sulfatos solubles dispersos en el suelo	ppm	NTP 339.178			

(Continúa)

Tabla 5 (Continuación)

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Metodos
			Ensayo de potencial de asentamiento	Unidad %	NTP 339.152
		Deformaciones del suelo	Ensayo de potencial de colapso	Kg/cm ²	NTP 339.177
			Resistencia a la compresión uniaxial	MPa	ASTM D-2938

Nota. Descripción de las variables.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos están definidas en las normas técnicas peruanas por cada ensayo, la Tabla 6 agrupa los distintos ensayos a desarrollar junto con la normativa peruana vigente para cada ensayo.

Tabla 6

Ensayos de laboratorio

Propiedades	Ensayos	Normatividad
Humedad natural	Contenido de Humedad	NTP 339.127
Granulometría	Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128
Granulometría	Análisis granulométrico sedimentario	NTP 339.128
Plasticidad del suelo	Límites de Atterberg	NTP 339.129
Densidad y peso unitario	Densidad y peso unitario	ASTM D 7263-21
Peso específico	Peso específico	ASTM C-128
Sales solubles	Sales solubles dispersas en el suelo	NTP 339.152
Cloruros solubles	Cloruros solubles dispersos en el suelo	NTP 339.177
Sulfatos solubles	Sulfatos solubles dispersas en el suelo	NTP 339.178

(Continúa)

Tabla 6 (Continuación)

Propiedades	Ensayos	Normatividad
Potencial de expansión	Potencial de expansión	NTP 339.170
Potencial de colapso	Potencial de colapso	NTP 339.163
Resistencia a la compresión simple	Resistencia a la compresión uniaxial	ASTM D-2938

Nota. Normas que se utilizaron para los ensayos de laboratorio.

Estas labores fueron realizadas con softwares de procesamiento de datos, tablas y gráficos como microsoft word, excel y otros similares.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Reconocimiento y muestro de la zona

De la inspección a campo y con el apoyo de la visión satelital aportada por el Google Earth, se logró delimitar la zona de Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba que abarca desde el parque del niño hasta el coliseo municipal, como se detallan en la Figura 15.

Figura 15

Delimitación de la zona del proyecto



Nota. Delimitación de la zona del proyecto. Fuente: Google Earth (2023).

Para la realización de esta tesis se consideraron la realización de 4 calicatas (Figura 16) de las que se extrajeron las muestras significativas para los ensayos de laboratorio. Siendo la ubicación de las calicatas:

- C-1: Detrás del Coliseo Municipal (Figura 17)
- C-2: Porción de tierra cercana a las vías principales (Figura 18)
- C-3: Porción de tierra cercana al talud (Figura 19)
- C-4: Almacén de vivienda (Figura 20)

Figura 16

Ubicación de las 4 calicatas



Nota. Ubicación de las 4 calicatas.

Figura 17

Excavación en calicata C-1



Nota. Ubicación de la calicata C-1.

Figura 18

Excavación en calicata C-2



Nota. Ubicación de la calicata C-2.

Figura 19

Excavación en calicata C-3



Nota. Ubicación de la calicata C-3.

Figura 20*Excavación en calicata C-4**Nota.* Ubicación de la calicata C-4.

4.2. Descripción visual de la muestras

En la zona del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba se realizó la exploración visual y presencial de las zonas que se encuentran habitadas e inhabitadas, observándose una superficie poco compactada, en algunas zonas cercanas al coliseo y la avenida principal presentan una topografía muy accidentada.

La designación de las calicatas se realizó tratando de abarcar las zonas habitadas (viviendas), las pistas, la zona con más cargas (coliseo municipal) y las inhabitadas cercanas a los taludes, por la geografía de algunas zonas bastante duras, se realizó la excavación a cielo abierto con un martillo eléctrico, roto martillo, grupo electrógeno y herramientas manuales necesarias romper el suelo, la extracción de las muestras se realizó a un metro de profundidad.

En la calicata C-01 obtenida detrás del coliseo municipal se observa que es un suelo color gris claro formado por roca blanda, por su consistencia dura presentaba grandes problemas para su excavación, la extracción de las muestras fue con el equipo llevado a campo, la muestra extraída no presentaba fisuras ni grietas, superficie porosa, ausencia de material orgánico, contenido de humedad de 7,25 %, la muestra presenta una gran permeabilidad y mantiene su dureza durante su saturación (revisar Figura 21).

Figura 21

Muestra de la Calicata C-1

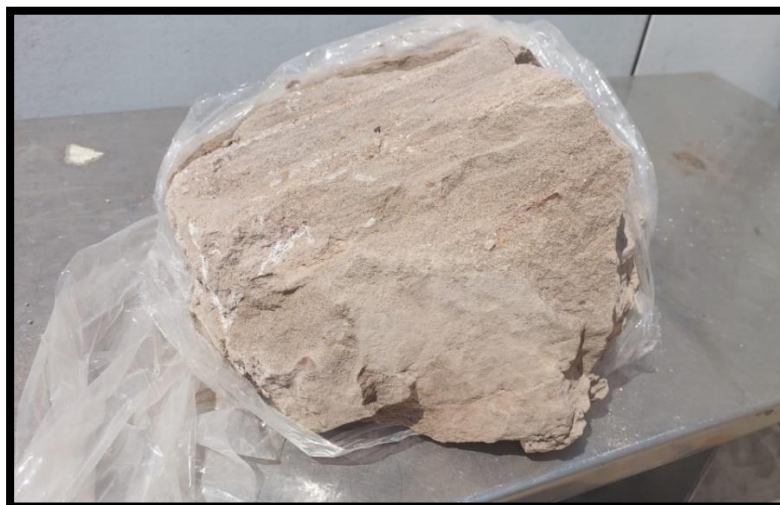


Nota. Muestra Calicata C-1.

En la calicata C-02 obtenida cerca de la vía principal de acceso, se observó un suelo color gris claro con contenido de roca blanda, por su consistencia dura presentaba grandes problemas para su excavación, la extracción de las muestras fue con el equipo llevado a campo, la muestra extraída no presentaba fisuras ni grietas, superficie porosa, ausencia de material orgánico, contenido de humedad del 4,92 %, presentando una gran permeabilidad y conservando su dureza durante su saturación (revisar Figura 22).

Figura 22

Muestra de la Calicata C-2



Nota. Muestra Calicata C-2.

En la calicata C-03 obtenida cerca de un talud al frente de las viviendas, se observó un suelo de color gris claro formado por una pequeña porción de gravas, abundante arena y partículas de limo, al momento del contacto se sentía áspera al tacto, para la extracción de las muestras se utilizó el equipo llevado a campo, la muestra extraída no presentaba fisuras ni grietas, superficie porosa, ausencia de material orgánico y presenta un contenido de humedad del 11,87 % (revisar Figura 23).

Figura 23

Muestra de la Calicata C-3



Nota. Muestra Calicata C-3.

En la calicata C-04 obtenida de una vivienda habitada, se observó un suelo color marrón claro con contenido de gravas, arenas y limos, en el momento del contacto era áspera al tacto, la extracción de las muestras se realizó con el equipo llevado a campo, la muestra extraída no presentaba fisuras ni grietas, superficie porosa, ausencia de material orgánico y un contenido de humedad del 7,76 % (revisar Figura 24).

Figura 24

Muestra de la Calicata C-4



Nota. Muestra Calicata C-4.

4.3. Propiedades físicas de las muestras

A continuación, se detalla los resultados del contenido de humedad, granulometría por tamizado, granulometría por sedimentación, límite líquido, índice de plasticidad, peso específico, densidad y peso unitario de las muestras obtenidas de las 4 calicatas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

4.3.1. Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad, se realizó utilizando la NTP 339.127, obteniéndose unos bajos contenidos de humedad de 7,25 % para la calicata C-1, 4,92 % para la calicata C-2, 11,87 % para la calicata C-1 y 7,76 % para la calicata C-4, detallándose los datos más importantes para el desarrollo del cálculo en la Tabla 7.

Tabla 7

Resultados de contenido de humedad

Descripción	Unidad	Muestras			
		C-01	C-02	C-03	C-04
N° de tara	Tara	T-1	T-2	T-3	T-4
Peso del suelo humedo + tara	g	376,20	661,60	666,50	678,60
Peso del suelo seco + tara	g	359,40	639,70	616,40	643,80
Peso de la tara	g	127,80	194,90	194,40	195,10
Peso del agua	g	16,80	21,90	50,10	34,80
Peso del suelo seco	g	231,60	444,80	422,00	448,70
Contenido de humedad	%	7,25	4,92	11,87	7,76

Nota. Resultados de contenido de humedad

4.3.2. Humedad de saturación

Para la determinación de la humedad de saturación, se consideraron las densidades secas obtenidas del ensayo de ASTM D 7263-21 y gravedad específica obtenidas del ensayo de peso específico.

Detallándose los datos necesarios para el cálculo de la relación de vacíos y la humedad de saturación obtenidos de los Anexos 2, en la siguiente tabla:

Tabla 8*Datos de las calicatas*

Descripción	C-1	C-2	C-3	C-4
Densidad seca según parafina	1,950	1,883	1,744	1,618
Gravedad específica (GS)	2,79	2,717	2,785	2,798
Saturación	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Nota. Datos de las calicatas.

Se procedió con el cálculo de la relación de vacíos según fórmula de relaciones volumétricas (Fórmula 8), considerando que la densidad del agua se tomará como 1 g/cm³.

$$e = \frac{\gamma_w \times G_s}{\gamma_d} - 1 \quad (8)$$

Los resultados de las relaciones de vacíos obtenidas se detallan en la tabla 9.

Tabla 9

Relación de vacíos

	C-1	C-2	C-3	C-4
<i>Relacion de vacios</i>	0,431	0,443	0,597	0,729

Nota. Relación de vacíos.

Para el cálculo de la humedad de saturación se utilizó la fórmula de relaciones volumétricas para el cálculo de la saturación (Fórmula 9), del que se desajó la humedad.

$$S = \frac{w \times G_s}{e} \rightarrow w = \frac{S \times e}{G_s} \quad (9)$$

Los resultados de la humedad de saturación se detallan en la tabla 10.

Tabla 10

Humedad de saturación por calicata

	C-1	C-2	C-3	C-4
Gravedad específica (gs)	2,79	2,717	2,785	2,798
Relacion de vacios	0,431	0,443	0,597	0,729
Saturacion	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
% Humedad de saturacion	15,44 %	16,30 %	21,43 %	26,06 %

Nota. Humedad de saturación por calicata.

4.3.3. Granulometría por tamizado

La granulometría por tamizado se realizó utilizando la NTP 339.128, para la determinación de la clasificación SUCS y AASHTO de las muestras de suelo provenientes de las 4 calicatas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Calicata c-1

La granulometría de la calicata C-1, se realizó con una muestra de 1169,80 g presentando un porcentaje de gravas del 0,22 %, arenas del 81,08 % y 18,70 % de limos, la calicata C-1 se clasificó como una arena limosa según SUCS y la clasificación A-2-4 según AASHTO. Los porcentajes de retención se detallan en la Tabla 11 y la curva granulométrica del suelo en la Figura 25.

Tabla 11

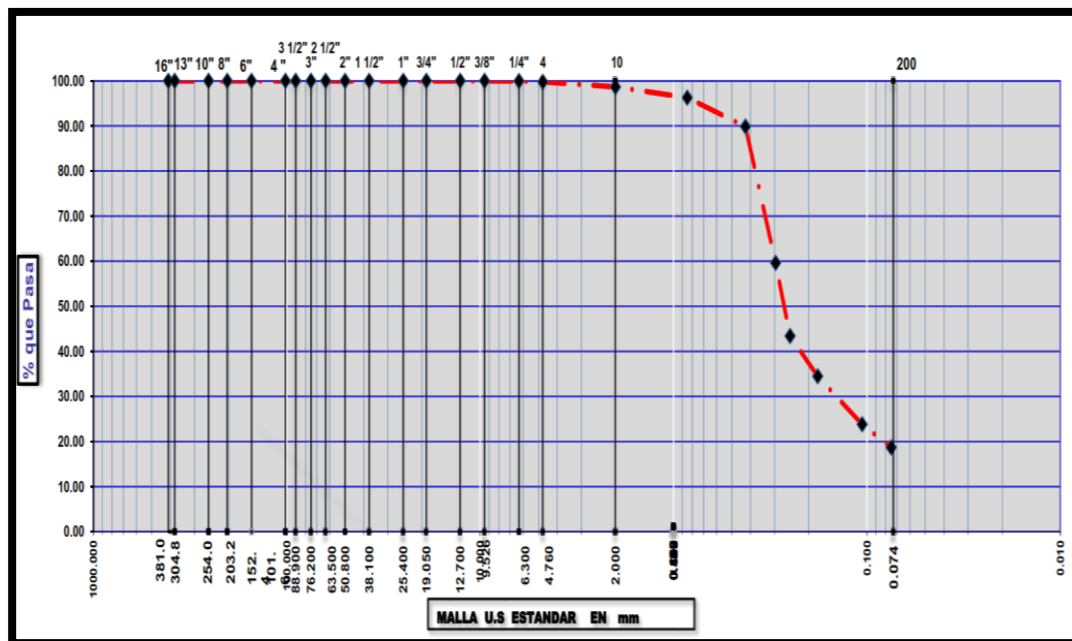
Granulometría por tamizado, calicata C-1

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	
Bolonería Mayores de 350 mm.	16"	410,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
	13"	380,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
Canto rodado De 75,00 mm hasta 350,00 mm.	10"	254,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
	8"	203,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
	6"	152,40	0,00	0,00	0,00	100,00	
	4"	101,60	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3 1/2"	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
Grava de 4,75 mm hasta 75,00 mm.	Gruesa	3"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		2 1/2"	63,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
		1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	Fina	3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		1/2"	12,70	0,00	0,00	0,00	100,00
		3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
		1/4"	6,30	0,50	0,043	0,043	99,96
		N° 4	4,75	2,10	0,180	0,222	99,78
Arena de 0,075 mm hasta 4,75 mm	Gruesa	N° 10	2,00	13,20	1,128	1,351	98,65
		N° 20	0,85	27,60	2,359	3,710	96,29
	Media	N° 40	0,425	74,90	6,403	10,11	89,89
		N° 60	0,297	354,00	30,262	40,37	59,63
	Fina	N° 80	0,250	189,40	16,191	56,57	43,43
		N° 100	0,180	104,60	8,942	65,51	34,49
		N° 140	0,106	124,60	10,651	76,16	23,84
	N° 200	0,075	60,20	5,146	81,30	18,70	
Limo/Arcilla	<200	0,073	218,70	18,696	100,00	0,00	
Características generales							
Porcentaje de Bolonería (%)					0,00		
Porcentaje de Canto Rodado (%)					0,00		
Porcentaje de Gravas (%)					0,22		
Porcentaje de Arenas (%)					81,08		
Porcentaje de Limo (%)					18,70		
Clasificación de suelo							
SUCS :					SM		
Cu :					--		
Cc :					--		
Arena Limosa							
ASHTO :					A-2-4		

Nota. Análisis granulométrico por tamizado, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 25

Curva granulométrica, calicata C-1



Nota. Curva granulométrica, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-2

La granulometría de la calicata C-2, se realizó con una muestra de 1159,60 g, presentando un porcentaje de gravas del 0,44 %, arenas del 84,27 % y 15,29 % de limos, la calicata C-2 se clasificó como una arena limosa según SUCS y la clasificación A-2-4 según AASHTO. Los porcentajes de retención se detallan en la Tabla 12 y la curva granulométrica del suelo en la Figura 26.

Tabla 12

Granulometría por tamizado, calicata C-2

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
Bolonería Mayores de 350 mm.	16"	410,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	13"	380,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	10"	254,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Canto rodado De 75,00 mm hasta 350,00 mm.	8"	203,20	0,00	0,00	0,00	100,00
	6"	152,40	0,00	0,00	0,00	100,00
	4"	101,60	0,00	0,00	0,00	100,00
	3 1/2"	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00

(Continúa)

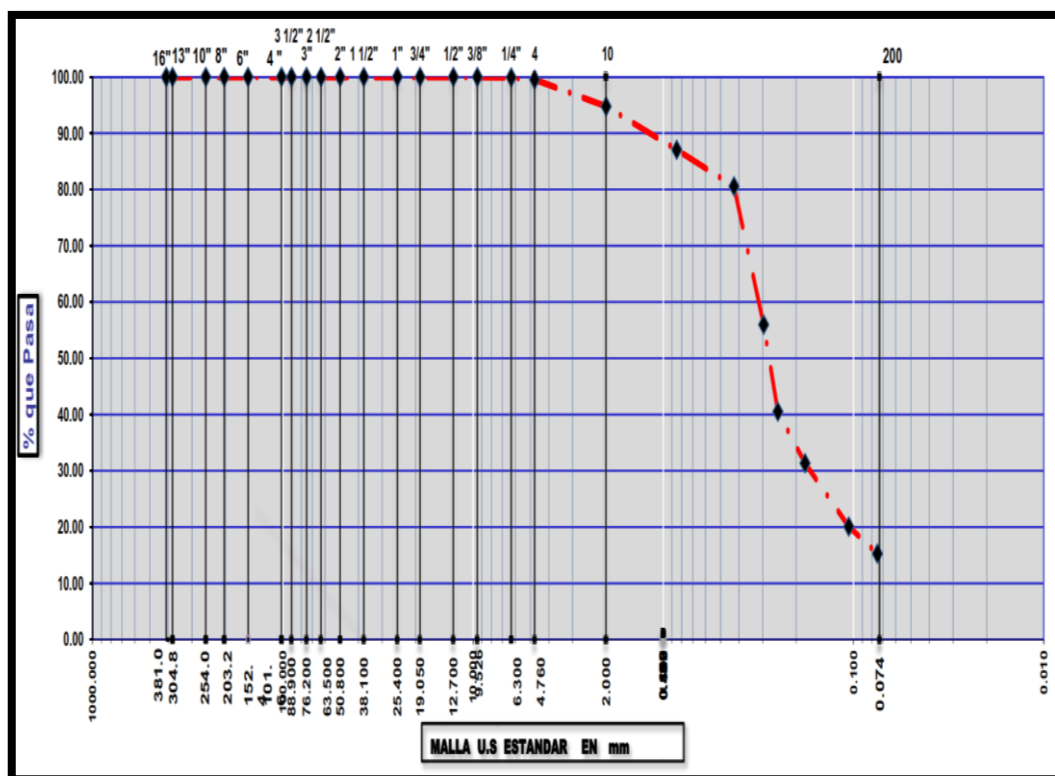
Tabla 12 (Continuación)

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	
Grava de 4,75 mm hasta 75,00 mm.	Gruesa	3"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
	Fina	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1/4"	1,10	0,095	0,095	99,91	99,96
		N° 4	4,00	0,345	0,440	99,56	99,78
Arena de 0,075 mm hasta 4,75 mm	Gruesa	N° 10	55,10	4,752	5,191	94,81	98,65
		N° 20	89,70	7,735	12,927	87,07	96,29
	Media	N° 40	75,50	6,511	19,44	80,56	89,89
		N° 60	285,10	24,586	44,02	55,98	59,63
	Fina	N° 80	179,40	15,471	59,49	40,51	43,43
		N° 100	106,30	9,167	66,66	31,34	34,49
		N° 140	130,30	11,237	79,90	20,10	23,84
		N° 200	55,80	4,812	84,71	15,29	18,70
Limo/Arcilla	<200	0,073	177,30	15,290	100,00	0,00	
Características generales							
Porcentaje de Bolonería (%)					0,00		
Porcentaje de Canto Rodado (%)					0,00		
Porcentaje de Gravas (%)					0,44		
Porcentaje de Arenas (%)					84,27		
Porcentaje de Limo (%)					15,29		
Clasificación de suelo							
SUCS :					SM		
Cu :					--		
Cc :					--		
Arena Limosa							
ASHTO :					A-2-4		

Nota. Granulometría por tamizado, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 26

Curva granulométrica, calicata C-2



Nota. Curva granulométrica, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-3

La granulometría de la calicata C-3, se realizó con una muestra de 709 g, presentando un porcentaje de gravas del 1,75 %, arenas del 72,64 % y 25,61 % de limos, la calicata C-3 se clasificó como una arena limosa según SUCS y la clasificación A-2-4 según AASHTO. Los porcentajes de retención se detallan en la Tabla 13 y la curva granulométrica del suelo en la Figura 27.

Tabla 13

Granulometría por tamizado, calicata C-3

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
Bolonería Mayores de 350 mm.	16"	410,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	13"	380,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	10"	254,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Canto rodado De 75,00 mm hasta 350,00 mm.	8"	203,20	0,00	0,00	0,00	100,00
	6"	152,40	0,00	0,00	0,00	100,00
	4"	101,60	0,00	0,00	0,00	100,00
	3 1/2"	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00

(continúa)

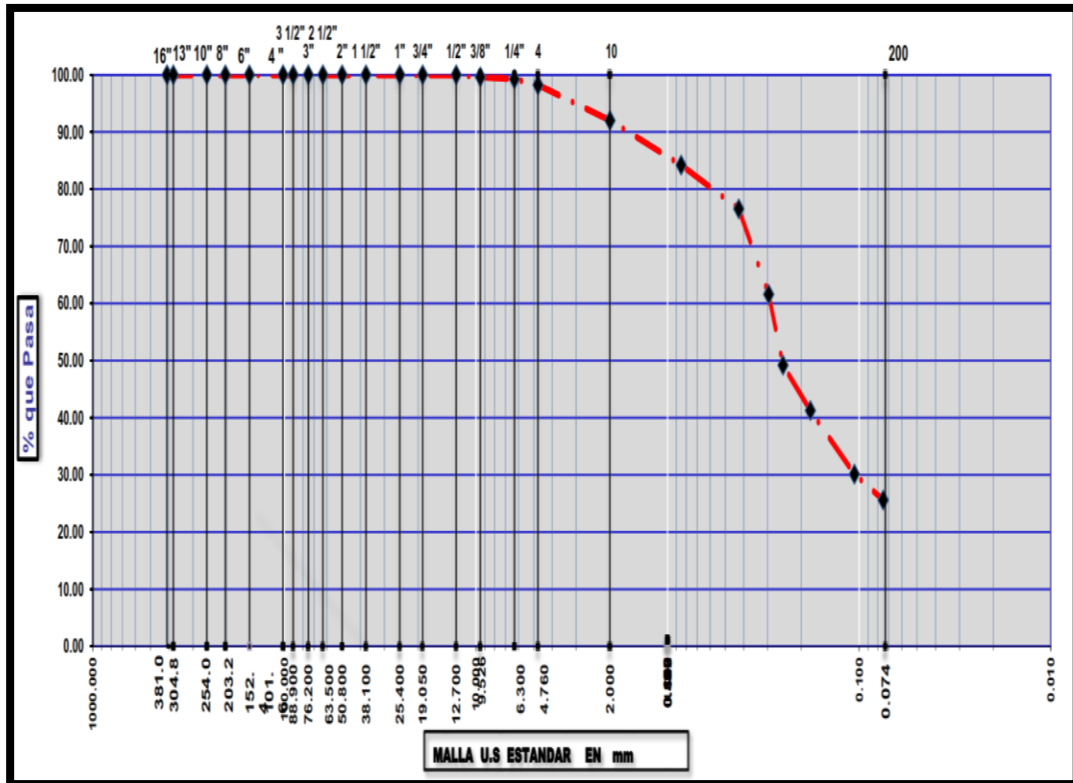
Tabla 13 (continuación)

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	
Grava de 4,75 mm hasta 75,00 mm.	Gruesa	3"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
	Fina	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		3/8"	4,30	0,330	0,330	99,67	100,00
		1/4"	5,30	0,407	0,737	99,26	99,96
		N° 4	13,20	1,013	1,750	98,25	99,78
Arena de 0,075 mm hasta 4,75 mm	Gruesa	N° 10	80,90	6,211	7,961	92,04	98,65
		N° 20	101,70	7,807	15,768	84,23	96,29
	Media	N° 40	99,80	7,662	23,43	76,57	89,89
		N° 60	194,90	14,962	38,39	61,61	59,63
	Fina	N° 80	161,80	12,421	50,81	49,19	43,43
		N° 100	103,40	7,938	58,75	41,25	34,49
		N° 140	145,00	11,132	69,88	30,12	23,84
		N° 200	58,70	4,506	74,39	25,61	18,70
Limo/Arcilla	<200	0,073	333,60	25,610	100,00	0,00	
Características generales							
Porcentaje de Bolonería (%)					0,00		
Porcentaje de Canto Rodado (%)					0,00		
Porcentaje de Gravas (%)					1,75		
Porcentaje de Arenas (%)					72,64		
Porcentaje de Limo (%)					25,61		
Clasificación de suelo							
SUCS :					SM		
Cu :					--		
Cc :					--		
Arena Limosa							
ASHTO :					A-2-4		

Nota. Granulometría por tamizado, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 27

Curva granulométrica, calicata C-3



Nota. Curva granulométrica, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-4

La granulometría de la calicata C-4, se realizó con una muestra de 1283 g, presentando un porcentaje de gravas del 1,85 %, arenas del 63,91 % y 34,24 % de limos, la calicata C-4 se clasificó como una arena limosa según SUCS y la clasificación A-2-4 según AASHTO. Los porcentajes de retención se detallan en la Tabla 14 y la curva granulométrica del suelo en la Figura 28.

Tabla 14

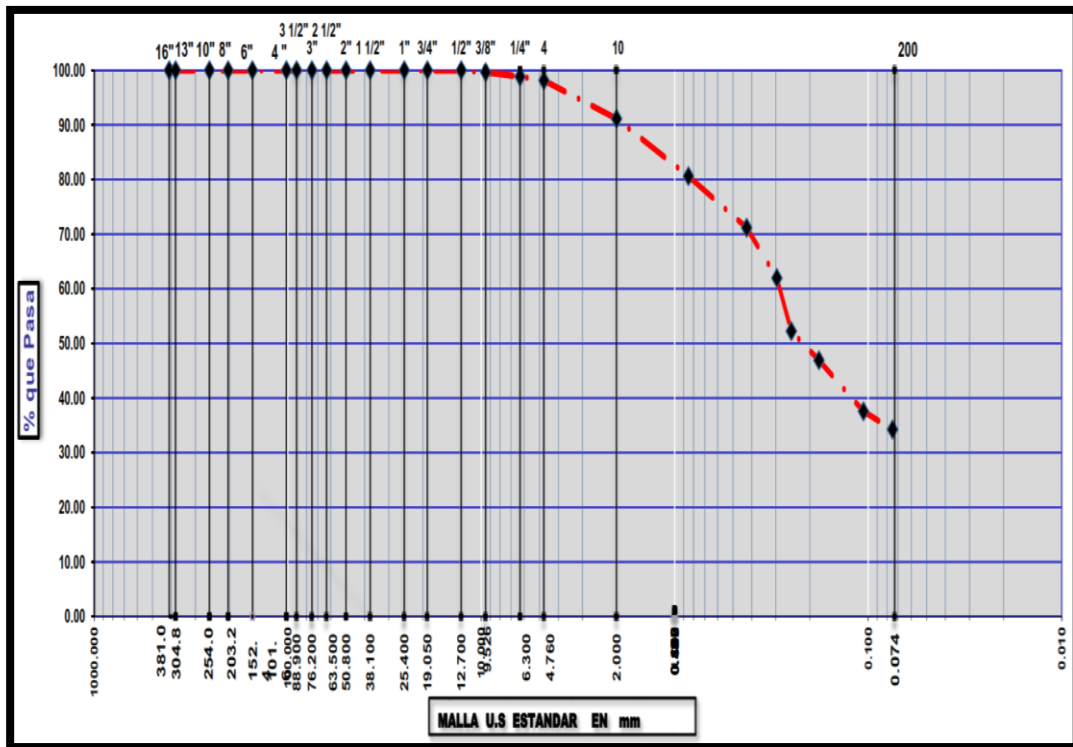
Granulometría por tamizado, calicata C-4

Clasificación según ASTM	Malla	Diámetro (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	
Bolonería Mayores de 350 mm.	16"	410,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
	13"	380,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
Canto rodado De 75,00 mm hasta 350,00 mm.	10"	254,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
	8"	203,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
	6"	152,40	0,00	0,00	0,00	100,00	
	4"	101,60	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3 1/2"	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
Grava de 4,75 mm hasta 75,00 mm.	Gruesa	3"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		1"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
	Fina	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
		3/8"	4,30	0,335	0,335	99,66	100,00
		1/4"	10,50	0,818	1,154	98,85	99,96
		N° 4	8,90	0,694	1,847	98,15	99,78
Arena de 0,075 mm hasta 4,75 mm	Gruesa	N° 10	90,10	7,023	8,870	91,13	98,65
		N° 20	135,10	10,530	19,400	80,60	96,29
	Fina	N° 40	120,70	9,408	28,81	71,19	89,89
		N° 60	118,50	9,236	38,04	61,96	59,63
		N° 80	124,40	9,696	47,74	52,26	43,43
		N° 100	68,60	5,347	53,09	46,91	34,49
		N° 140	119,70	9,330	62,42	37,58	23,84
		N° 200	42,90	3,344	65,76	34,24	18,70
Limo/Arcilla	<200	0,073	439,30	34,240	100,00	0,00	
Características generales							
Porcentaje de Bolonería (%)					0,00		
Porcentaje de Canto Rodado (%)					0,00		
Porcentaje de Gravas (%)					1,85		
Porcentaje de Arenas (%)					63,91		
Porcentaje de Limo (%)					34,24		
Clasificación de suelo							
SUCS :					SM		
Cu :					--		
Cc :					--		
Arena Limosa							
ASHTO :					A-2-4		

Nota. Granulometría por tamizado, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 28

Curva granulométrica, calicata C-4



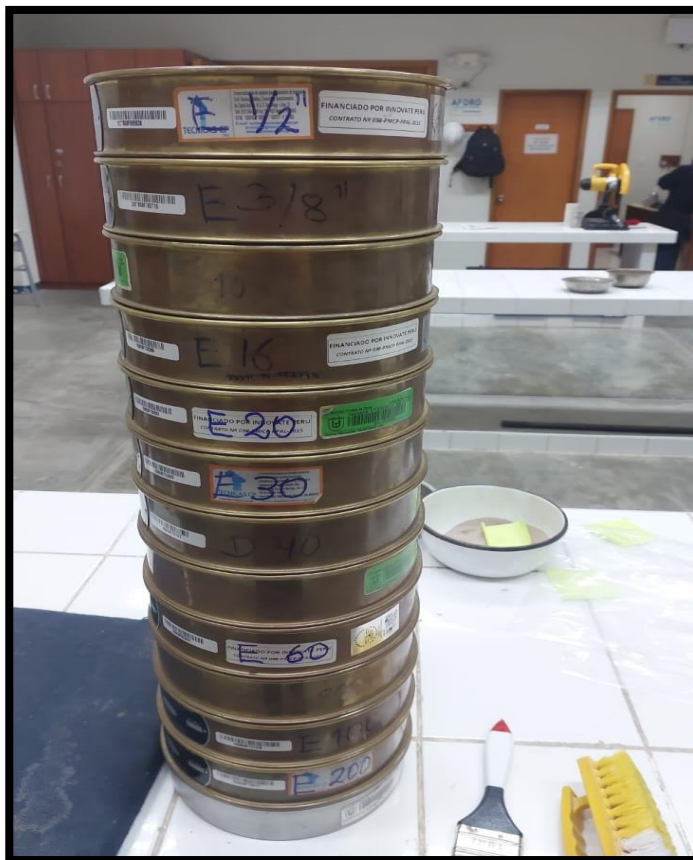
Nota. Curva granulométrica, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

Desarrollo del ensayo

El ensayo de granulometría por tamizado y por sedimentación según la NTP 339.128 se realizó en los laboratorios del Área de Laboratorio y Control de Calidad de HI GEOPROJECT CONSULTORIA, donde el cuarto de las cuatro muestras y el pesado de las retenciones, anotándose los porcentajes correspondientes a las gravas, arenas y limos; parte del proceso se detalla en la Figura 29.

Figura 29

Preparación de los tamices para el ensayo de granulometría



Nota. Armado de los tamices

4.3.4. Granulometría por sedimentación

La granulometría por sedimentación se realizó utilizando la NTP 339.128, para la determinación del porcentaje de limos y arcillas en las muestras de suelo provenientes de las 4 calicatas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Calicata c-1

Del ensayo de granulometría sedimentaria realizado en la calicata C-1, se identificó que el porcentaje de limos representan el 16,50 %, mientras que el de arcillas representan el 2,20 %. El reporte de datos generados en el ensayo se detalla en la Tabla 15, mientras que la curva granulométrica se observa en la Figura 30.

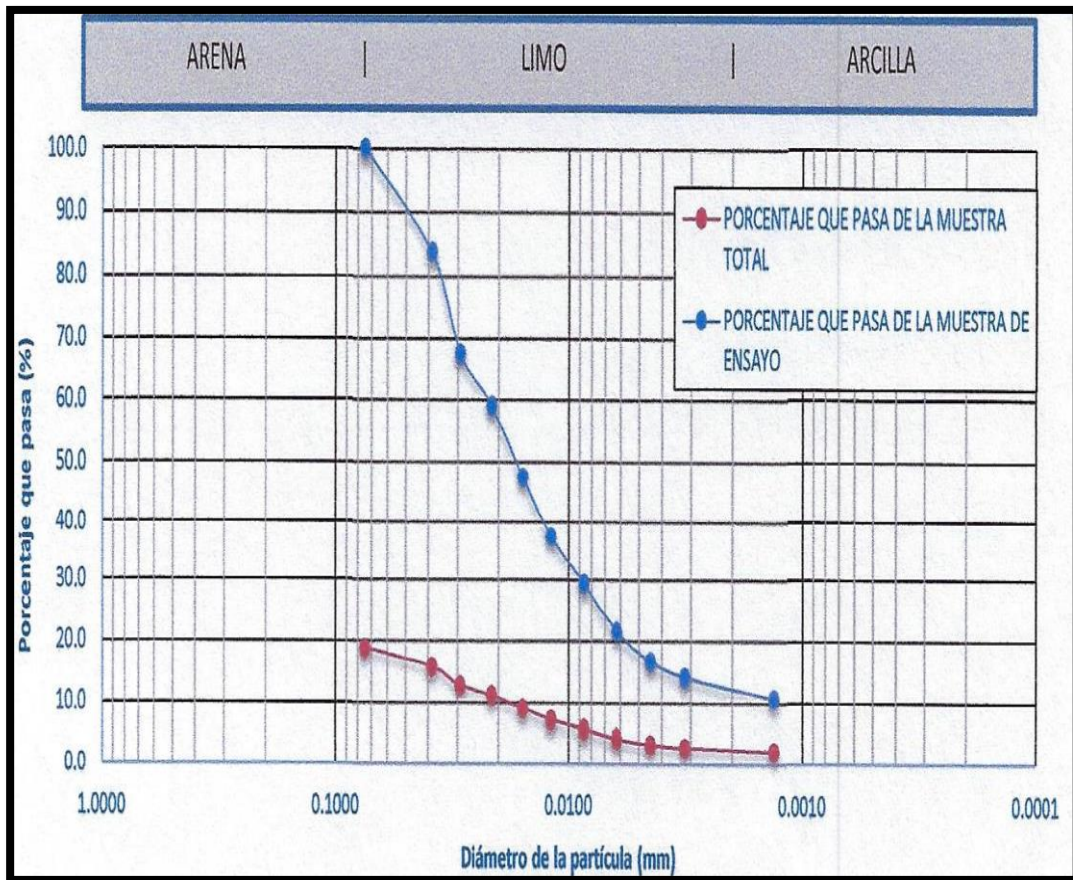
Tabla 15*Granulometría sedimentaria, calicata C-1*

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro	Corrección	Profundidad Efectiva (cm)	Diámetro de Partícula (mm)	Porcentaje más Fino (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
6/10/2023 - 12:15:00	0					0,0750	100,0	18,7
6/10/2023 - 12:16:00	1	21,2	44,75	3,2	9,3	0,0389	83,70	15,7
6/10/2023 - 12:17:00	2	21,3	36,75	3,2	10,6	0,0294	67,64	12,6
6/10/2023 - 12:19:00	4	21,3	32,50	3,2	11,3	0,0215	59,07	11,0
6/10/2023 - 12:23:00	8	21,3	26,75	3,2	12,3	0,0158	47,48	8,9
6/10/2023 - 12:30:00	15	21,3	21,75	3,2	13,2	0,0120	37,40	7,0
6/10/2023 - 12:45:00	30	21,4	17,75	3,2	13,8	0,0087	29,41	5,5
6/10/2023 - 13:15:00	60	21,6	13,75	3,1	14,5	0,0063	21,49	4,0
6/10/2023 - 14:15:00	120	21,7	11,25	3,1	14,9	0,0045	16,52	3,1
6/10/2023 - 16:15:00	240	21,7	10,00	3,1	15,1	0,0032	14,00	2,6
7/10/2023 - 12:15:00	1440	21,1	8,50	3,3	15,4	0,0013	10,55	2,0

Nota. Granulometría sedimentaria, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 30

Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-1



Nota. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-2

Del ensayo de granulometría sedimentaria realizado en la calicata C-2, se identificó que el porcentaje de limos representan el 17,10 %, mientras que el de arcillas representan el 1,60 %. El reporte de datos generados en el ensayo se detalla en la Tabla 16, mientras que la curva granulométrica se observa en la Figura 31.

Tabla 16

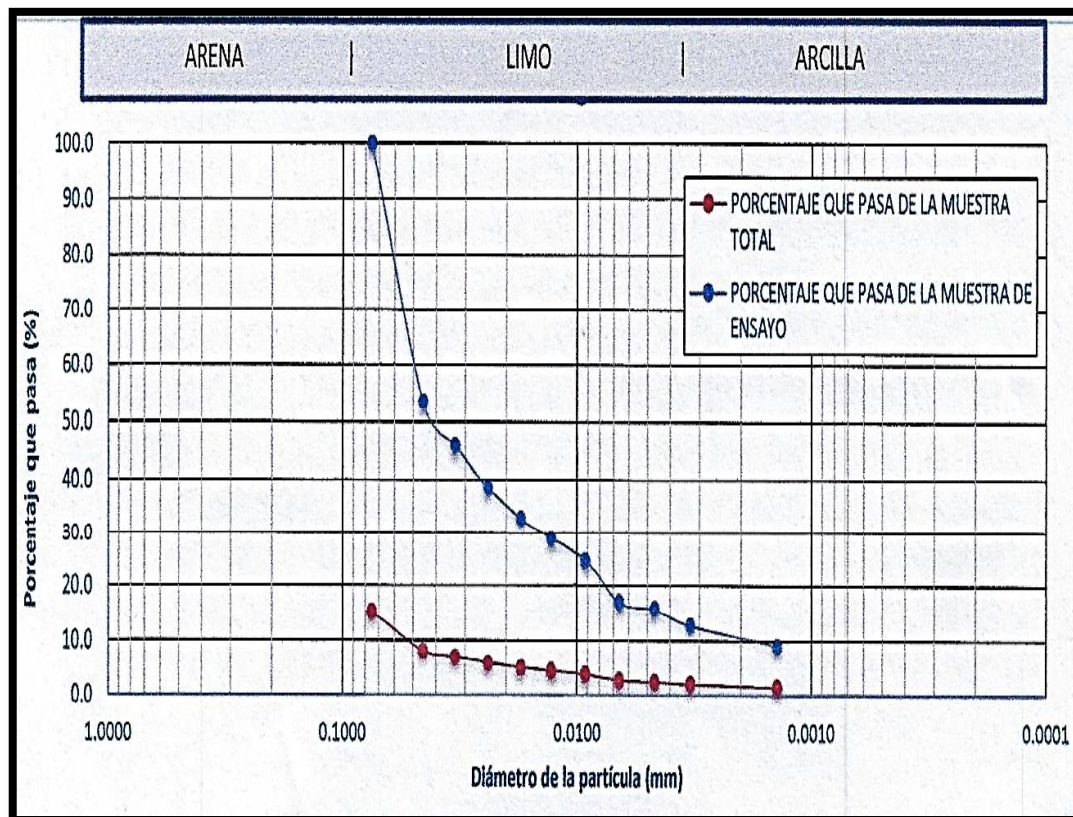
Granulometría sedimentaria, calicata C-2

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro	Corrección	Profundidad Efectiva (cm)	Diámetro de Partícula (mm)	Porcentaje más Fino (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
10/10/2023 - 8:52:00	0					0,0750	100,0	15,2
10/10/2023 - 8:53:00	1	18,1	33,00	4,2	11,2	0,0455	53,31	8,2
10/10/2023 - 8:54:00	2	18,1	29,00	4,2	11,9	0,0331	45,89	7,0
10/10/2023 - 8:56:00	4	18,1	25,00	4,2	12,6	0,0241	38,48	5,9
10/10/2023 - 9:00:00	8	18,1	22,00	4,2	13,1	0,0174	32,92	5,0
10/10/2023 - 9:07:00	15	18,2	19,75	4,2	13,5	0,0128	28,80	4,4
10/10/2023 - 9:22:00	30	18,4	17,50	4,1	13,9	0,0092	24,75	3,8
10/10/2023 - 9:52:00	60	18,8	13,25	4	14,6	0,0066	17,10	2,6
10/10/2023 - 10:52:00	120	19,8	12,25	3,7	14,8	0,0047	15,84	2,4
10/10/2023 - 12:52:00	240	20,7	10,25	3,4	15,1	0,0033	12,69	1,9
11/10/2023 - 8:52:00	1440	18,3	9,10	4,2	15,3	0,0014	9,12	1,4

Nota. Granulometría sedimentaria, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 31

Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-2



Nota. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-3

Del ensayo de granulometría sedimentaria realizado en la calicata C-3, se identificó que el porcentaje de limos representan el 16,30 %, mientras que el de arcillas representan el 2,40 %. El reporte de datos generados en el ensayo se detalla en la Tabla 17, mientras que la curva granulométrica se observa en la Figura 32.

Tabla 17

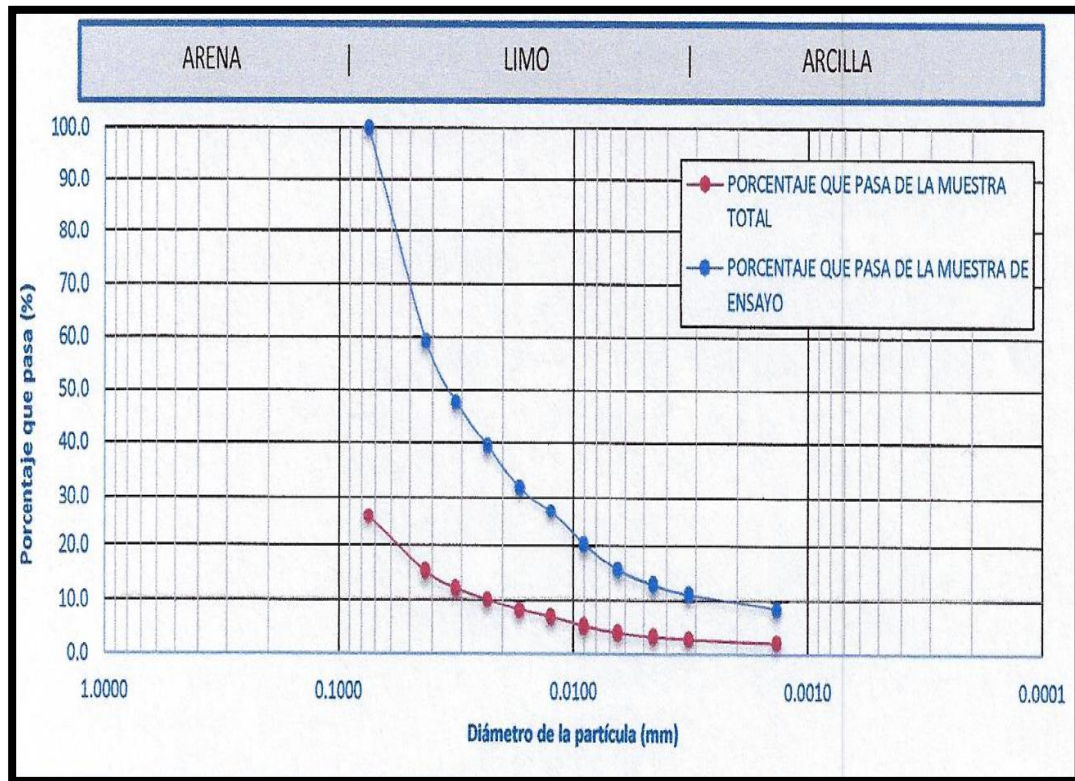
Granulometría sedimentaria, calicata C-3

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro	Corrección	Profundidad Efectiva (cm)	Diámetro de Partícula (mm)	Porcentaje más Fino (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
10/10/2023 - 9:30:00	0					0,0750	100,0	25,6
10/10/2023 - 9:31:00	1	18,5	37,00	4,1	10,5	0,0428	59,36	15,2
10/10/2023 - 9:32:00	2	18,6	30,50	4,1	11,6	0,0318	47,69	12,2
10/10/2023 - 9:34:00	4	18,4	26,00	4,1	12,3	0,0233	38,45	10,1
10/10/2023 - 9:38:00	8	18,5	21,75	4,1	13,1	0,0169	31,83	8,2
10/10/2023 - 9:45:00	15	18,7	19,00	4,1	13,5	0,0125	26,98	6,9
10/10/2023 - 10:00:00	30	18,9	15,25	4	14,2	0,0090	20,32	5,2
10/10/2023 - 10:30:00	60	19,3	12,50	3,9	14,6	0,0065	15,58	4,0
10/10/2023 - 11:30:00	120	20,1	10,75	3,6	14,9	0,0046	12,90	3,3
10/10/2023 - 13:30:00	240	21	9,50	3,3	15,1	0,0032	11,19	2,9
11/10/2023 - 9:30:00	1440	18,7	8,75	4,1	15,3	0,0014	8,47	2,2

Nota. Granulometría sedimentaria, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 32

Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-3



Nota. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-4

Del ensayo de granulometría sedimentaria realizado en la calicata C-4, se identificó que el porcentaje de limos representan el 16,50 %, mientras que el de arcillas representan el 2,20 %. El reporte de datos generados en el ensayo se detalla en la Tabla 18, mientras que la curva granulométrica se observa en la Figura 33.

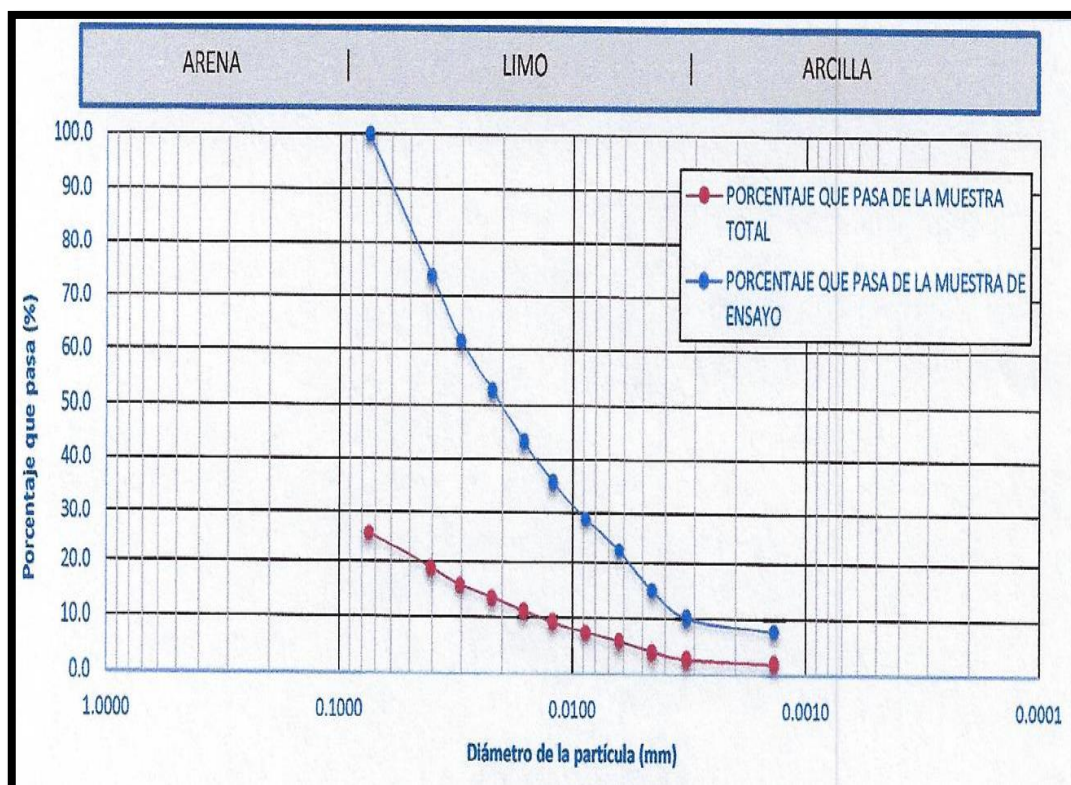
Tabla 18*Granulometría sedimentaria, calicata C-4*

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro	Corrección	Profundidad Efectiva (cm)	Diámetro de Partícula (mm)	Porcentaje más Fino (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
10/10/2023 - 10:08:00	0					0,0750	100,0	25,6
10/10/2023 - 10:09:00	1	19	43,00	4	9,5	0,0405	73,93	18,9
10/10/2023 - 10:10:00	2	19	36,50	4	10,6	0,0320	61,62	15,8
10/10/2023 - 10:12:00	4	19,1	31,75	3,9	11,4	0,0221	52,69	13,5
10/10/2023 - 10:16:00	8	19,1	26,75	3,9	12,2	0,0162	43,22	11,1
10/10/2023 - 10:23:00	15	19,3	22,75	3,9	12,9	0,0121	35,76	9,2
10/10/2023 - 10:38:00	30	19,4	19,00	3,8	13,5	0,0088	28,72	7,4
10/10/2023 - 11:08:00	60	19,8	15,50	3,7	14,1	0,0063	22,34	5,7
10/10/2023 - 12:08:00	120	20,2	11,50	3,6	14,8	0,0046	15,01	3,8
10/10/2023 - 14:08:00	240	21,3	8,50	3,2	15,3	0,0032	10,04	2,6
10/10/2023 - 10:08:00	1440	19,1	8,00	3,9	15,4	0,0014	7,71	2,0

Nota. Granulometría sedimentaria, calicata C-4.

Figura 33

Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-4



Nota. Curva granulométrica sedimentaria, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

Desarrollo del ensayo

El ensayo se realizó en los laboratorios del Área de Laboratorio y Control de Calidad de HI GEOPROJECT CONSULTORIA, utilizando la NTP 339.128 para la selección de la muestra, interpretación de los resultados de los sólidos suspendidos y procesados de resultado; parte del desarrollo del ensayo se puede apreciar en la Figura 34.

Figura 34*Desarrollo de la granulometría sedimentaria*

Nota. Desarrollo de la granulometría sedimentaria.

4.3.5. Límites de atterberg

La granulometría por tamizado se realizó utilizando la NTP 339.129, para la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras de suelo provenientes de las 4 calicatas del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Se debe considerar, que para la determinación del límite líquido alguno de los ensayos realizados debe superar los 25 golpes, caso contrario, se registrará que el límite líquido no se puede determinar y se reportará como suelo no plástico.

Calicata c-1

Para la muestra de la calicata C-1, los ensayos con múltiples grados de humedad no superaron los 25 golpes, registrándose como un suelo no plástico con límite líquido e índice de plasticidad indeterminado. Los datos se detallan en la tabla 19.

Tabla 19*Límites de Atterberg, calicata C-1*

	Limite liquido				Limite plastico			
	01	02	03	04	01	02	03	04
N° de ensayos								
N° de golpes								
N° de tara								
Peso del suelo humedo + tara								
Peso del suelo seco + tara								
Peso de la tara					N.p.		N.p.	
Peso del agua								
Peso del suelo seco								
Contenido de humedad								

Nota. Límites de Atterberg, calicata C-1.**Calicata c-2**

Para la muestra de la calicata C-2, los ensayos con múltiples grados de humedad no superaron los 25 golpes, registrándose como un suelo no plástico con límite líquido e índice de plasticidad indeterminado. Los datos se detallan en la tabla 20.

Tabla 20*Límites de Atterberg, calicata C-2*

	Limite liquido				Limite plastico			
	01	02	03	04	01	02	03	04
N° de ensayos								
N° de golpes								
N° de tara								
Peso del suelo humedo + tara								
Peso del suelo seco + tara								
Peso de la tara					N.p.		N.p.	
Peso del agua								
Peso del suelo seco								
Contenido de humedad								

Nota. Límites de Atterberg, calicata C-2.**Calicata c-3**

Para la muestra de la calicata C-3, se realizaron 3 ensayos con porcentajes de humedad correspondientes a 22,19 %, 21,20 % y 20,62 %, registrando 9, 14 y 27 golpes necesarios para la realización del ensayo. Obteniendo un límite líquido de 20,64 % y un índice de plasticidad de 1,57 %. La tabla 21 detalla los datos obtenidos durante la realización del ensayo y la figura 35 la gráfica para la determinación del límite líquido.

Tabla 21

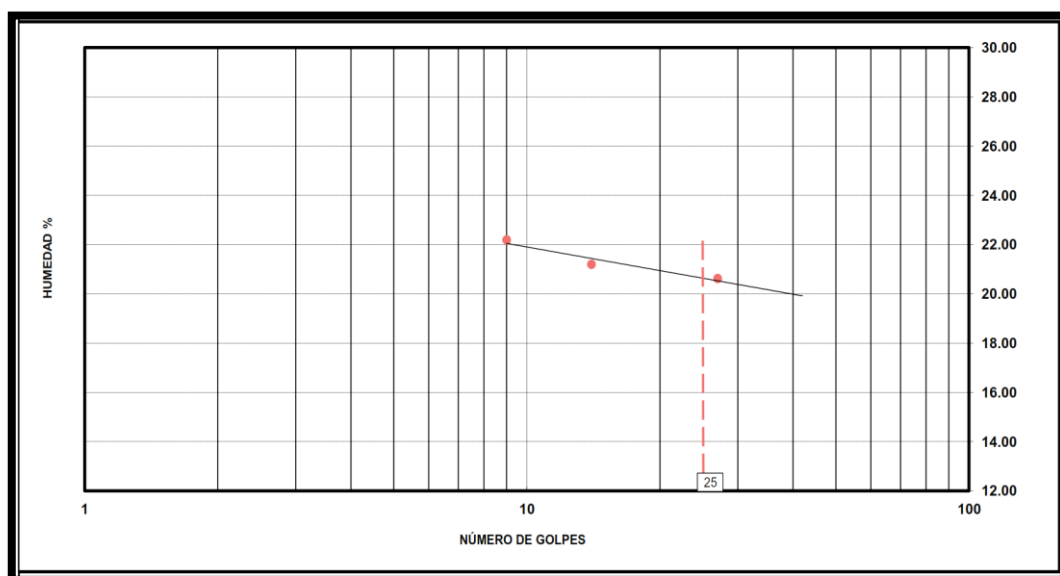
Límites de Atterberg, calicata C-3

		Limite liquido			Limite plástico	
N° de ensayos		1	2	3	1	2
N° de golpes		9	14	27		
N° de tara		T-7	T-1	T-10	T-39	T-9
Peso del suelo húmedo + tara	g	39,36	40,88	40,30	18,27	18,39
Peso del suelo seco + tara	g	37,13	38,55	37,72	28,07	18,18
Peso de la tara	g	27,08	27,56	25,21	17,00	17,10
Peso del agua	g	2,23	2,33	2,58	0,20	0,21
Peso del suelo seco	g	10,05	10,99	12,51	1,07	1,08
Contenido de humedad	%	22,19	21,20	20,62	18,69	19,44
LI: 20,64 %		Lp: 19,07 %			Ip: 1,57 %	

Nota. Límites de Atterberg, calicata C-3.

Figura 35

Gráfico de Casagrande, calicata C-3



Nota. Gráfico de Casagrande, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-4

Para la muestra de la calicata C-4, se realizaron 3 ensayos con porcentajes de humedad correspondientes a 22,61 %, 21,79 % y 20,84 %, registrando 13, 22 y 30 golpes necesarios para la realización del ensayo. Obteniendo un límite líquido de 21,33 % y un índice de plasticidad de 1,06 %. La tabla 22 detalla los datos obtenidos durante la realización del ensayo y la figura 36 la gráfica para la determinación del límite líquido.

Tabla 22

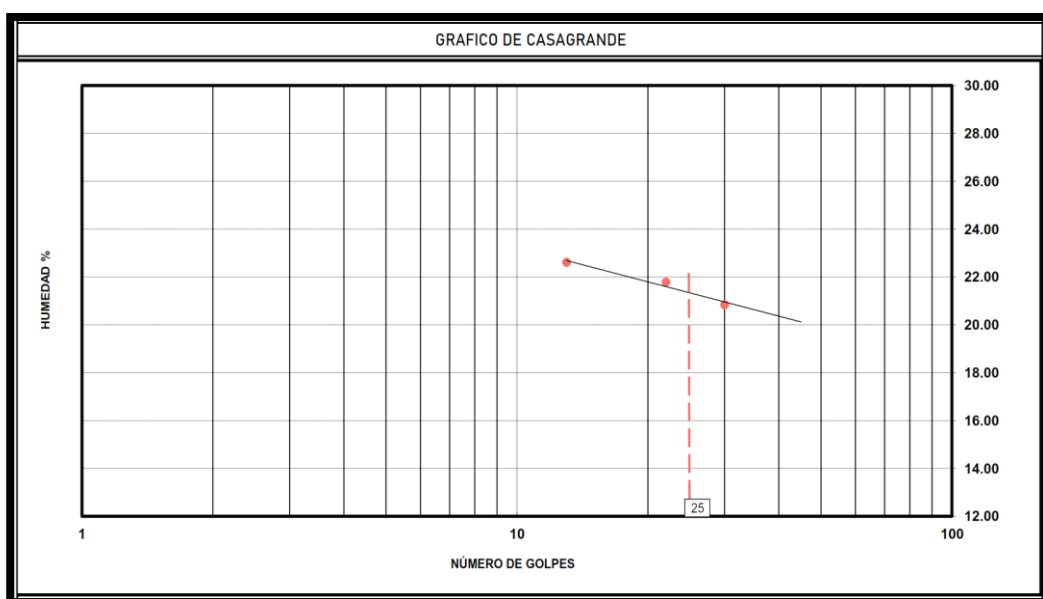
Límites de Atterberg, calicata C-4

		Limite liquido			Limite plástico	
N° de ensayos		1	2	3	1	2
N° de golpes		13	22	30		
N° de tara		T-6	T-3	T-8	T-88	T-11
Peso del suelo húmedo + tara	g	39,11	50,73	41,92	18,41	16,28
Peso del suelo seco + tara	g	37,38	48,22	39,48	17,37	15,22
Peso de la tara	g	29,73	36,70	27,77	12,18	10,05
Peso del agua	g	1,73	2,51	2,44	1,04	1,06
Peso del suelo seco	g	7,65	11,52	11,71	5,19	5,17
Contenido de humedad	%	22,61	21,79	20,84	20,04	20,50
LI: 21,33 %		Lp: 20,27 %			Ip: 1,06 %	

Nota. Límites de Atterberg, calicata C-4.

Figura 36

Gráfico de Casagrande, calicata C-4



Nota. Gráfico de Casagrande, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

Desarrollo del ensayo

El ensayo se realizó en los laboratorios del Área de Laboratorio y Control de Calidad de HI GEOPROJECT CONSULTORIA, utilizando la NTP 339.129 para la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. La Figura 37 contempla el desarrollo de uno de los ensayos correspondientes a la calicata C-3.

Figura 37

Desarrollo del ensayo de límites líquidos



Nota. Desarrollo del ensayo de límites líquidos, calicata C-3.

4.3.6. Densidad y peso unitario

El ensayo de densidad y peso unitario se desarrolló en base a la norma ASTM D 7263-21, utilizando una muestra de cada una de las calicatas en estado natural, se obtienen resultados de 1,95 g/cm³ y 19,13 kN/m³, 1,88 g/cm³ y 18,47 kN/m³, 1,74g/cm³ y 17,10 kN/m³, 1,62 g/cm³ y 15,86 kN/m³, para la densidad y peso unitario de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 respectivamente. Los datos necesarios para el desarrollo del ensayo se registran en la Tabla 23.

Tabla 23

Densidad y peso unitario

Densidad de parafina (g/cm³)		0,8282012			
ID Laboratorio	C-01	C-02	C-03	C-04	
Tamaño máximo de partícula (visual)	-	-	-	-	
Clasificación visual (símbolo SUCS)	SM	SM	SM	SM	
Tipo	Natural	Natural	Natural	Natural	
No. de espécimen	1	1	1	1	
Método A (por desplazamiento)	Masa de espécimen de suelo húmedo (g)	54,99	120,11	80,1	46,38
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina el aire (g)	61,02	126,66	84,85	49,7
	Temperatura del agua al tarar balanza y previo e inmersión (°C)	19,67	19,77	19,77	19,97
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina en el agua (g)	26,1	56,2	35,3	17,6
	Densidad del agua a temperatura T (g/cm ³)	0,99827	0,99823	0,99825	0,99821
	Temperatura del agua durante inmersión del espécimen (°C)	19,67	19,87	19,77	19,97
	Volumen del suelo (cm ³)	27,70	62,68	43,90	28,15
	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1,985	1,916	1,825	1,648
	Peso Unitario (kN/m ³)	19,47	18,79	17,89	16,16
	Determinación de	Tara No.	C-01	C-02	C-03
Masa de Tara (g)		148,5	97,8	167,4	159,2
Masa de Tara + Suelo Húmedo (g)		245,2	220	305,3	295,8
Masa de Tara + Suelo Seco (g)		243,5	217,9	299,2	293,3
Masa del agua (g)		1,7	2,1	6,1	2,5
Masa del suelo seco (g)		95	120,1	131,8	134,1
HUMEDAD (%)		1,79	1,75	4,63	1,86
Densidad Seca (g/cm³)	1,950	1,883	1,744	1,618	
Peso Unitario (kN/m³)	19,126	18,470	17,101	15,862	

Nota. Densidad y peso unitario. Fuente: Reporte de laboratorio.

4.3.7. Peso específico

Para el desarrollo del ensayo de peso específico se utilizó la ASTM C-128 por ser considerada una arena el suelo de ensayo.

Calicata c-1

Para el desarrollo del ensayo de peso específico se utilizó 400 g de arena, obteniendo un peso específico de 2,34 g/cc. Se detallan los datos necesarios para el desarrollo del ensayo y los resultados obtenidos en la Tabla 24.

Tabla 24*Peso específico arena, calicata C-1*

Agregado - norma ASTM C-128		
N° de ensayo		1
Peso mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	g.	400,00
Peso fiola + agua	g.	1277,40
Peso fiola + agua + a	g.	1677,40
Peso de mat. + agua en la fiola	g.	1617,50
Vol. De masa + vol. De vacíos	g.	159,90
Peso de mat. Seco en estufa (105°C)	g/cc.	374,20
Vol de masa	g/cc.	134,10
P.e. bulk (base seca)	g/cc.	2,340
P.e. bulk (base saturada)	g/cc.	2,502
P.e. aparente (base seca)	g/cc.	2,790
% De absorción	%	6,895
P.e. bulk promedio (base seca)	g/cc.	2,340

Nota. Peso específico arena, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-2

Para el desarrollo del ensayo de peso específico se utilizó 400,30 g de arena, obteniendo un peso específico de 2,38 g/cc. Se detallan los datos necesarios para el desarrollo del ensayo y los resultados obtenidos en la Tabla 25.

Tabla 25*Peso específico arena, calicata C-2*

Agregado - norma ASTM C-128		
N° de ensayo		1
Peso mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	g.	400,30
Peso fiola + agua	g.	663,50
Peso fiola + agua + a	g.	1063,80
Peso de mat. + agua en la fiola	g.	904,10
Vol. De masa + vol. De vacíos	g.	159,70
Peso de mat. Seco en estufa (105°C)	g/cc.	380,70
Vol de masa	g/cc.	140,10
P.e. bulk (base seca)	g/cc.	2,384
P.e. bulk (base saturada)	g/cc.	2,507
P.e. aparente (base seca)	g/cc.	2,717
% De absorción	%	5,148
P.e. bulk promedio (base seca)	g/cc.	2,384

Nota. Peso específico arena, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-3

Para el desarrollo del ensayo de peso específico se utilizó 400,10 g de arena, obteniendo un peso específico de 2,31 g/cc. Se detallan los datos necesarios para el desarrollo del ensayo y los resultados obtenidos en la Tabla 26.

Tabla 26

Peso específico arena, calicata C-3

Agregado - norma ASTM C-128		
N° de ensayo		1
Peso mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	g.	400,10
Peso fiola + agua	g.	1277,70
Peso fiola + agua + a	g.	1677,80
Peso de mat. + agua en la fiola	g.	1516,40
Vol. De masa + vol. De vacíos	g.	161,40
Peso de mat. Seco en estufa (105°C)	g/cc.	372,40
Vol de masa	g/cc.	133,70
P.e. bulk (base seca)	g/cc.	2,307
P.e. bulk (base saturada)	g/cc.	2,479
P.e. aparente (base seca)	g/cc.	2,785
% De absorción	%	7,438
P.e. bulk promedio (base seca)	g/cc.	2,307

Nota. Peso específico arena, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-4

Para el desarrollo del ensayo de peso específico se utilizó 400,10 g de arena, obteniendo un peso específico de 2,31 g/cc. Se detallan los datos necesarios para el desarrollo del ensayo y los resultados obtenidos en la Tabla 27.

Tabla 27

Peso específico arena, calicata C-4

Agregado - norma astm c-128		
N° de ensayo		1
Peso mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	g.	400,10
Peso fiola + agua	g.	1321,20
Peso fiola + agua + a	g.	1721,30
Peso de mat. + agua en la fiola	g.	1560,20
Vol. De masa + vol. De vacíos	g.	161,10
Peso de mat. Seco en estufa (105°C)	g/cc.	371,90
Vol de masa	g/cc.	132,90
P.e. bulk (base seca)	g/cc.	2,309
P.e. bulk (base saturada)	g/cc.	2,484
P.e. aparente (base seca)	g/cc.	2,798
% De absorción	%	7,583
P.e. bulk promedio (base seca)	g/cc.	2,309

Nota. Peso específico arena, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

4.3.8. Resumen de las propiedades físicas

En la Tablas 28 y 29 se detallan el resumen de las propiedades físicas de las 4 calicatas en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Tabla 28

Resumen de las propiedades físicas

Calicata	Profundidad	Densidad seca	Peso específico	SUCS
N°	m.	g/cm ³	g/cm ³	
C-1	1,00	1,95	2,34	SM
C-2	1,00	1,883	2,384	SM
C-3	1,00	1,744	2,307	SM
C-4	1,00	1,618	2,309	SM

Nota. Resumen de las propiedades físicas.

Tabla 29

Continuación del resumen de las propiedades físicas

Calicata	Profundidad	Contenido de humedad	Espacio de vacíos	Límites de consistencia		
N°	m.	%		LL	LP	IP
C-1	1,00	7,25	0,301	NP	NP	NP
C-2	1,00	4,92	0,307	NP	NP	NP
C-3	1,00	11,87	0,374	20,64	19,07	1,57
C-4	1,00	7,76	0,422	21,33	20,27	1,06

Nota. Resumen de las propiedades físicas.

4.4. Propiedades químicas

A continuación, se detalla los resultados obtenidos de las sales, cloruros y sulfatos solubles en el suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba utilizando la NTP 339.152, NTP 339.177, NTP 339.178 respectivamente.

4.4.1. Sales solubles en el suelo

Para la realización del ensayo se utilizó 100 g de muestra según detalla la NTP 339.152 debidamente secada, con una relación de suelo-agua de 1:3 para la elaboración de la mezcla acuosa, obteniendo 15550 p.p.m. para la Calicata C-1, 20647 p.p.m. para la Calicata C-2, 22383 p.p.m. para la Calicata C-3 y 29404 p.p.m. para la Calicata C-4. Los datos se detallan en la Tabla 30.

Tabla 30

Sales solubles en las muestras

Descripción	Unidad	Muestras			
		M-01	M-02	M-03	M-04
Código de molde	Tara	G-1	M-1	P-2	R-2
Peso de molde (m ¹)	g.	53,69	51,45	53,76	53,02
Peso de la muestra	g.	100,00	100,00	100,00	100,00
Volumen de extracto acuoso	ml	100,00	100,00	100,00	100,00
Relación de la mezcla	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Peso de molde + residuo (m ²)	g.	54,21	52,14	54,51	54,00
Total de sales solubles	p.p.m.	15550	20647	22383	29404

Nota. Sales solubles en las muestras.

4.4.2. Cloruros solubles en el suelo

Para la realización del ensayo se utilizó 30 mL de una solución acuosa elaborada según detalla la NTP 339.177, con una relación de suelo-agua de 1:3, obteniendo 900 p.p.m. para la Calicata C-1, 2900 p.p.m. para la Calicata C-2, 2150 p.p.m. para la Calicata C-3 y 5400 p.p.m. para la Calicata C-4. Los datos se detallan en la Tabla 31.

Tabla 31

Cloruros solubles en las muestras

Descripción	Unidad	Muestras			
		M-01	M-02	M-03	M-04
Código de molde	Tara	g-3	m-1	p-2	r-2
Peso de molde (m1)	g.	52,69	53,64	53,51	53,26
Peso de la muestra	g.	100,00	100,00	100,00	100,00
Relación de la mezcla	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Volumen de extracto acuoso utilizado	ml.	30,00	30,00	30,00	30,00
Total de sales solubles	P.p.m.	900	2900	2150	5400

Nota. Cloruros solubles en las muestras.

4.5. Sulfatos solubles en el suelo

Para la realización del ensayo se utilizó 30 mL de una solución acuosa elaborada según detalla la NTP 339.178, con una relación de suelo-agua de 1:3, obteniendo 1500 p.p.m. para la Calicata C-1, 6000 p.p.m. para la Calicata C-2, 4800 p.p.m. para la Calicata C-3 y 12500 p.p.m. para la Calicata C-4. Los datos se detallan en la Tabla 32.

Tabla 32

Sulfatos solubles en las muestras

Descripción	Unidad	Muestras			
		M-01	M-02	M-03	M-04
Código de molde	Tara	G-1	M-1	P-2	R-2
Peso de molde (m1)	g.	53,69	51,45	53,76	53,02
Peso de la muestra	g.	100,00	100,00	100,00	100,00
Relación de la mezcla	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Volumen de extracto acuoso utilizado	ml.	30,00	30,00	30,00	30,00
Total de sales solubles	p.p.m.	1500	6000	4800	12500

Nota. Sulfatos solubles en las muestras.

4.6. Resumen de las propiedades químicas

Compilado de los resultados obtenidos en los ensayos de sales solubles, cloruros y sulfatos solubles, utilizando 100 g de muestra para el ensayo de cada una de las calicatas y 300 mL de agua destilada, para una relación de 1-3. Los resultados se detallan en la Tabla 33.

Tabla 33

Propiedades químicas del suelo

Muestra	Clasificación SUCS	Sales solubles (p.p.m.)	Cloruros (p.p.m.)	Sulfatos (p.p.m.)
C-01	SM	15550	900	1500
C-02	SM	20647	2900	6000
C-03	SM	22383	2150	4800
C-04	SM	29404	5400	12500

Nota. Propiedades químicas del suelo.

4.7. Deformaciones

4.8. Potencial de expansión

Para el desarrollo del ensayo se utilizó la NTP 339.170 en las muestras de suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

METODO A

Método A, calicata c-3

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-3 se utilizó el método A de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra a una carga constante de 1 kPa, registrando la máxima deformación significativa de 0,0231mm a las 120 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 34 y Figura 38.

Tabla 34

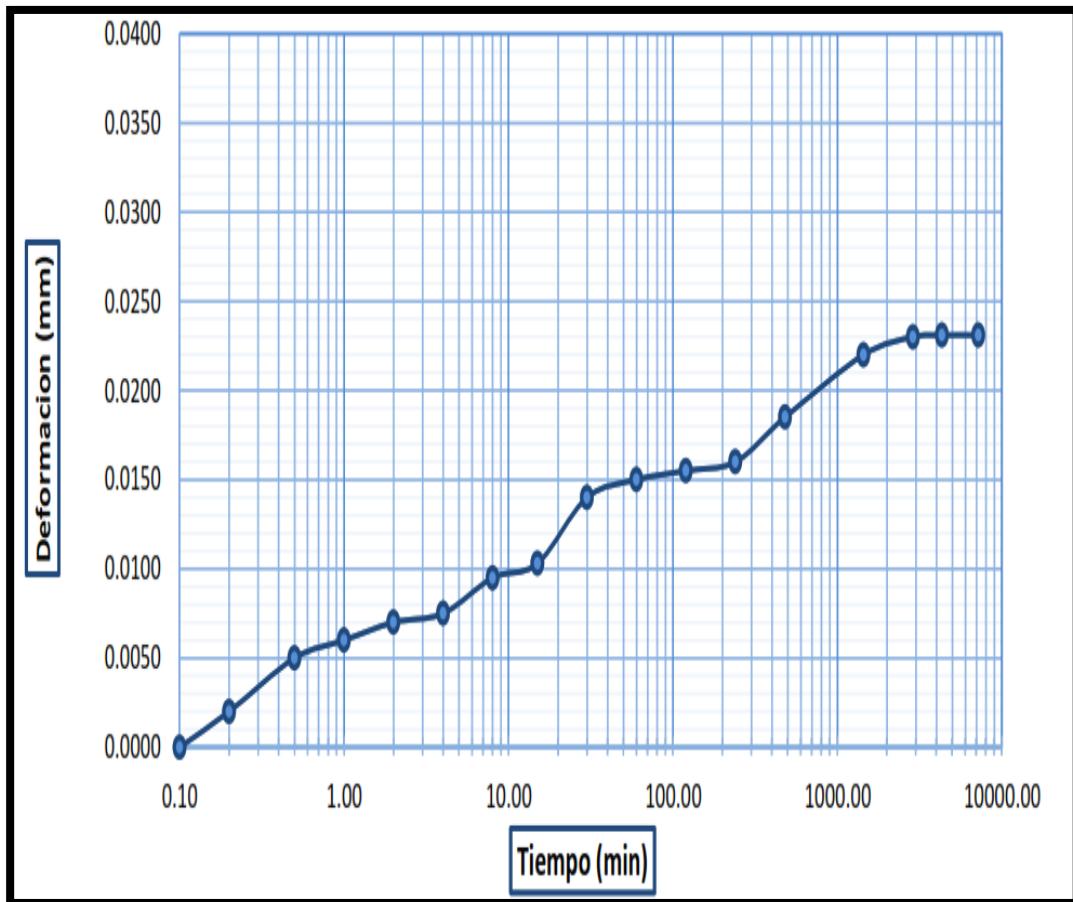
Potencial de expansión, método A, calicata C-3

Carga cnste		Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)		Deformación (mm)
1	6 seg.	0,1		0,0000
1	12 seg.	0,2		0,0020
1	30 seg.	0,5		0,0050
1	1 min.	1		0,0060
1	2 min.	2		0,0070
1	4 min.	4		0,0075
1	8 min.	8		0,0095
1	15 min.	15		0,0103
1	30 min.	30		0,0140
1	1 h.	60		0,0150
1	2 h.	120		0,0155
1	4 h.	240		0,0160
1	8 h.	480		0,0185
1	24 h.	1440		0,0220
1	48 h.	2880		0,2300
1	72 h.	4320		0,0231
1	120 h.	7200		0,0231
Porcentaje de expansión (%)		0,12		

Nota. Potencial de expansión, método A, calicata C-3.

Figura 38

Curva de expansión, método A, calicata C-3



Nota. Curva de expansión, método A, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Método A, calicata c-4

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-4 se utilizó el método A de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra a una carga constante de 1 kPa, registrando la máxima deformación significativa de 0,1810 mm a las 120 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 35 y Figura 39.

Tabla 35

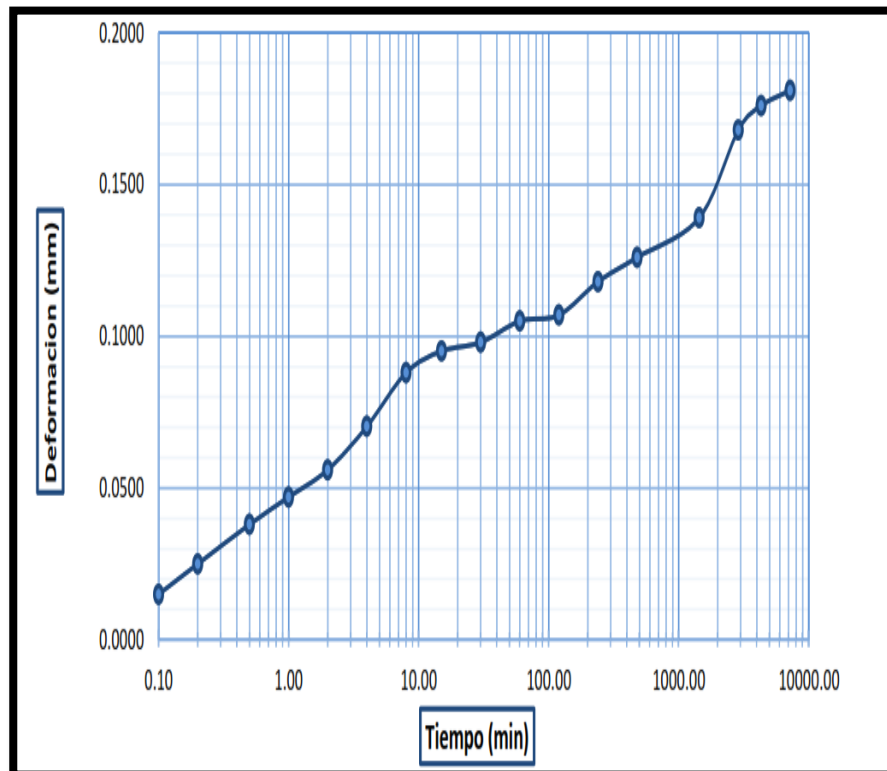
Potencial de expansión, método A, calicata C-4

Carga cnste		Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformación (mm)	
1	6 seg.	0,1	0,0150	
1	12 seg.	0,2	0,0250	
1	30 seg.	0,5	0,0380	
1	1 min.	1	0,0470	
1	2 min.	2	0,0560	
1	4 min.	4	0,0703	
1	8 min.	8	0,0880	
1	15 min.	15	0,0951	
1	30 min.	30	0,0980	
1	1 h.	60	0,1050	
1	2 h.	120	0,1070	
1	4 h.	240	0,1180	
1	8 h.	480	0,1260	
1	24 h.	1440	0,1390	
1	48 h.	2880	0,1680	
1	72 h.	4320	0,1760	
1	120 h.	7200	0,1810	
Porcentaje de expansión (%)		0,91		

Nota. Potencial de expansión, método A, calicata C-4

Figura 39

Curva de expansión, método A, calicata C-4



Nota. Curva de expansión, método A, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

METODO B

Método B, calicata c-1

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-1 se utilizó el método B de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra saturada a una carga constante de 7 kPa (carga solicitada para la clasificación de potencial de colapso de la E 050), registrando la máxima deformación significativa de 0,0022 mm a las 72 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 36 y Figura 40.

Tabla 36

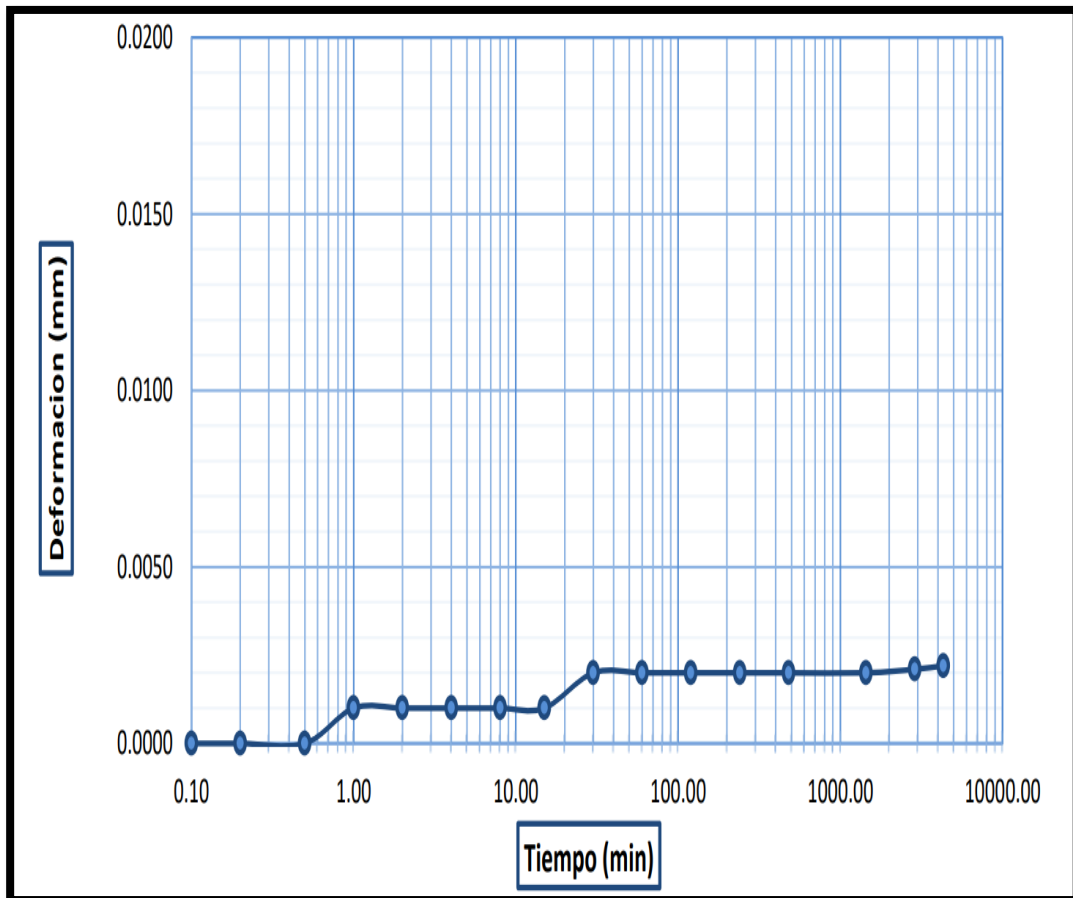
Potencial de expansión, método B, calicata C-1

Carga cnste	Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformación (mm)
7	6 seg.	0,1	0,0000
7	12 seg.	0,2	0,0000
7	30 seg.	0,5	0,0000
7	1 min.	1	0,0010
7	2 min.	2	0,0010
7	4 min.	4	0,0010
7	8 min.	8	0,0010
7	15 min.	15	0,0010
7	30 min.	30	0,0020
7	1 h.	60	0,0020
7	2 h.	120	0,0020
7	4 h.	240	0,0020
7	8 h.	480	0,0020
7	24 h.	1440	0,0020
7	48 h.	2880	0,0021
7	72 h.	4320	0,0022
Porcentaje de expansión (%)		0,01	

Nota. Potencial de expansión, método B, calicata C-1

Figura 40

Curva de expansión, método B, calicata C-1



Nota. Curva de expansión, método B, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Método B, calicata c-2

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-2 se utilizó el método B de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra saturada a una carga constante de 7 kPa (carga solicitada para la clasificación de potencial de colapso de la E 050), registrando la máxima deformación significativa de 0,0020 mm a las 72 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 37 y Figura 41.

Tabla 37

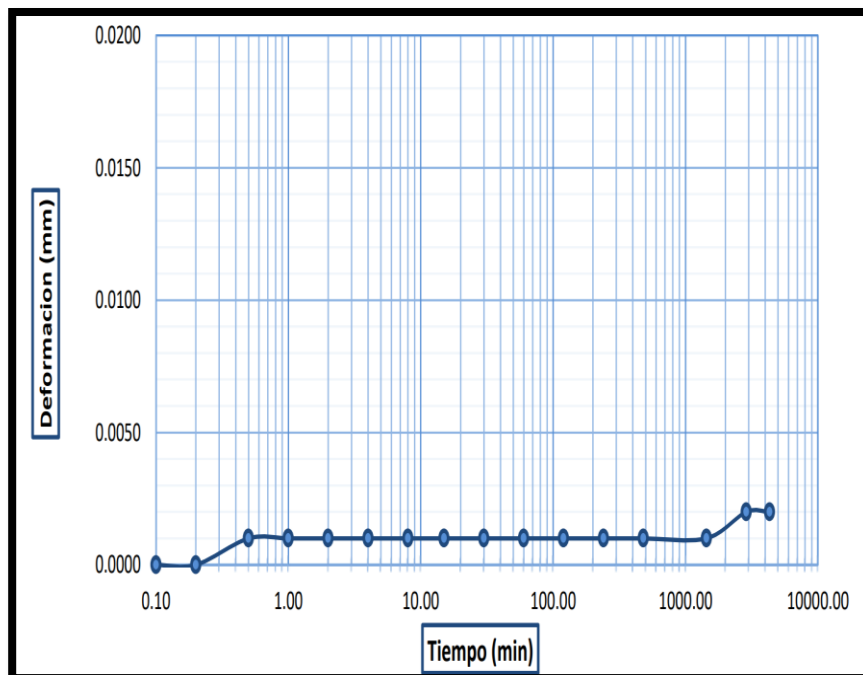
Potencial de expansión, método B, calicata C-2

Carga cnste		Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformación (mm)	
7	6 seg.	0,1	0,0000	
7	12 seg.	0,2	0,0000	
7	30 seg.	0,5	0,0010	
7	1 min.	1	0,0010	
7	2 min.	2	0,0010	
7	4 min.	4	0,0010	
7	8 min.	8	0,0010	
7	15 min.	15	0,0010	
7	30 min.	30	0,0010	
7	1 h.	60	0,0010	
7	2 h.	120	0,0010	
7	4 h.	240	0,0010	
7	8 h.	480	0,0010	
7	24 h.	1440	0,0010	
7	48 h.	2880	0,0020	
7	72 h.	4320	0,0020	
Porcentaje de expansión (%)		0,01		

Nota. Potencial de expansión, método B, calicata C-2

Figura 41

Curva de expansión, método B, calicata C-2



Nota. Curva de expansión, método B, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Método B, calicata c-3

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-3 se utilizó el método B de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra saturada a una carga constante de 7 kPa (carga solicitada para la clasificación de potencial de colapso de la E 050), registrando la máxima deformación significativa de 0,0115 mm a las 72 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 38 y Figura 42.

Tabla 38

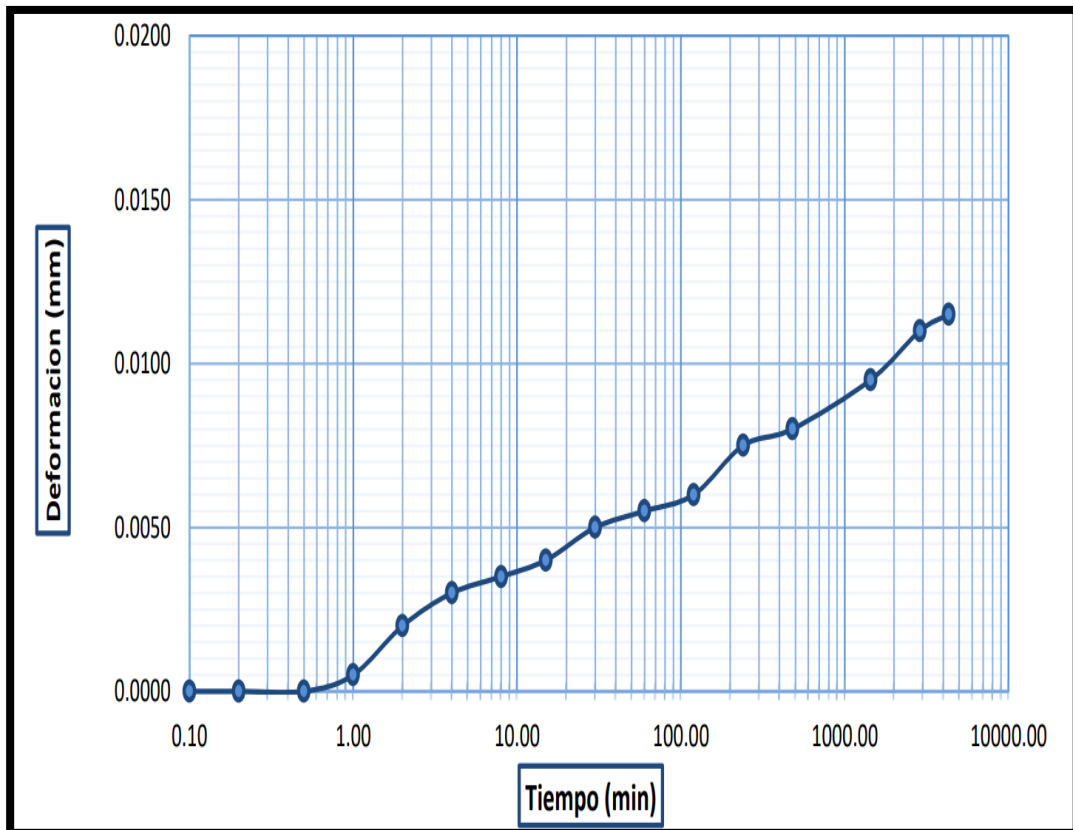
Potencial de expansión, método B, calicata C-3

Carga cnste	Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformación (mm)
7	6 seg.	0,1	0,0000
7	12 seg.	0,2	0,0000
7	30 seg.	0,5	0,0000
7	1 min.	1	0,0005
7	2 min.	2	0,0020
7	4 min.	4	0,0030
7	8 min.	8	0,0035
7	15 min.	15	0,0040
7	30 min.	30	0,0050
7	1 h.	60	0,0055
7	2 h.	120	0,0060
7	4 h.	240	0,0075
7	8 h.	480	0,0080
7	24 h.	1440	0,0095
7	48 h.	2880	0,0110
7	72 h.	4320	0,0115
Porcentaje de expansión (%)		0,06	

Nota. Potencial de expansión, método B, calicata C-3.

Figura 42

Curva de expansión, método B, calicata C-3



Nota. Curva de expansión, método B, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Método B, calicata c-4

Para el desarrollo del potencial de expansión de la calicata C-4 se utilizó el método B de la NTP 339.170, sometiéndose la muestra saturada a una carga constante de 7 kPa (carga solicitada para la clasificación de potencial de colapso de la E 050), registrando la máxima deformación significativa de 0,0128 mm a las 72 h de iniciado el ensayo. Se detalla las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 39 y Figura 43.

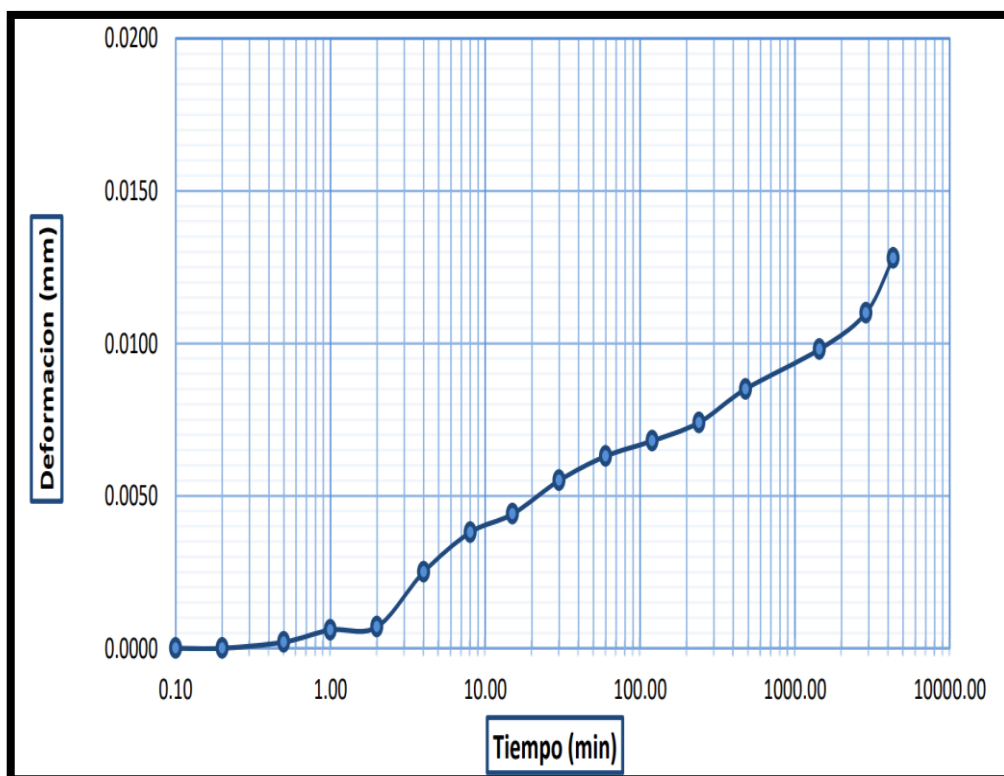
Tabla 39*Potencial de expansión, método B, calicata C-4*

Carga cnste		Tiempo		Lectura
Carga (Kpa)	Tiempo	Tiempo (min)		Deformación (mm)
7	6 seg.	0,1		0,0000
7	12 seg.	0,2		0,0000
7	30 seg.	0,5		0,0002
7	1 min.	1		0,0006
7	2 min.	2		0,0007
7	4 min.	4		0,0025
7	8 min.	8		0,0038
7	15 min.	15		0,0044
7	30 min.	30		0,0055
7	1 h.	60		0,0063
7	2 h.	120		0,0068
7	4 h.	240		0,0074
7	8 h.	480		0,0085
7	24 h.	1440		0,0098
7	48 h.	2880		0,0110
7	72 h.	4320		0,0128
Porcentaje de expansión (%)		0,06		

Nota. Potencial de expansión, método B, calicata C-4.

Figura 43

Curva de expansión, método B, calicata C-4



Nota. Curva de expansión, método B, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

4.9. Potencial de colapso

Para el desarrollo del ensayo de potencial de colapso se utilizó la NTP 339.163 en las muestras de suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

Calicata c-1

Para el desarrollo del potencial de colapso de la calicata C-1 se utilizó la NTP 339.163, sometiéndose la muestra a un incremento de carga y saturándose por 24 horas al llegar a los 200 kPa, registrando las deformaciones según el incremento progresivo de carga y el paso del tiempo. Se concluye un índice de colapso de 0,37 %, detallando las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 40 y Figura 44.

Tabla 40

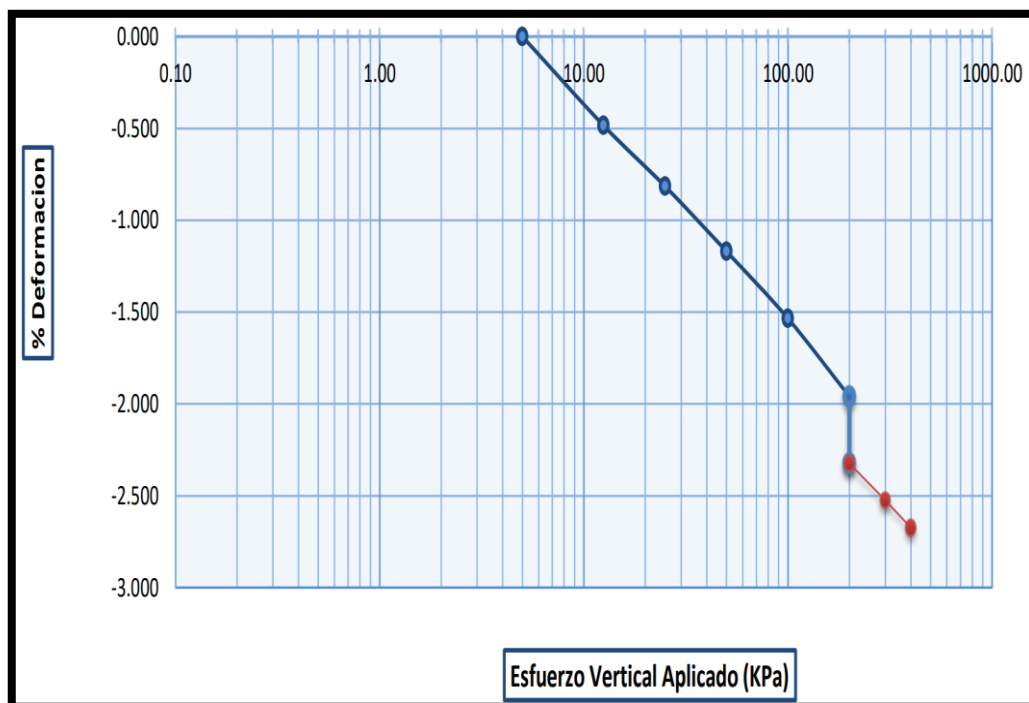
Potencial de colapso, calicata C-1

Lectura del dial a diferentes cargas			Tiempo	% de deformación a diferentes cargas	
Carga (kPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)		Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformación
5	8,01	20,00	0 min	5	0.000
12,5	7,91	19,90	1h.	12,5	-0,485
25	7,84	19,84	2h.	25	-0,815
50	7,77	19,77	3h.	50	-1,170
100	7,70	19,69	4h.	100	-1,535
200	7,61	19,61	5h.	200	-1,960
200 (saturado)	7,54	19,54	6h.	200 saturado	-2,325
300	7,50	19,50	24h.	300	-2,525
400	7,41	19,47	36h.	400	-2,675
Indice de colapso ic (%)			0,37		

Nota. Potencial de colapso, calicata C-1

Figura 44

Curva de colapso, calicata C-1



Nota. Curva de colapso, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-2

Para el desarrollo del potencial de colapso de la calicata C-2 se utilizó la NTP 339.163, sometiéndose la muestra a un incremento de carga y saturándose por 24 horas al llegar a los 200 kPa, registrando las deformaciones según el incremento progresivo de carga y el paso del tiempo. Se concluye un índice de colapso de 0,28 %, detallando las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 41 y Figura 45.

Tabla 41

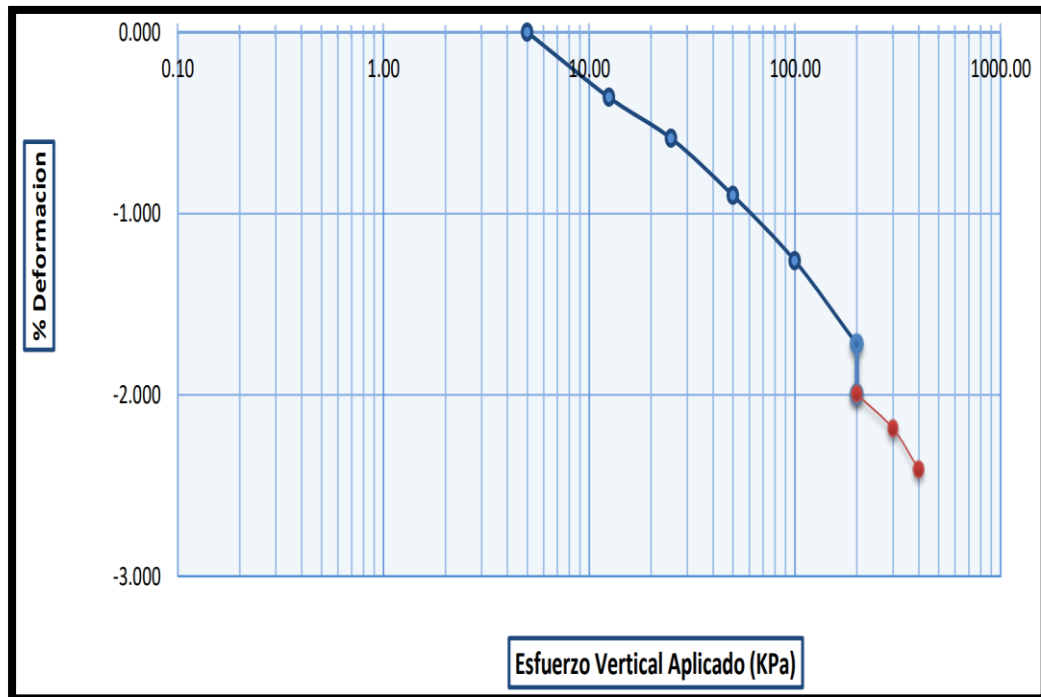
Potencial de colapso, calicata C-2

Lectura del dial a diferentes cargas			Tiempo	% de deformación a diferentes cargas	
Carga (kPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)		Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformación
5	8,76	19,99	0 min	5	0,000
12,5	8,69	19,92	1h.	12,5	-0,360
25	8,65	19,87	2h.	25	-0,585
50	8,58	19,81	3h.	50	-0,900
100	8,51	19,74	4h.	100	-1,261
200	8,42	19,65	5h.	200	-1,721
200	8,36	19,59	6h.	200	-1,996
(saturado)				saturado	
300	8,33	19,55	24h.	300	-2,186
400	8,28	19,51	36h.	400	-2,411
Indice de colapso ic (%)			0,28		

Nota. Potencial de colapso, calicata C-2

Figura 45

Curva de colapso, calicata C-2



Nota. Curva de colapso, calicata C-2. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-3

Para el desarrollo del potencial de colapso de la calicata C-3 se utilizó la NTP 339.163, sometándose la muestra a un incremento de carga y saturándose por 24 horas al llegar a los 200 kPa, registrando las deformaciones según el incremento progresivo de carga y el paso del tiempo. Se concluye un índice de colapso de 0,62 %, detallando las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 42 y Figura 46.

Tabla 42

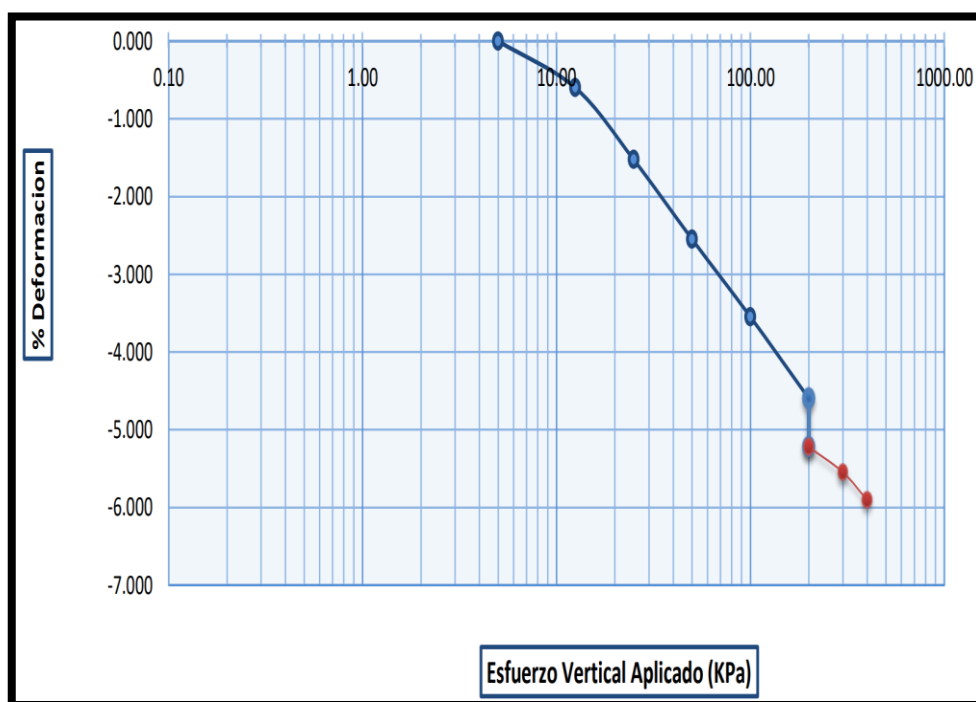
Potencial de colapso, calicata C-3

Lectura del dial a diferentes cargas			Tiempo	% de deformación a diferentes cargas	
Carga (kPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)		Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformación
5	5,87	20,01	0 min	5	0,000
12,5	5,75	19,89	1h.	12,5	-0,600
25	5,57	19,71	2h.	25	-1,524
50	5,36	19,50	3h.	50	-2,549
100	5,16	19,30	4h.	100	-3,548
200	4,95	19,09	5h.	200	-4,598
200 (saturado)	4,83	18,97	6h.	200 saturado	-5,222
300	4,76	18,90	24h.	300	-5,547
400	4,69	18,83	36h.	400	-5,907
Indice de colapso ic (%)			0,62		

Nota. Potencial de colapso, calicata C-3

Figura 46

Curva de colapso, calicata C-3



Nota. Curva de colapso, calicata C-3. Fuente: Reporte de laboratorio.

Calicata c-4

Para el desarrollo del potencial de colapso de la calicata C-4 se utilizó la NTP 339.163, sometiéndose la muestra a un incremento de carga y saturándose por 24 horas al llegar a los 200 kPa, registrando las deformaciones según el incremento progresivo de carga y el paso del tiempo. Se concluye un índice de colapso de 0,14 %, detallando las lecturas y la gráfica de deformación en la Tabla 43 y Figura 47.

Tabla 43

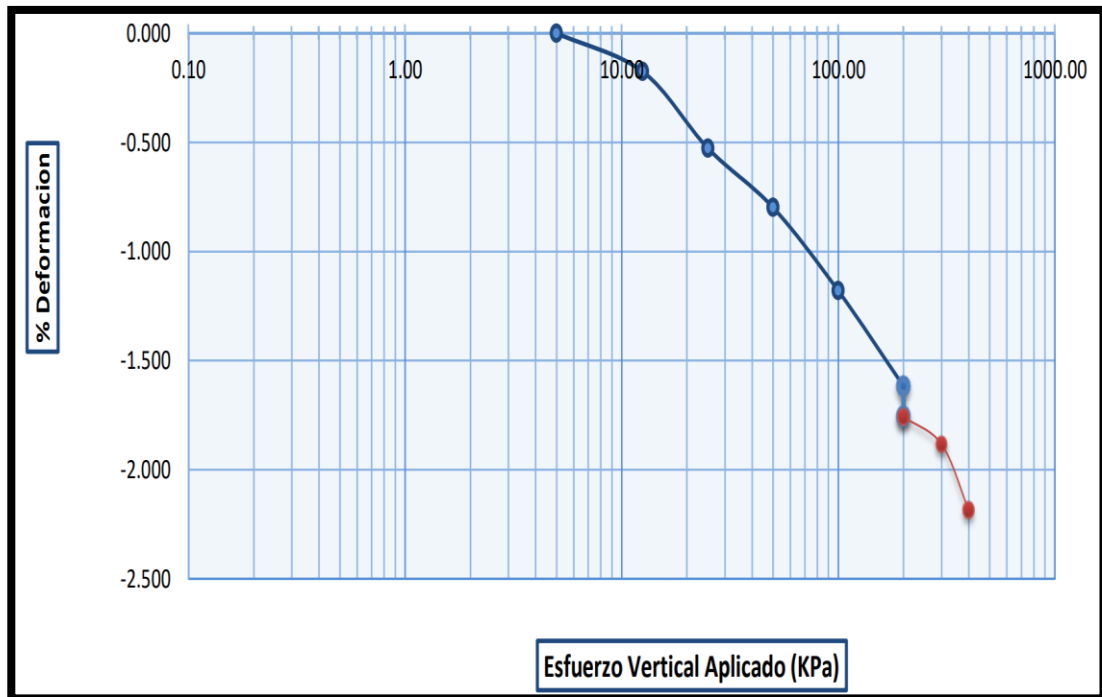
Potencial de colapso, calicata C-4

Lectura del dial a diferentes cargas			Tiempo	% de deformación a diferentes cargas	
Carga (kpa)	Lectura del dial (mm)	Altura de la muestra (mm)		Carga (kg/cm ²)	Porcentaje de deformación
5	6,12	19,91	0 min	5	0,000
12.5	6,08	19,88	1h.	12,5	-0,176
25	6,01	19,81	2h.	25	-0,527
50	5,96	19,75	3h.	50	-0,799
100	5,88	19,68	4h.	100	-1,180
200	5,79	19,59	5h.	200	-1,617
200	5,77	19,56	6h.	200	-1,758
(saturado)				saturado	
300	5,74	19,54	24h.	300	-1,883
400	5,68	19,48	36h.	400	-2,185
Indice de colapso IC (%)			0,14		

Nota. Potencial de colapso, calicata C-4

Figura 47

Curva de colapso, calicata C-4



Nota. Curva de colapso, calicata C-4. Fuente: Reporte de laboratorio.

4.10. Resistencia a la compresión simple

Se realizó el ensayo de compresión uniaxial según la ASTM D-2938 en la calicata C-1, zona con una densidad natural seca de $1,97 \text{ g/cm}^3$, el ensayo buscó identificar el esfuerzo generado a un sólido al someterse a un incremento de fuerza vertical, obteniendo una resistencia a la compresión de $3,52 \text{ MPa}$, clasificada como resistencia muy blanda según ISMR (1981). La recolección de datos y la curva de resistencia se detallan en la Tabla 44 y Figura 48.

Tabla 44

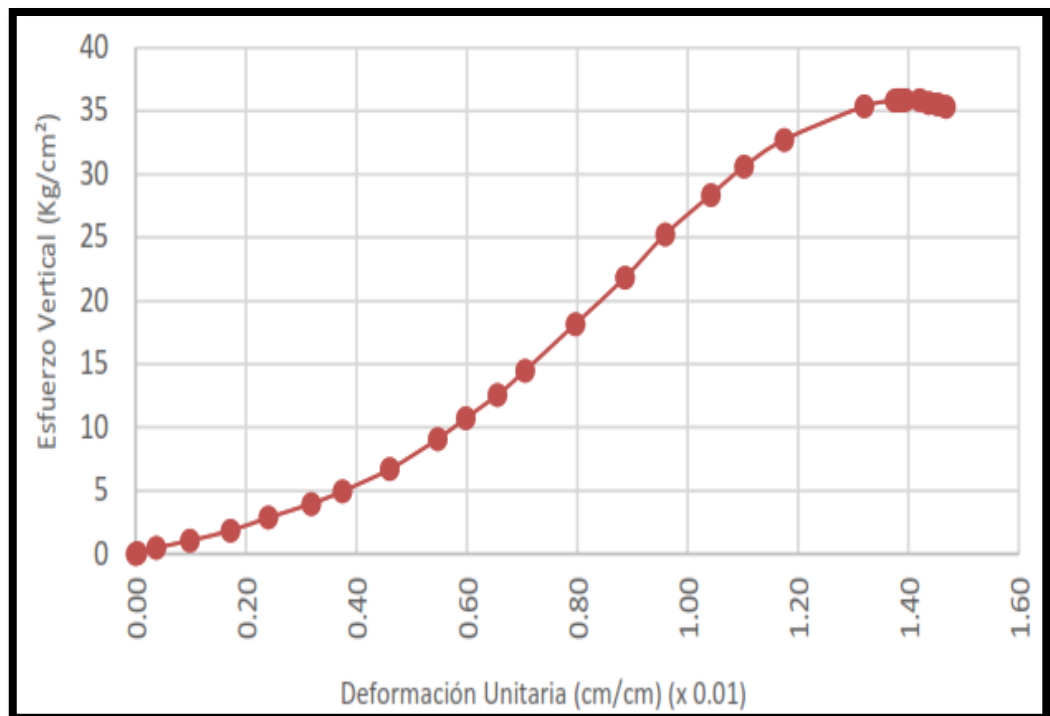
Ensayo compresión simple, calicata C-1

Lectura vertical (cm)	Fuerza vertical (kn)	Deformación unitaria (cm/cm) (x 0,01)	Fuerza vertical (kg)	Área corregida (cm ²)	Esfuerzo vertical (kg/cm ²)
0,0000	0,01	0,000	0,00	21,87	0,00
0,0004	0,019	0,003	1,94	21,87	0,09
0,0041	0,103	0,037	10,50	21,88	0,48
0,0109	0,227	0,098	23,15	21,89	1,06
0,0192	0,396	0,172	40,38	21,91	1,84
0,0267	0,617	0,240	62,92	21,93	2,87
0,0354	0,851	0,318	86,78	21,94	3,95
0,0418	1,067	0,375	108,80	21,96	4,96
0,0513	1,444	0,460	147,24	21,97	6,70
0,0610	1,956	0,547	199,45	21,99	9,07
0,0667	2,318	0,598	236,37	22,01	10,74
0,0731	2,711	0,655	276,44	22,02	12,56
0,0786	3,126	0,705	318,76	22,03	14,47
0,0888	3,927	0,796	400,44	22,05	18,16
0,0988	4,724	0,886	481,71	22,07	21,83
0,1070	5,467	0,959	557,47	22,09	25,24
0,1161	6,149	1,042	627,01	22,10	28,37
0,1229	6,635	1,102	676,57	22,12	30,59
0,1310	7,100	1,175	723,99	22,13	32,71
0,1472	7,690	1,320	784,15	22,17	35,38
0,1533	7,789	1,375	794,24	22,18	35,81
0,1539	7,797	1,381	795,06	22,18	35,85
0,1548	7,801	1,389	795,47	22,18	35,86
0,1554	7,796	1,394	794,96	22,18	35,84
0,1584	7,801	1,421	795,47	22,19	35,85
0,1601	7,753	1,436	790,57	22,19	35,62
0,1619	7,734	1,452	788,64	22,20	35,53
0,1636	7,691	1,467	784,25	22,20	35,33

Nota. Ensayo compresión uniaxial, calicata C-1. Fuente: Reporte de laboratorio.

Figura 48

Gráfica de resistencia a la compresión simple



Nota. Gráfica de resistencia a la compresión simple. Fuente: Reporte de laboratorio.

Muestra del ensayo

El ensayo se realizó con la muestra de suelo de la calicata C-1 con dimensiones de 5,28 cm de diámetro y 11,15 cm de altura como se muestra en la Figura 49, para la obtención de la muestra se empleó el equipo de perforación de diamantina, al culminar el ensayo el tipo de rotura se aprecia en la Figura 50.

Figura 49

Muestra de la calicata C-1 antes de ser sometida a la compresión



Nota. Muestra usada para la Elaboración del ensayo

Figura 50

Muestra de la calicata C-1 despues de habersido sometido a la compresión



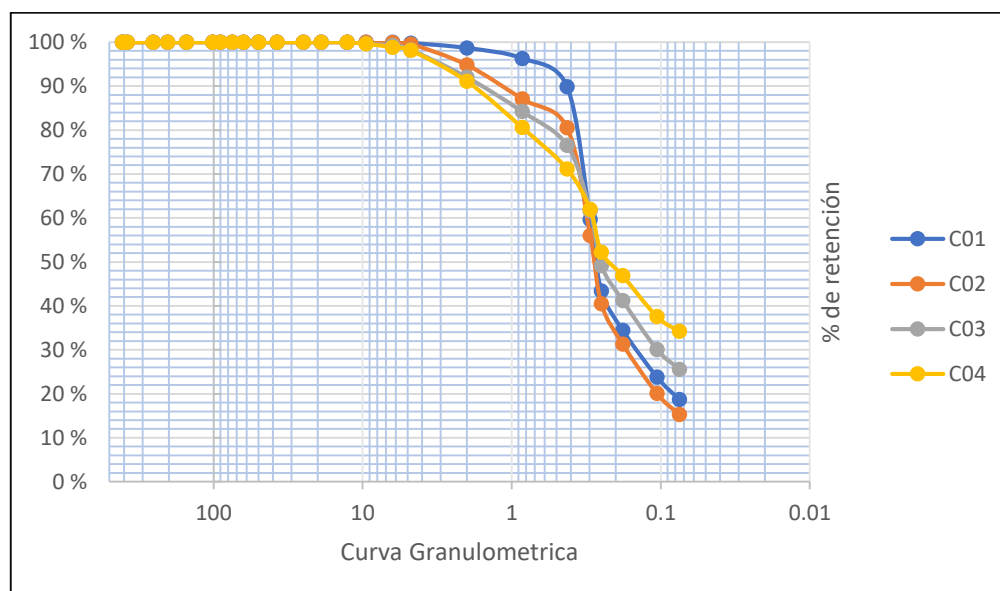
Nota. Muestra C01 despues de culminar el ensayo.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Respecto a las propiedades físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, se clasificó mediante el ensayo de granulometría (NTP 400.012) que la zona de estudio está clasificada como una arena limosa con un porcentaje de retención de arenas entre el 63,91 % y el 84,27 %, un porcentaje de gravas entre el 0,22 % al 1,75 % y un porcentaje de partículas más finas en un intervalo de 15,29 % al 34,24 %. Según se detalla en la Figura 51, la distribución granulométrica entre las 4 curvas no presenta similitud en su composición granulométrica de arenas y partículas más finas, interpretando que las curvas presentan entre un 36,95 % a 71,19 % de arenas finas según la clasificación ASTM correspondiente a diámetros de 0,075 a 0,297 mm, siendo la calicata C-4 ubicada en el almacén de una vivienda la que presenta mayor concentración de arena media-gruesa con un porcentaje del 26,96 % y limos/arcillas con un porcentaje del 34,24 %.

Figura 51

Comparativa de las curvas granulométricas



Nota. Comparativa de las curvas granulométricas.

El ensayo realizado por granulometría sedimentaria identifica un porcentaje de limos del 16,5 % a 17,1 % y arcillas del 1,6 % al 2,2 % en las calicatas, estimándose un incremento exponencial de arcillas para la calicata C-3 y C-4, que presentan partículas pasantes de la malla N°200 entre un 25,61 % a 34,24 %. Contrastando los datos

obtenidos con los resultados descritos en los antecedentes locales de la tesis, se interpreta que la falla locumba presenta zonas y estratos muy variados en cuando a su composición granulométrica y su distribución de limos y arcillas, augurando que la zona de Nueva Locumba presenta estratos no uniformes poco arcillosos con una gran varianza entre las proporciones de limo y arcilla.

El ensayo de humedad natural (NTP 339.127) detalla contenidos de humedad entre 4,96 % y 11,87 % con un valor medio de 7,95 %, identificándose que la calicata C-3 realizada en una zona media entre las viviendas y la ladera presenta el mayor contenido de humedad entre los ensayos realizados, resultado que va acorde a lo detallado en la visita a campo, donde las pistas más cercanas a la zona de la calicata C-3 presentan hundimiento y agrietamiento moderados; la calicata C-1 y C-4 realizadas en zonas habitadas, presentan valores similares en el contenido de humedad con una diferencia de 0,41 % , la calicata C-2 presenta el menor contenido de humedad registrado con 4,92 %, la diferencia entre los valores máximos y mínimos en las calicatas C-2 y C-4 en comparación con los valores casi similares de la calicata C-1 y C-4 radica en las características de sus suelos, siendo la calicata C-2 pobre en su porcentaje de partículas más finas, mientras que la calicata C-3 presenta un 25,61 % de partículas finas compuestas principalmente por arcillas.

El ensayo de peso específico (ASTM C-128) detalla que el peso específico determinado para la calicata C-1 es 2,340 gr/cc, C-2 es 2,384 gr/cc, C-3 es 2,307 gr/cc y C-4 es 2,309 gr/cc, con una media de 2.335 gr/cc como peso específico del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba y una variación de 0,077 entre el mayor y menor valor registrado, este incremento en el valor de peso específico en la calicata C-1 y C-2 está relacionado a la relación de vacíos que presentan estas 2 calicatas en comparación con la calicata C-3 y C-4.

El ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (NTP 339.129) detallan que la calicata 1 y 2 no presentan límites determinables por medio de ese ensayo, la calicata C-3 registra 20,96 % de límite líquido, 19,07 % de límite plástico y 1,57 % de índice de plasticidad, la calicata C-3 presenta 21,33 % de límite líquido, 20,27 % de límite plástico y 1,06 % de índice de plasticidad. Según el MTC un índice de plasticidad menor a 7 y mayor a 0 corresponde a la categoría de suelos poco arcillosos, dato que fue corroborado por los reportes obtenidos del ensayo de granulometría sedimentaria.

El ensayo de densidad natural seca realizado mediante la norma ASTM D 7263-21 registra una densidad de 1,950 g/cm³ en la calicata C-1, 1,883 g/cm³ en la calicata

C-2, 1,744 g/cm³ en la calicata C-3 y 1,618 g/cm³ en la calicata C-4, presentando una variación de 0.332 entre sus valores extremos, esta varianza se debe a la diferencia que existen entre la estructura del suelo de la calicata C-1 y la calicata C-4 registrados en los ensayos de granulometría, especialmente en la gran variación que existe entre el porcentaje de partículas finas en estas 2 calicatas, el incremento de un 15,54 % de partículas pasantes del tamiz 200 entre la calicata C-4 y la calicata C-1 representa el decremento de 0,332 en la densidad natural seca registrada.

Las propiedades físicas detalladas anteriormente no son similares a las obtenidas por Jordan S. y Rosales J. que investigaron la influencia en el incremento del contenido de humedad en las arcillas de Alto Locumba, según detalla la Tabla 45 la zona de Alto Locumba ubicada en el mismo distrito que Nueva Locumba, presenta un porcentaje de partículas más finas del 65,36 % al 78,40 % y unos límites entre el 31 % y 33 % con un IP del 9 % al 12 % clasificándola como arcilla inorgánicas de baja plasticidad, en comparación Nueva Locumba registra del 15,29 % al 34,24 % de limos/arcillas con índices de 20,33 % a 21,64 % e IP de 1,06 % a 1,57 % con 2 indeterminados, clasificándola como una arena limosa no plástico con bajo contenido de arcillas; señalando que Nueva Locumba y Alto Locumba aunque pertenecen al mismo distrito, con estratos no uniformes de mayor variación en Nueva Locumba, presentan clasificaciones distintas, estructuras y comportamientos mecánicos diversos motivo de una diferencia entre las densidades, peso específico y relación de vacíos registradas.

Tabla 45

Comparativa de propiedades físicas

	Calicata	Profundidad	Densidad seca	Contenido de humedad	SUCS	Límites de consistencia			
						N°	m.	g/cm ³	%
Nuestros ensayos	C-1	1,00	1,950	7,25	SM	NP	NP	NP	
	C-2	1,00	1,883	4,92	SM	NP	NP	NP	
	C-3	1,00	1,744	11,87	SM	20,64	19,07	1,57	
	C-4	1,00	1,618	7,76	SM	21,33	20,27	1,06	
J. Y R.	C-1	M1	1,50	1,895	5,59	CL	33,00	21,00	12,00
		M2	3,00	1,908	7,45	CL	33,00	22,00	11,00
	C-2	M1	1,50	1,874	5,80	CL	31,00	22,00	9,00
		M2	3,00	1,975	5,85	CL	32,00	22,00	10,00
	C-3	M1	1,50	1,868	5,44	CL	31,00	22,00	9,00
		M2	3,00	2,073	4,71	CL	33,00	21,00	12,00

Nota. Comparativa de las curvas granulométricas.

Respecto a las propiedades químicas, el ensayo de sales solubles (NTP 339.152) determino que en la calicata C-1 hay una concentración de 15550 p.p.m. de sales, la calicata C-2 presenta 20647 p.p.m., la calicata C-3 presenta 22383 p.p.m., la calicata C-4 presenta 29404 p.p.m., las 4 calicatas presentan un riesgo perjudicial para las estructuras de concreto según la norma técnica de edificación E 060 Concreto Armado por presentar una concentración de sales mayor a las 15000 p.p.m., adicionalmente según detalla Flores (2017) para suelos de arena limosa en su tesis de determinación de suelos y potencial de colapso, un incremento en la cantidad de partículas de sales solubles en el suelo genera un incremento directamente proporcional del potencial de colapso en la zona, determinada principalmente por las características de la zona y el grado de deformación. Se observa, que la distribución de las partículas de sales solubles no presenta homogeneidad en la zona de Nueva Locumba, estando la mayor concentración en zonas habitadas y representando un riesgo para las viviendas ya establecidas. Por motivos de la no uniformidad de los estratos en la zona de Nueva Locumba, es necesaria la evaluación de muestras adicionales y de mayor profundidad para representar con exactitud el grado de peligro de las sales.

El ensayo de cloruros solubles (NTP 339.177) determinó que en la calicata C-1 hay una concentración de 900 p.p.m. de cloruros, la calicata C-2 presenta 2900 p.p.m., la calicata C-3 presenta 2150 p.p.m., la calicata C-4 presenta 5400 p.p.m. ninguna de las 4 calicatas se encuentra en un rango perjudicial para el diseño de cimentaciones, según lo establecido en la norma técnica de edificación E 060 Concreto Armado por presentar una concentración de cloruros menores a 6000 p.p.m., siendo el resultado de la calicata C-4 el valor máximo en cuanto a la concentración de cloruros solubles. Por presentar un grado de severidad cercano al perjudicial en la calicata C-4, 2 valores de concentración relativamente altos en las calicatas C-2 y C-3, un gran margen de dispersión entre los resultados obtenidos de la calicata C-1 y C-4 correspondiente a 13854 p.p.m. y por la no uniformidad de los estratos ya detallada anteriormente es necesario incorporar evaluaciones adicionales para la elaboración de un reporte de dispersiones de cloruros más preciso, priorizando las zonas habitadas donde se registró el mayor número de concentración.

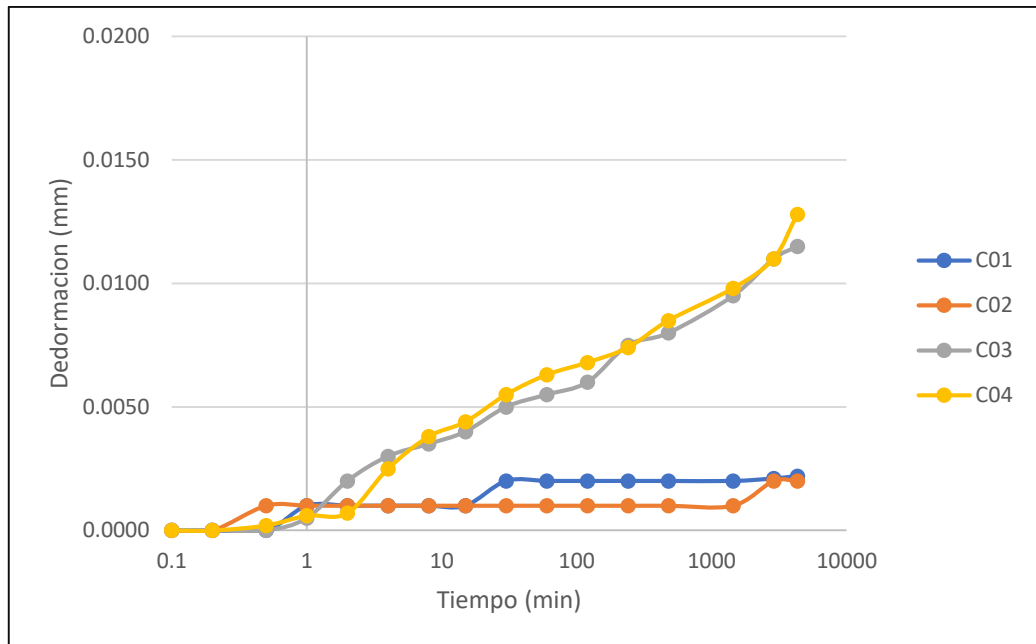
El ensayo de sulfatos solubles (NTP 339.177) determinó que en la calicata C-1 hay una concentración de 1500 p.p.m. de sulfatos, la calicata C-2 presenta 6000 p.p.m., la calicata C-3 presenta 4800 p.p.m., la calicata C-4 presenta 12500 p.p.m., encontrándose la calicata C-1 en un grado de alteración moderado para las

cimentaciones según la norma técnica de edificación E 060 Concreto Armado (concentración de 1000 a 2000 p.p.m.), la calicata C-2 y C-3 presenta un grado de alteración severo (clasificación para el intervalo de 2000 a 20000 p.p.m. según la E 060), mientras que la calicata C-4 presenta un grado de alteración muy severo por presentar más de 20000 p.p.m. según la E 060, entre las 4 muestras no se logra identificar una similitud entre el grado de concentraciones, siendo los registros de concentraciones más cercanos el correspondiente a las muestras de las calicatas C-2 y C-3 con una variación de 1200 p.p.m., esta gran variación en los resultados afirma que los sulfatos solubles no se encuentran dispersos uniformemente en la profundidad de estudio sobre la que se desarrolló esta tesis, remarcando la necesidad de ensayos adicionales para la elaboración de un reporte de dispersiones de sulfatos más preciso.

Los resultados detallan que en los ensayos de expansión libre unidireccional (NTP 339.170) de una mezcla completamente saturada al someterse a una carga vertical de 7 KPa presentó una deformación máxima de 0,00128 mm a las 72 horas, concluyendo un potencial de expansión en un intervalo de 0,01 % y 0,06 %, clasificada según la Norma E 050 como bajo grado de expansión. En la Figura 52, se aprecia la comparativa de las deformaciones por tiempo del ensayo de expansión unidireccional con una aplicación de 7 KPa, detallando que la calicata C-1 y C-2 que no presentan límite líquido e índice de plasticidad con registros de 15,29 % y 18,7 % de limos/arcillas, con un contenido de sales solubles superior a 15000 p.p.m. presentan similares grados de deformación con 0,0022 y un potencial de expansión de 0,001 productos del bajo contenido de arcillas, alto contenido de sales y la relación de vacíos que presentan la calicata C-1 y C-2. La calicata C-3 y C-4 registran un límite líquido de 20,99 % (valor medio), con un porcentaje de limos/arcillas de 25,61 % y 34,24 %, una concentración de sales superior a las 20000 p.p.m. por las características antes mencionadas la calicata C-3 y C-4 presentan bajos grados de deformación entre 0,0125 y 0,0128 mm con un potencial de expansión de 0,06 %, consecuentemente el resultado de la calicata C-3 y C-4 por su mayor contenido de arcillas presentan un 0,05 % más de potencial de expansión en comparación con la calicata C-1 y C-2.

Figura 52

Comparación de deformaciones al aplicar 7 KPa

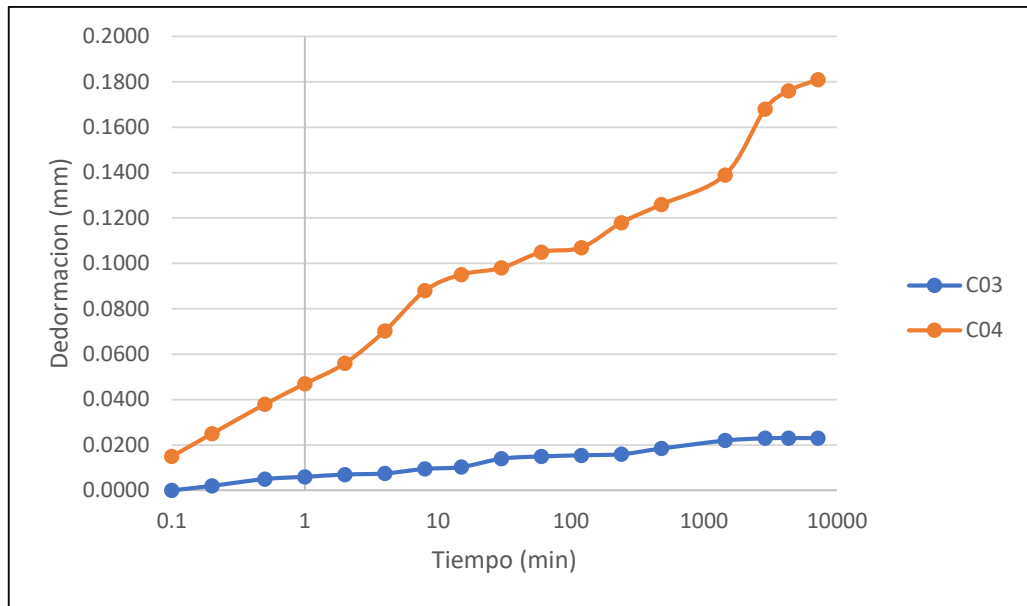


Nota. Comparación de deformaciones al aplicar 7 kPa

Se realizó el ensayo de expansión unidireccional con la aplicación de una carga vertical de 1 kPa en la calicata C-3 y C-4 que registraron las mayores deformaciones durante el ensayo de expansión con la aplicación de 7 kPa. Registrando valores de deformación mayores, debido a la reducción de la carga aplicada que reprimía la expansión de las arcillas y la cantidad de arcillas en la calicata C-3 y C-4. En la Figura 53 se detalla la comparativa de las deformaciones entre la calicata C-3 y C-4, siendo la deformación de la calicata C-4 mayor que la deformación en la calicata C-3 por 0,158 mm. La calicata C-3 presenta un potencial de expansión de 0,12 % mientras que la calicata C-4 presenta un potencial de expansión de 0,91 %, la diferencia de 0,79 % está relacionado con el mayor porcentaje de arcillas en la calicata C-4 y la menor densidad de la calicata C-4 en comparación con la calicata C-3.

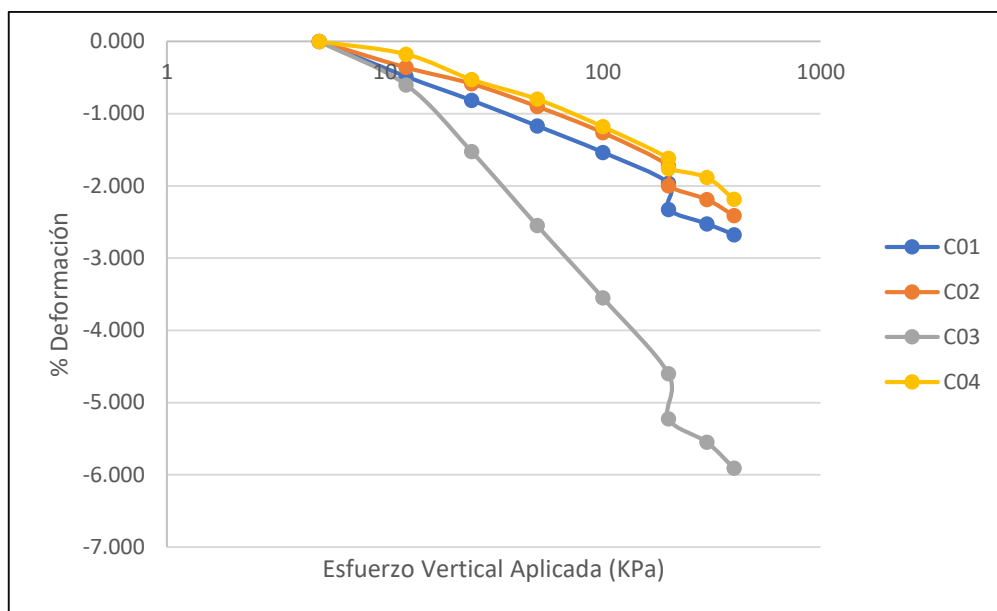
Figura 53

Comparación de deformaciones al aplicar 1 KPa



Nota. Comparación de deformaciones al aplicar 1 KPa

Los resultados de los ensayos de colapso (NTP 339.163) realizados a una muestra de cada calicata sometidas a un incremento de carga proporcional, registrando las deformaciones durante el incremento de carga, saturando la muestra al registrar la deformación en la carga de 200 kPa, registrando la nueva deformación a las 24 horas de la saturación y calculando índice de colapso. En la Figura 54 se detalla la comparación entre los ensayos de colapso registrando un incremento en la deformación de antes y después de la saturación en la calicata C-1 del 0,37 %, 0,28 % en la calicata C-2, 0,62 % en la calicata C-3 y 0,14 % en la calicata C-4, registrando la mayor deformación en la calicata C-3, con un potencial de colapso de 0,62 % clasificado como grado de colapso leve según la norma E 050 Suelos y Cimentaciones.

Figura 54*Comparativa de ensayo de colapso**Nota.* Comparativa de ensayo de colapso

Del ensayo anterior se concluye que un incremento en la humedad del 8,19 % en la calicata C-1 genera un aumento del 0,37 % en la deformación, un incremento en la humedad del 11,38 % en la calicata C-2 genera un aumento del 0,28 %, un incremento en la humedad del 9,56 % en la calicata C-3 genera un aumento del 0,62 %, un incremento en la humedad del 18,3 % en la calicata C-4 genera un aumento del 0,14 % como se detalla en la Tabla 46.

Tabla 46*Variación de la deformación en el suelo*

Calicata	Deformación Natural	Deformación Saturada	Variación
Calicata C-01	1,96	2,325	0,365
Calicata C-02	1,721	1,996	0,275
Calicata C-03	4,598	5,222	0,624
Calicata C-04	1,617	1,758	0,141

Nota. Variación de la deformación en el suelo

Por todo lo antes mencionado, el incremento del contenido de humedad genera un incremento en la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba de 0,35 %.

Para la deformación del suelo, se tomará en consideración las características físicas y químicas del suelo bajo análisis, la presencia de una varianza de 15,29 % a 34,24 % de arcillas y limos obtenidos en la granulometría por tamizado según Jordán S. y Rosales J. advierten la presencia de posibles deformación de suelos, en paralelo según la Norma E 050 de Suelos y Cimentaciones por registrar valores mínimos de densidad natural seca en un intervalo de 1,618 g/cm³ y 1,719 g/cm³ con bajos porcentajes de límite líquido entre 20,46 % y 21,33 % y con 2 muestras con límites indeterminados, asegura que se encuentra en el rango de suelo colapsable según los criterios de potencial de colapso que representa la Normativa Vigente.

Al contrastar, lo mencionado en el anterior párrafo con los ensayos de expansión y colapso realizados, se registró un valor máximo de potencial de expansión del 0,06 % y un potencial de colapso del 0,62 %, ambos se encuentran clasificados como leves para la norma E 050 Suelos y Cimentaciones, por lo que se categorizara como suelo colapsable por presentar el potencial más crítico, por ser arenas con relativamente baja densidad y por presentar una media de 21996 p.p.m. de sales solubles. Suponiendo que los resultados de expansión registraron deformaciones expansivas inferiores al 0.1 debido a la irregularidad de los porcentajes de limos y arcillas en el metro de profundidad del que se obtuvo la muestra, detallando la posibilidad que la muestra empleada para el ensayo de colapso y expansión no presenten los mismos porcentajes de arcillas/limos.

Las propiedades físicas, químicas y los resultados de los ensayos de expansión y colapso, garantizan que el suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba es levemente colapsable con una media de 0,35 %, clasificación que difiere con los estudios de suelos realizados por Quispe y Mamani (2017) en la zona de alto Locumba y zonas contiguas donde afirma la presencia de un suelo con un 70,51 % a un 87,32 % de arcillas no plásticas y un grado de expansión del 0,28 % calculado mediante el método de expansión libre con la aplicación de 7 kPa como carga, se atribuye esta diferencia de los resultados a los diferentes estratos no uniformes presentes en las zonas de Locumbas y a la excesiva presencia de sales solubles en la zona de estudio.

Concluyendo que la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba es directamente

proporcional, identificándose como un suelo levemente colapsable con un potencial de colapso entre el 0,14 % al 0,62 % y un contenido de humedad natural que fluctúa entre 4,92 % y 11,87 %.

CONCLUSIONES

La relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba es directamente proporcional, identificándose como un suelo levemente colapsable con un potencial de colapso entre el 0,14 % al 0,62 % y un contenido de humedad natural que fluctúa entre 4,92 % y 11,87 % a una profundidad de 1 metro.

Las propiedades físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba a la profundidad de 1 metro son: arena limosa no plástica con bajo contenido de arcillas, densidad natural seca fluctuando en un rango de 1,618 y 1,950 g/cm³, con una humedad natural del 4,92 % al 11,87 %.

Las propiedades químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba a la profundidad de 1 metro son: sales solubles dispersas en el suelo con un valor de concentración de 15550 a 29404 p.p.m. cloruros solubles en un intervalo de 900 a 5400 p.p.m. y sulfatos solubles con valores de 1500 a 12500 p.p.m.

El incremento del contenido de humedad genera un incremento en la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba de 0,36 %.

RECOMENDACIONES

A los futuros trabajos de tesis sobre el diseño de cimentaciones superficiales en Nueva Locumba o zonas contiguas, realizar un mayor número de calicatas con profundidades no menores a 3 metros, para obtener resultados más precisos motivado por la no uniformidad granulométrica de la zona.

A las entidades locales e investigadores realizar ensayos de colapso y expansión más exhaustivos con muestras de mayor profundidad a fin de identificar las causas de los asentamientos diferenciales registrados en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba.

A las instituciones de defensa civil (INDECI) e investigadores afines, realizar ensayos químicos más exhaustivos con respecto a la cantidad de sales solubles con una caracterización perjudicial para el diseño de cimentaciones, y un mayor muestreo para la identificación del ataque de sulfatos que se encuentran en un rango de daño severo para estructuras de concreto.

A las entidades locales, realizar ensayos más exhaustivos de resistencia a la compresión simple, por encontrarse durante la tesis zonas con muy baja resistencia a la compresión cercanas a los vecindarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, C. (2018). *Arcillas expansivas: Comportamiento, identificación y su correlación mediante ensayos de fácil ejecución [Tesis de Titulación]*. Obtenido de Universidad Católica de Chile: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/366457>
- Bell y Jermy. (2019). Building on Clay Soils which Undergo Volume Changes. *Architecture Science Review*, 135.
- Butrón y Flores. (2023). *Deficiencias en obras cimentadas sobre suelo arcilloso en la zona de Alto Locumba, Jorge Basadre, Tacna-2022*. Obtenido de repositorio UPT: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2930>
- Cuba, M. (2020). *Suelos Expansivos en Talara [Tesis de Titulación]*. Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3261844>
- Eos Data Analytics. (2020). *El Control De La Humedad Del Suelo: Un Factor Clave*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/#:~:text=El%20contenido%20de%20humedad%20del,agua%20por%20pie%20de%20suelo>.
- Federacion de enseñanza. (2011). *Tipos de esfuerzos físicos*. Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- Flores y Butrón. (2023). *Deficiencias en obras cimentadas sobre suelo arcilloso en la zona de Alto Locumba, Jorge Basadre, Tacna-2022*. Obtenido de repositorio UPT: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2930>
- Flores, A. (2017). *Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Puesto de Salud Intiorko, Distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]*. Obtenido de repositorio UPT: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/417>
- González y Chávez . (2022). *Evaluación de la expansión en suelos presaturados [Tesis de Maestría]*. Obtenido de Universidad Autonoma de Querétaro: <https://innovarua.uv.mx/portal/recursos/ficha/16352/evaluacion-de-la-expansion-en-suelos-presaturados>

- Google Earth. (2023). *Zona del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba*. Obtenido de Google Earth: <https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>
- INACAL. (2015). *Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea*. Lima.
- INACAL. (2015). *Suelos: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea*. Obtenido de INACAL: <https://es.scribd.com/document/529029743/NTP-339-178-Determinacion-de-Sulfatos-Solubles-en-Suelos-y-Agua-Subterranea>
- INEI. (2018). *Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017*. Obtenido de INEI: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1530/libro.pdf
- Jordán y Rosales. (2018). *Determinación de la Influencia en el Incremento del Contenido de Humedad en las Arcillas en el Asentamiento Urbano Alto Locumba, Distrito de Locumba, Provincia de Jorge Basadre – Ciudad de Tacna [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]*. Obtenido de repositorio UPT: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/554>
- Kosaka et al. (2019). *Evaluación de Peligros de la Ciudad de Moquegua [Proyecto PER 98/018 - INDECI, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Obtenido de BVPAD: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Moquegua/mariscal_nieto/moquegua.pdf
- Lopez et al. (2022). *Simulación y Análisis numérico de suelos colapsables [Proyecto de Investigación]*. Obtenido de Universidad de Lima: <https://cris.ulima.edu.pe/es/projects/simulaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-num%C3%A9rico-de-suelos-colapsables>
- NTP 339.127. (2019). *NTP 339.127: suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo*. Obtenido de INACAL: <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>
- NTP 339.128. (2019). *NTP 339.128*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/YaxsarelaPardoRivera/ntp-339128-granulometria-por-tamizado-y-por-sedimentacion-2019>

- Palacios, G. (2021). *Determinación de humedad de suelo para la conservación de los humedales altoandinos - sector Moyobamba, Yauyos [Tesis de Titulación]*. Obtenido de Universidad Católica Sedes Sapientiae: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1022>
- PennState Extencion. (2023). *Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos#:~:text=Los%20cuatro%20tipos%20de%20suelos,se%20muestra%20en%20esta%20ilustraci%C3%B3n>.
- Peralta et al. (2022). *Caracterización de arcillas expansivas y mitigación de riesgos [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Obtenido de PUCP: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/184389>
- Quispe Huayta, J. M., & Mamani Centeno, F. R. (2017). *Estudio de Suelos para Cimentaciones de Edificaciones en la Zona de Alto Locumba del Distrito de Locumba – Provincia Jorge Basadre, Departamento de Tacna [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]*. Repositorio Institucional, Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/345>
- Quispe y Mamani. (2017). *Estudio de Suelos para Cimentaciones de Edificaciones en la Zona de Alto Locumba del Distrito de Locumba – Provincia Jorge Basadre, Departamento de Tacna*. Obtenido de repositorio UPT: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/345>
- Sánchez, E. (2021). *Geología del cuadrángulo de Locumba (hojas 36u1, 36u2, 36u3 y 36u4)*. Obtenido de INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000); n° 25: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3164>
- Tamayo, M. (2019). *Tipos de investigación*. Obtenido de https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf
- Tuñoque, W. (2019). *Expansión o Asentamiento Potencial Unidimensional de Suelos Cohesivos*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/WiLmErCiN/expansin-o-asentamiento-potencial-unidimensional-de-suelos-cohesivos-exposicin-wilmer-alberto-tuoque-zela>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Determinación del contenido de humedad y su relación con la deformación del suelo en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023					
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores
Interrogante General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente		
¿Cuál es la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo en el Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023?	Determinar la relación entre el contenido de humedad y la deformación del suelo de Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023	El contenido de humedad tiene una relación directa con la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba, Jorge Basadre, Tacna 2023	Contenido de humedad	Humedad Natural	Ensayo de contenido de Humedad
				Humedad de Saturación	Ensayo de contenido de Humedad
Interrogante Especifica	Objetivo Especifica	Hipótesis Especifica	Variable Dependiente		
¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba?	Determinar las características físicas del suelo de Nueva Locumba	Las características físicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba son: arcilla de baja plasticidad con densidad seca mayor a 1.90 tn/m ³ .	Deformación del suelo de la Nueva Locumba	Propiedades físicas del suelo	Granulometría por tamizado
					Granulometría por sedimentación
					Límites de Atterberg
					Densidad y Peso Unitario
					Peso Específico
¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba?	Determinar las características químicas del suelo de Nueva Locumba.	Las características químicas del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba son: bajo contenido de sales, sulfatos y cloruros.	Deformación del suelo de la Nueva Locumba	Propiedades químicas del suelo	Sales solubles dispersas en el suelo
					Cloruros solubles dispersos en el suelo
					Sulfatos solubles dispersos en el suelo
¿Cómo es la deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con diferentes contenidos de humedad?	Establecer la deformación del suelo de Nueva Locumba con diferentes contenidos de humedad	La deformación del suelo del Asentamiento Humano Urbanización Nueva Locumba con una diferente contenidos de humedad es expansiva menor al 2 %	Deformaciones del suelo		Potencial de expansión
					Potencial de Colapso
					Resistencia a la compresión uniaxial

Anexo 2. Pruebas de laboratorio

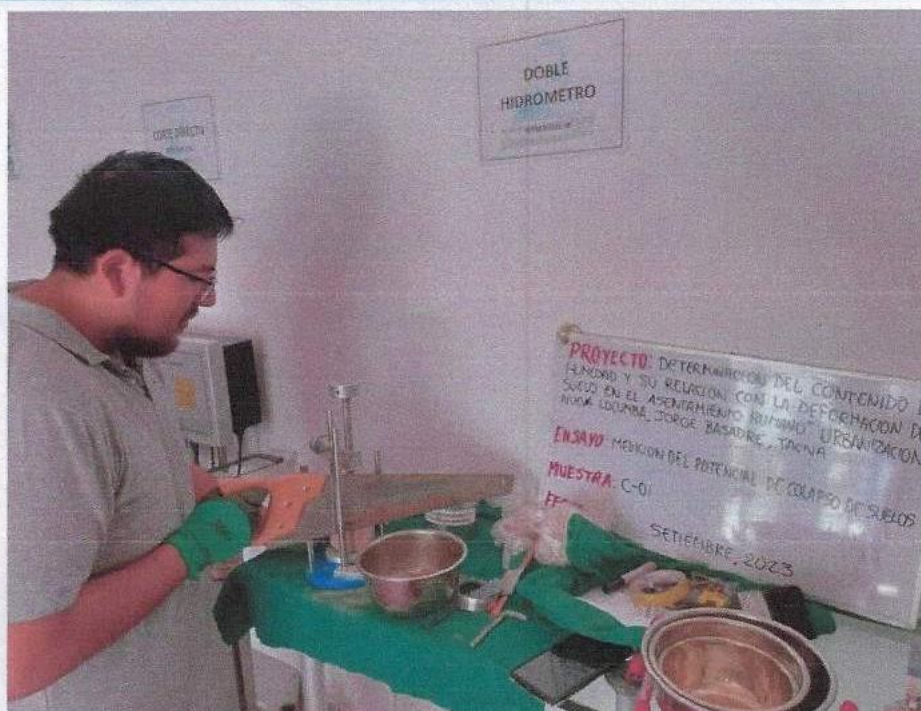
HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN LA CONSTRUCCIÓN Y OBRAS

SERVICIOS DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

PROYECTO: "DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA"



Trabajos realizados :

• SERVICIO DE ENSAYOS DE SUELOS

Solicitante : CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA
RAUL JEREMY CHAVEZ LUZA

Ubicación : DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA.

TACNA, OCTUBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCION	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAUL JEREMY CHAVEZ LUZA	TECNICO	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	INDICADO	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS						
		C-01	C-02	C-03	C-04			
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.127								
1 TARA Nº	Tara	T-01	T-02	T-03	T-04			
2 PESO DE LA TARA	gr.	127.80	194.90	194.40	195.10			
3 PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	376.20	661.60	666.50	678.60			
4 PESO SUELO SECO + TARA	gr.	359.40	639.70	616.40	643.80			
5 PESO DEL AGUA	gr.	16.80	21.90	50.10	34.80			
6 PESO DEL SUELO SECO	gr.	231.60	444.80	422.00	448.70			
7 CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.25	4.92	11.87	7.76			

OBSERVACIONES:

ELABORA:	 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. Hidrología / Geotecnia para la Construcción y Minería Tec. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURU Laboratorio Suelos (concreto) y Pavimento
REVISAR:	 JONATAN HUMBERTO ROJAS CANAZA Ingeniero Civil O.I.P. N° 186048
APRUEBA:	

ANALISIS GRANULOMETRICO



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL DEL SUELO

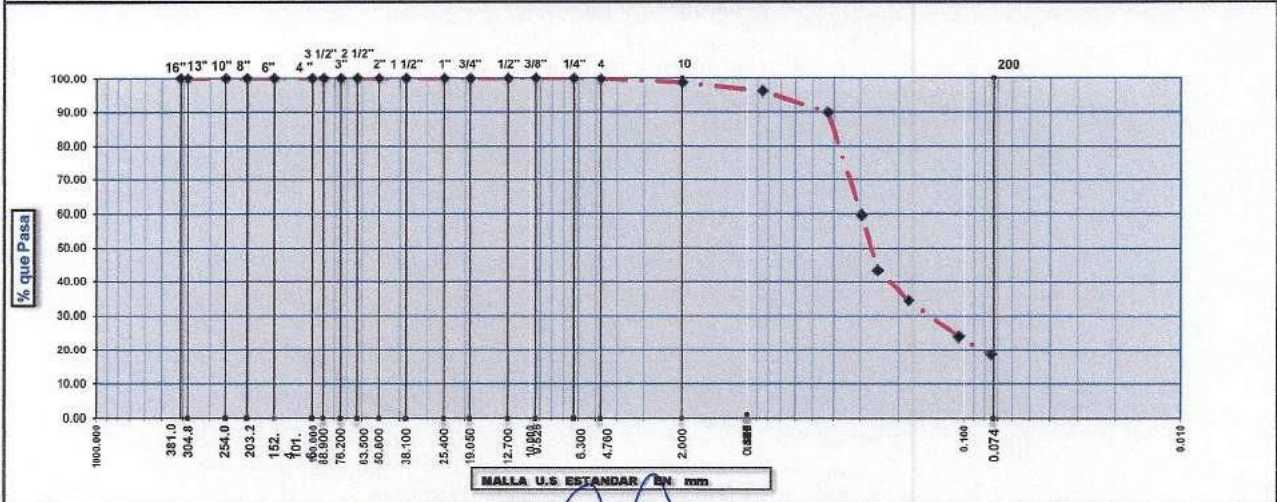
NTP 400.012

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE
SOLICITANTE	BACH. CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-01	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

CLASIFICACION SEGUN ASTM	MALLA	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO		% QUE PASA	CARACTERISTICAS GENERALES		
				PARCIAL	ACUMULADO		Peso muestra total (gr.)		
BOLONERIA Mayores de 350 mm.	16"	410.000	0.00	0.000	0.000	100.00	1169.80		
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	2.60		
CANTO RODADO De 75.00 mm hasta 350.00 mm.	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	1167.20		
	8"	203.200	0.00	0.000	0.000	100.00	1167.20		
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	0.22		
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	99.78		
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	-		
	Gruesa	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	0.00	
		2 1/2"	63.000	0.00	0.000	0.000	100.00	0.00	
		2"	50.000	0.00	0.000	0.000	100.00	0.22	
	Fina	1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	81.08	
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	18.70	
		3/4"	19.000	0.00	0.000	0.000	100.00		
		1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.00		
	ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	3/8"	9.500	0.00	0.000	0.000	100.00		
1/4"		6.300	0.50	0.043	0.043	99.96			
N° 4		4.750	2.10	0.180	0.222	99.78			
Gruesa		N° 10	2.000	13.20	1.128	1.351	98.65		
		N° 20	0.850	27.60	2.359	3.710	96.29		
		N° 40	0.425	74.90	6.403	10.11	89.89		
Fina		N° 60	0.297	354.00	30.262	40.37	59.63		
	N° 80	0.250	189.40	16.191	56.57	43.43			
	N° 100	0.180	104.60	8.942	65.51	34.49			
	N° 140	0.106	124.60	10.651	76.16	23.84			
Limo/Arcilla	< 200	0.073	218.70	18.696	100.00	0.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:

 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería
 Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

REVISÓ:

 JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.P. N° 186048

APRUEBA:

 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Gerente General
 VTB°



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL DEL SUELO

NTP 400.012

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCION	SEPTIEMBRE
SOLICITANTE	BACH. CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

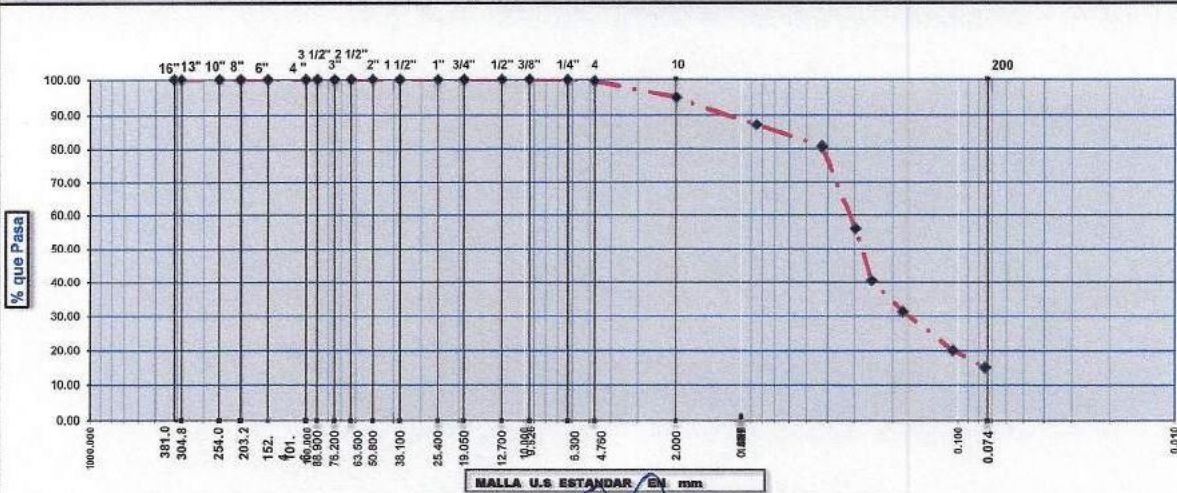
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-02	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

CLASIFICACION SEGUN ASTM	MALLA	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CARACTERISTICAS GENERALES	
BOLONERIA Mayores de 350 mm.	16"	410.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso muestra total (gr.) 1159.60	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret Malla N° 4 (gr.) 5.10	
	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.) 1154.50	
CANTO RODADO De 75.00 mm hasta 350.00 mm.	8"	203.200	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso fino del ensayo (gr.) 1154.50	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 0.44	
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 99.56	
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%) -	
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	Gruesa	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Boloneria (%) 0.00
		2 1/2"	63.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Canto Rodado (%) 0.00
		2"	50.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Gravas (%) 0.44
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 84.27
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Limo (%) 15.29
	Fina	3/4"	19.000	0.00	0.000	0.000	100.00	
		1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.00	
		3/8"	9.500	0.00	0.000	0.000	100.00	
		1/4"	6.300	1.10	0.095	0.095	99.91	
		N° 4	4.750	4.00	0.345	0.440	99.56	
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	55.10	4.752	5.191	94.81	
		N° 20	0.850	89.70	7.735	12.927	87.07	
	Fina	N° 40	0.425	75.50	6.511	19.44	80.56	
		N° 60	0.297	285.10	24.586	44.02	55.98	
		N° 80	0.250	179.40	15.471	59.49	40.51	
		N° 100	0.180	106.30	9.167	68.66	31.34	
		N° 140	0.106	130.30	11.237	79.90	20.10	
N° 200	0.075	55.80	4.812	84.71	15.29			
Limo/Arcilla	< 200	0.073	177.30	15.290	100.00	0.00		

CLASIFICACION DEL SUELO	
SUCS: SM	AASHTO: A-2-4
Cu: - Cc: -	
Arena Limosa	

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:	REVISÓ:	APRUEBA:
 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR. Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento	 JONATHAN CONBERTO ROJAS CANAZA Ingeniero Civil C.P. N° 186048	 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. Gerente General Vº Bº



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL DEL SUELO

NTP 400.012

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCION	SEPTIEMBRE
SOLICITANTE	BACH. CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

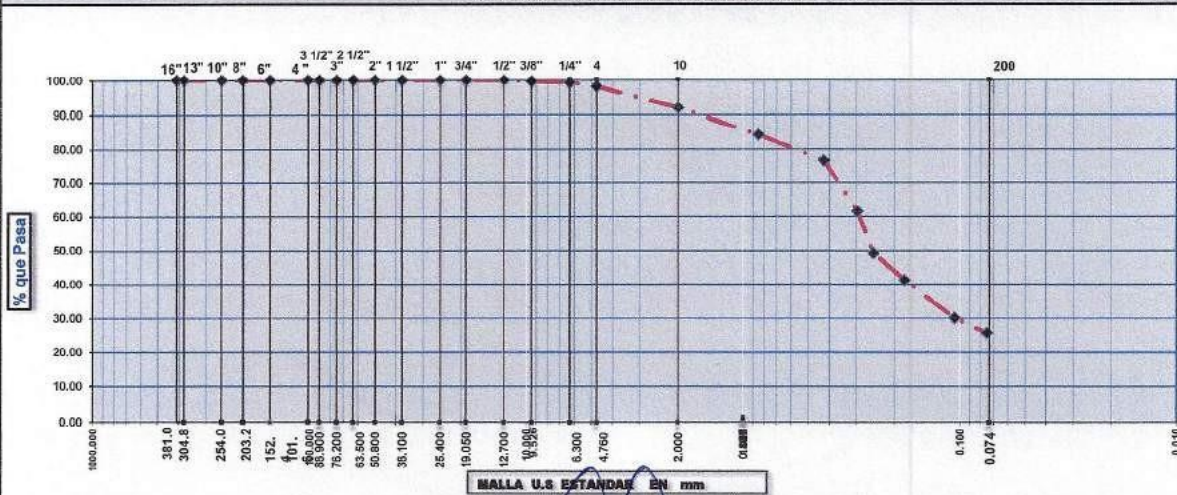
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-03	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

CLASIFICACION SEGUN ASTM	MALLA	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CARACTERISTICAS GENERALES	
BOLONERIA Mayores de 350 mm.	16"	410.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso muestra total (gr.) 1302.60	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.) 22.80	
CANTO RODADO De 75.00 mm hasta 350.00 mm.	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.) 1279.80	
	8"	203.200	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso fino del ensayo (gr.) 1279.80	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 1.75	
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 98.25	
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%) -	
	Gruesa	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Boloneria (%) 0.00
		2 1/2"	63.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Canto Rodado (%) 0.00
		2"	50.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Gravas (%) 1.75
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 72.64
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Limo (%) 25.61
	Fina	3/4"	19.000	0.00	0.000	0.000	100.00	
		1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.00	
		3/8"	9.500	4.30	0.330	0.330	99.67	
1/4"		6.300	5.30	0.407	0.737	99.26		
N° 4		4.750	13.20	1.013	1.750	98.25		
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	80.90	6.211	7.961	92.04	
		N° 20	0.850	101.70	7.807	15.768	84.23	
	Media	N° 40	0.425	99.80	7.662	23.43	76.57	
		N° 60	0.297	194.90	14.962	38.39	61.61	
		N° 80	0.250	161.80	12.421	50.81	49.19	
		N° 100	0.180	103.40	7.938	58.75	41.25	
		N° 140	0.106	145.00	11.132	69.88	30.12	
Fina	N° 200	0.075	58.70	4.506	74.39	25.61		
	Limo/Arcilla	< 200	0.073	333.60	25.610	100.00	0.00	

CLASIFICACION DEL SUELO	
SUCS: SM	AASHTO: A-2-4
Cu: - Cc: -	
Arena Limosa	

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:	REVISAR:	APRUEBA:
 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento	 JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA Ingeniero Civil C.I.P. N° 186048	 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L. Gerente General VPB



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL DEL SUELO

NTP 400.012

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCION	SEPTIEMBRE
SOLICITANTE	BACH. CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-04	TEMPERATURA (°C)	
UBICACION	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	

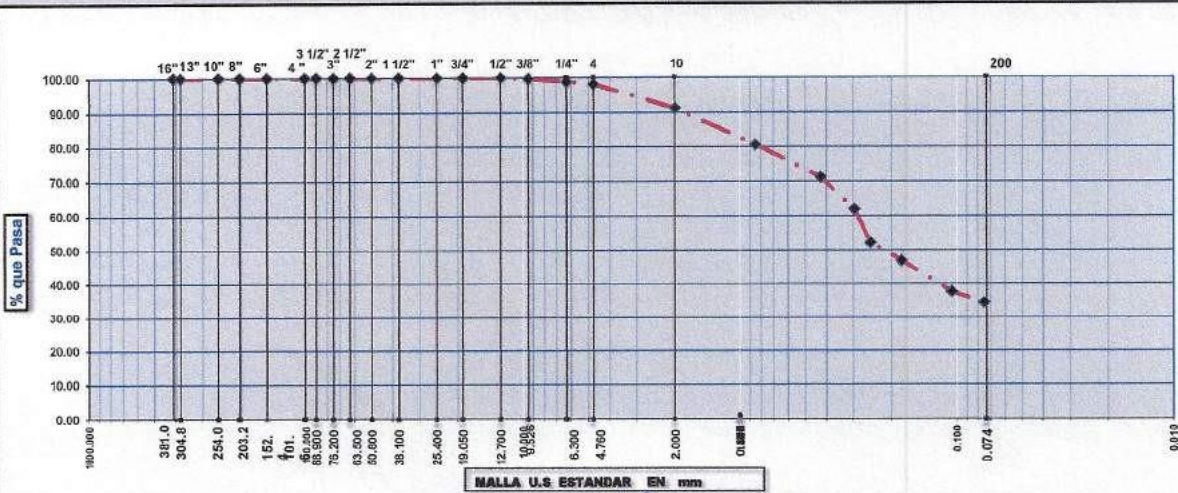
CLASIFICACION SEGUN ASTM	MALLA	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO		% QUE PASA	CARACTERISTICAS GENERALES	
				PARCIAL	ACUMULADO			
BOLONERIA Mayores de 350 mm.	16"	410.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso muestra total (gr.) 1283.00	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.) 23.70	
CANTO RODADO De 75.00 mm hasta 350.00 mm.	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.) 1259.30	
	8"	203.200	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso fino del ensayo (gr.) 1259.30	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 1.85	
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 98.15	
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%) -	
	Gruesa	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Boloneria (%) 0.00
		2 1/2"	63.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Canto Rodado (%) 0.00
		2"	50.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Gravas (%) 1.85
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 63.91
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Limo (%) 34.24
	Fina	3/4"	19.000	0.00	0.000	0.000	100.00	
		1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.00	
		3/8"	9.500	4.30	0.335	0.335	99.66	
		1/4"	6.300	10.50	0.818	1.154	98.85	
N° 4		4.750	8.90	0.694	1.847	98.15		
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	90.10	7.023	8.870	91.13	
		N° 20	0.850	135.10	10.530	19.400	80.60	
		N° 40	0.425	120.70	9.408	28.81	71.19	
	Fina	N° 60	0.297	118.50	9.236	38.04	61.96	
		N° 80	0.250	124.40	9.696	47.74	52.26	
		N° 100	0.180	68.60	5.347	53.09	46.91	
		N° 140	0.106	119.70	9.330	62.42	37.58	
N° 200	0.075	42.90	3.344	65.76	34.24			
Limo/Arcilla	< 200	0.073	439.30	34.240	100.00	0.00		

CLASIFICACION DEL SUELO

SUCS: SM AASHTO: A-2-4
 Cu: - Cc: -
 Arena Limosa

OBSERVACIONES

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología / Geotecnia para Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUI
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

REVISÓ:



JONATHAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048

APRUEBA:



LIMITES DE ATTERBERG



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

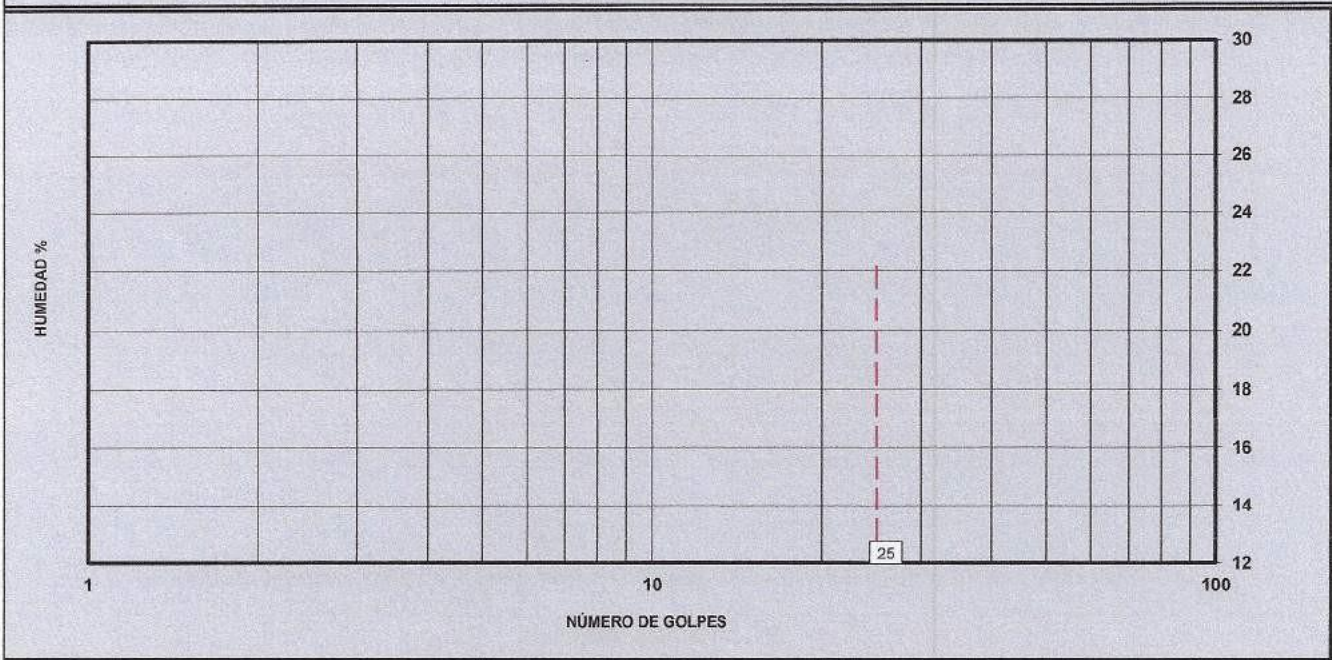
NTP 339.129

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-01	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ESQUEMA DEL DISPOSITIVO MANUAL
N° DE GOLPES		/	/	
N° TARA				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.			
PESO SUELO SECO + TARA	gr.			
PESO DEL AGUA	gr.			
PESO DE LA TARA	gr.			
PESO DEL SUELO SECO	gr.			
HUMEDAD	%			
LL: N.D. %		LP: N.P. %	IP: N.P. %	

GRAFICO DE CASAGRANDE



OBSERVACIONES:
 NO SE PUEDE DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO NI PLASTICO DE LA MUESTRA.
 N.D. = NO DETERMINADO
 N.P. = NO PLASTICO

ELABORA:

 Hidrología y Geotecnia para la Construcción y Minería
 Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

REVISÓ:

 JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.T.P. N° 186048

APRUEBA:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CÓDIGO	C-02	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ESQUEMA DEL DISPOSITIVO MANUAL
N° DE GOLPES		/	/	
N° TARA				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.			
PESO SUELO SECO + TARA	gr.			
PESO DEL AGUA	gr.			
PESO DE LA TARA	gr.			
PESO DEL SUELO SECO	gr.			
HUMEDAD	%			
LL: N.D. %		LP: N.P. %	IP: N.P. %	

GRAFICO DE CASAGRANDE



OBSERVACIONES:
 NO SE PUEDE DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO NI PLASTICO DE LA MUESTRA.
 N.D. = NO DETERMINADO
 N.P. = NO PLASTICO

ELABORA:

 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Metrología / Geotecnia para la Construcción y Minería
 Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUI
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

REVISÓ:

 JUAN PABLO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.P. N° 186048

APRUEBA:

 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Gerente General
 VºB



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

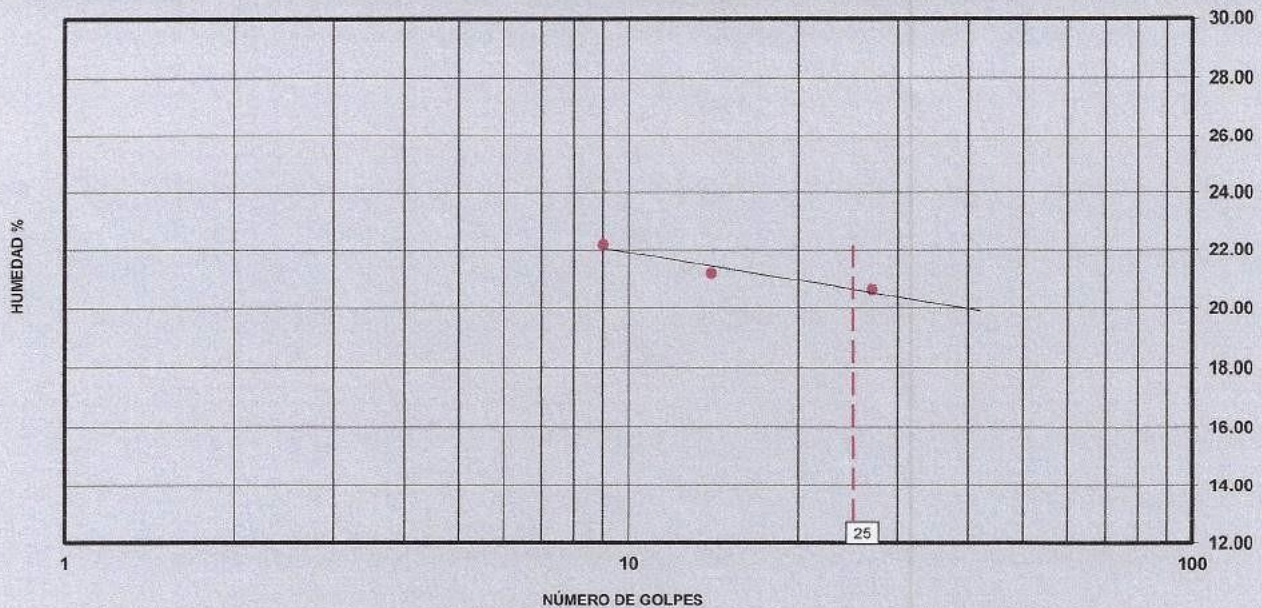
NTP 339.129

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	L.A.C.I.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CÓDIGO	C-03	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		ESQUEMA DEL DISPOSITIVO MANUAL
		9	14	27			
N° DE GOLPES		9	14	27			
N° TARA		7	1	10	39	9	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	39.36	40.88	40.30	18.27	18.39	
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	37.13	38.55	37.72	18.07	18.18	
PESO DEL AGUA	gr.	2.23	2.33	2.58	0.20	0.21	
PESO DE LA TARA	gr.	27.08	27.56	25.21	17.00	17.10	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.05	10.99	12.51	1.07	1.08	
HUMEDAD	%	22.19	21.20	20.62	18.69	19.44	
LL: 20.64 %			LP: 19.07 %		IP: 1.57 %		

GRAFICO DE CASAGRANDE



OBSERVACIONES:

ELABORA:

HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería
 Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR
 Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento

REVISÁ:

JUAN MAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048

APRUEBA:





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

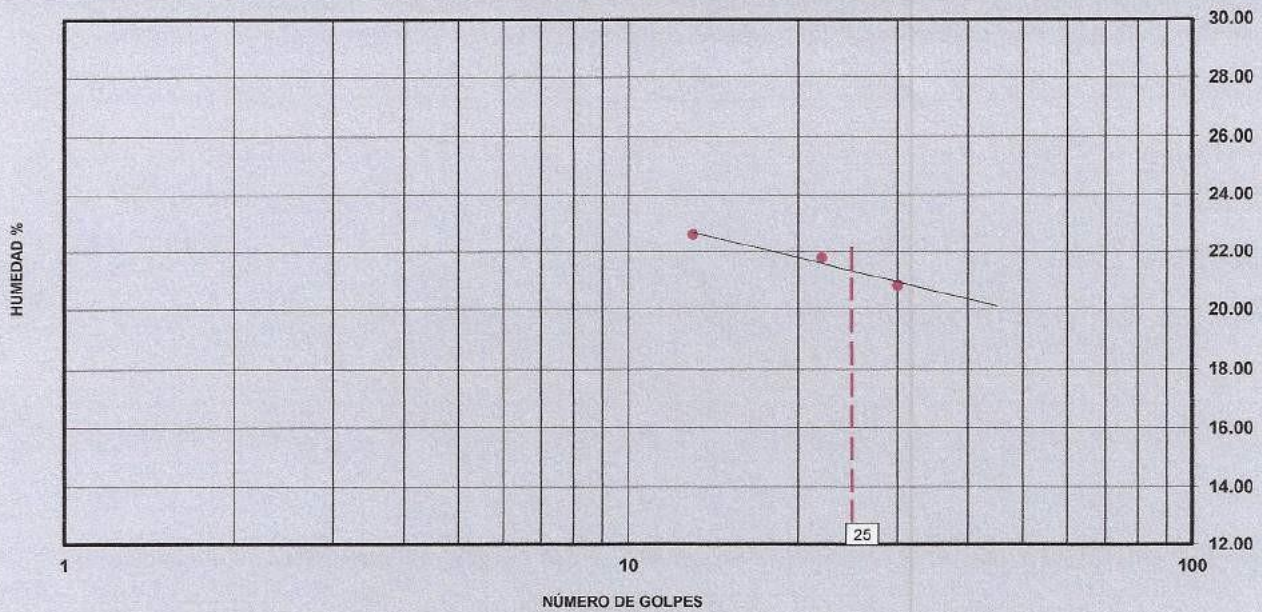
NTP 339.129

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	L.A.C.J.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CÓDIGO	C-04	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		ESQUEMA DEL DISPOSITIVO MANUAL																																																																																																				
		13	22	30																																																																																																							
N° DE GOLPES		13	22	30			<table border="1"><caption>BASE DE CAUCHO DURO CONFORME</caption><thead><tr><th>Ø (mm)</th><th>h (mm)</th><th>h' (mm)</th><th>h'' (mm)</th><th>h''' (mm)</th><th>h'''' (mm)</th><th>h''''' (mm)</th><th>h'''''' (mm)</th><th>h''''''' (mm)</th><th>h'''''''' (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>54</td><td>2</td><td>27</td><td>28</td><td>33</td><td>35</td><td>38</td><td>40</td><td>42</td></tr><tr><td>150</td><td>83</td><td>4</td><td>35</td><td>36</td><td>41</td><td>43</td><td>46</td><td>48</td><td>50</td></tr><tr><td>200</td><td>112</td><td>6</td><td>43</td><td>44</td><td>49</td><td>51</td><td>54</td><td>56</td><td>58</td></tr><tr><td>250</td><td>141</td><td>8</td><td>51</td><td>52</td><td>57</td><td>59</td><td>62</td><td>64</td><td>66</td></tr><tr><td>300</td><td>170</td><td>10</td><td>59</td><td>60</td><td>65</td><td>67</td><td>70</td><td>72</td><td>74</td></tr><tr><td>350</td><td>199</td><td>12</td><td>67</td><td>68</td><td>73</td><td>75</td><td>78</td><td>80</td><td>82</td></tr><tr><td>400</td><td>228</td><td>14</td><td>75</td><td>76</td><td>81</td><td>83</td><td>86</td><td>88</td><td>90</td></tr><tr><td>450</td><td>257</td><td>16</td><td>83</td><td>84</td><td>89</td><td>91</td><td>94</td><td>96</td><td>98</td></tr><tr><td>500</td><td>286</td><td>18</td><td>91</td><td>92</td><td>97</td><td>99</td><td>102</td><td>104</td><td>106</td></tr></tbody></table>	Ø (mm)	h (mm)	h' (mm)	h'' (mm)	h''' (mm)	h'''' (mm)	h''''' (mm)	h'''''' (mm)	h''''''' (mm)	h'''''''' (mm)	100	54	2	27	28	33	35	38	40	42	150	83	4	35	36	41	43	46	48	50	200	112	6	43	44	49	51	54	56	58	250	141	8	51	52	57	59	62	64	66	300	170	10	59	60	65	67	70	72	74	350	199	12	67	68	73	75	78	80	82	400	228	14	75	76	81	83	86	88	90	450	257	16	83	84	89	91	94	96	98	500	286	18	91	92	97	99	102	104	106
Ø (mm)	h (mm)	h' (mm)	h'' (mm)	h''' (mm)	h'''' (mm)	h''''' (mm)		h'''''' (mm)	h''''''' (mm)	h'''''''' (mm)																																																																																																	
100	54	2	27	28	33	35		38	40	42																																																																																																	
150	83	4	35	36	41	43		46	48	50																																																																																																	
200	112	6	43	44	49	51		54	56	58																																																																																																	
250	141	8	51	52	57	59		62	64	66																																																																																																	
300	170	10	59	60	65	67		70	72	74																																																																																																	
350	199	12	67	68	73	75		78	80	82																																																																																																	
400	228	14	75	76	81	83		86	88	90																																																																																																	
450	257	16	83	84	89	91	94	96	98																																																																																																		
500	286	18	91	92	97	99	102	104	106																																																																																																		
N° TARA		6	3	8	88	11																																																																																																					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	39.11	50.73	41.92	18.41	16.28																																																																																																					
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	37.38	48.22	39.48	17.37	15.22																																																																																																					
PESO DEL AGUA	gr.	1.73	2.51	2.44	1.04	1.06																																																																																																					
PESO DE LA TARA	gr.	29.73	36.70	27.77	12.18	10.05																																																																																																					
PESO DEL SUELO SECO	gr.	7.65	11.52	11.71	5.19	5.17																																																																																																					
HUMEDAD	%	22.61	21.79	20.84	20.04	20.50																																																																																																					
LL: 21.33 %		LP: 20.27 %		IP: 1.06 %																																																																																																							

GRAFICO DE CASAGRANDE



OBSERVACIONES:

ELABORA:

HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería
Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR
Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento

REVISÓ:

JONATAN EDUARDO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 186048

APRUEBA:



POTENCIAL DE COLAPSO



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. Nº 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO

NORMA NTP 339.163, ASTM D-5333

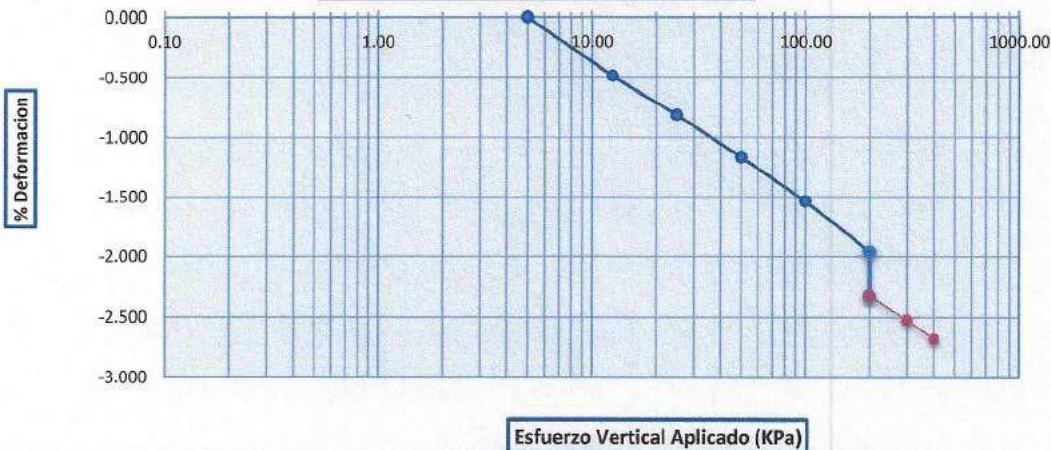
PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 1
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.00
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.00
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	97.10
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.618	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.609
Humedad (%)	0.61	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

LECTURA DEL DIAL A DIFERENTES CARGAS			% DE DEFORMACION A DIFERENTES CARGAS		
Carga (KPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)	TIEMPO	Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformacion
5	8.01	20.00	0 min	5	0.000
12.5	7.91	19.90	1 h.	12.5	-0.485
25	7.84	19.84	2 h.	25	-0.815
50	7.77	19.77	3 h.	50	-1.170
100	7.70	19.69	4 h.	100	-1.535
200	7.61	19.61	5 h.	200	-1.960
200 (saturado)	7.54	19.54	6h.	200 saturado	-2.325
300	7.50	19.50	24 h.	300	-2.525
400	7.47	19.47	36 h.	400	-2.675

ENSAYO DE COLAPSO A 2Kg/cm²



CARGA APLICADA (KPa)	INDICE DE COLAPSO Ic (%)	GRADO
200	0.37	Leve

Ic (%)	Grado de Colapso
0	Ninguno
0.1 a 2.0	Leve
2.1 a 6.0	Moderado
6.1 a 10.0	Moderadamente severo
>10.0	Severo

Ref.: NTP 339.163

Observaciones: El Índice de colapso a 2 Kg/cm² es 0.37 %, por lo tanto, el grado de colapso es catalogado como "Leve"; según lo propuesto por Clemence y Finbar y definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO

NORMA NTP 339.163, ASTM D-5333

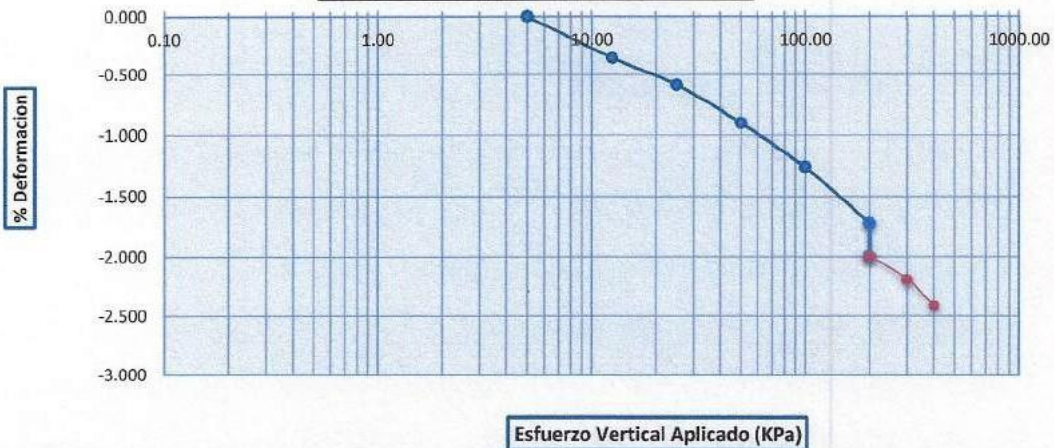
PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 2
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.00
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	59.97
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	103.10
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.719	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.707
Humedad (%)	0.71	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

LECTURA DEL DIAL A DIFERENTES CARGAS			% DE DEFORMACION A DIFERENTES CARGAS		
Carga (KPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)	TIEMPO	Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformacion
5	8.76	19.99	0 min	5	0.000
12.5	8.69	19.92	1 h.	12.5	-0.360
25	8.65	19.87	2 h.	25	-0.585
50	8.58	19.81	3 h.	50	-0.900
100	8.51	19.74	4 h.	100	-1.261
200	8.42	19.65	5 h.	200	-1.721
200 (saturado)	8.36	19.59	6h.	200 saturado	-1.996
300	8.33	19.55	24 h.	300	-2.186
400	8.28	19.51	36 h.	400	-2.411

ENSAYO DE COLAPSO A 2Kg/cm²



CARGA APLICADA (KPa)	INDICE DE COLAPSO Ic (%)	GRADO
200	0.28	Leve

Ic (%)	Grado de Colapso
0	Ninguno
0.1 a 2.0	Leve
2.1 a 6.0	Moderado
6.1 a 10.0	Moderadamente severo
>10.0	Severo

Ref.: NTP 339.163

Observaciones: El Índice de colapso a 2 Kg/cm² es 0.28 %, por lo tanto, el grado de colapso es catalogado como "Leve"; según lo propuesto por Clemence y Finbar y definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

ONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. Nº 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO

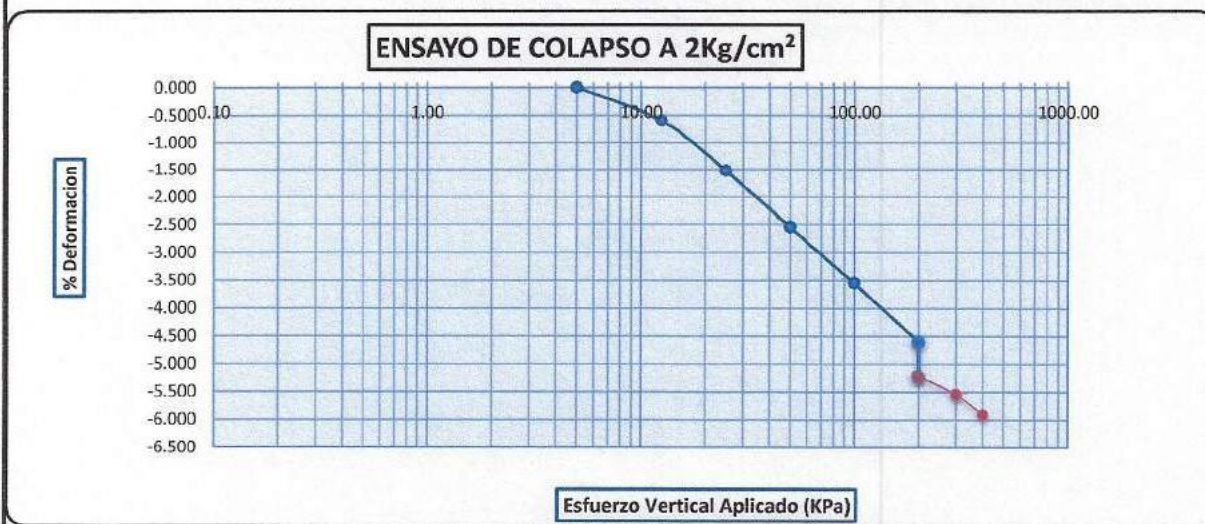
NORMA NTP 339.163, ASTM D-5333

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 3
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.00
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.03
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	101.20
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.686	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.673
Humedad (%)	0.79	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

LECTURA DEL DIAL A DIFERENTES CARGAS			% DE DEFORMACION A DIFERENTES CARGAS		
Carga (KPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)	TIEMPO	Carga (kg/cm2)	porcentaje de deformacion
5	5.87	20.01	0 min	5	0.000
12.5	5.75	19.89	1 h.	12.5	-0.600
25	5.57	19.71	2 h.	25	-1.524
50	5.36	19.50	3 h.	50	-2.549
100	5.16	19.30	4 h.	100	-3.548
200	4.95	19.09	5 h.	200	-4.598
200 (saturado)	4.83	18.97	6h.	200 saturado	-5.222
300	4.76	18.90	24 h.	300	-5.547
400	4.69	18.83	36 h.	400	-5.907



CARGA APLICADA (KPa)	INDICE DE COLAPSO Ic (%)	GRADO
200	0.62	Leve

Ic (%)	Grado de Colapso
0	Ninguno
0.1 a 2.0	Leve
2.1 a 6.0	Moderado
6.1 a 10.0	Moderadamente severo
>10.0	Severo

Ref.: NTP 339.163

Observaciones: El Índice de colapso a 2 Kg/cm² es 0.62 %, por lo tanto, el grado de colapso es catalogado como "Leve"; según lo propuesto por Clemence y Finbar y definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO

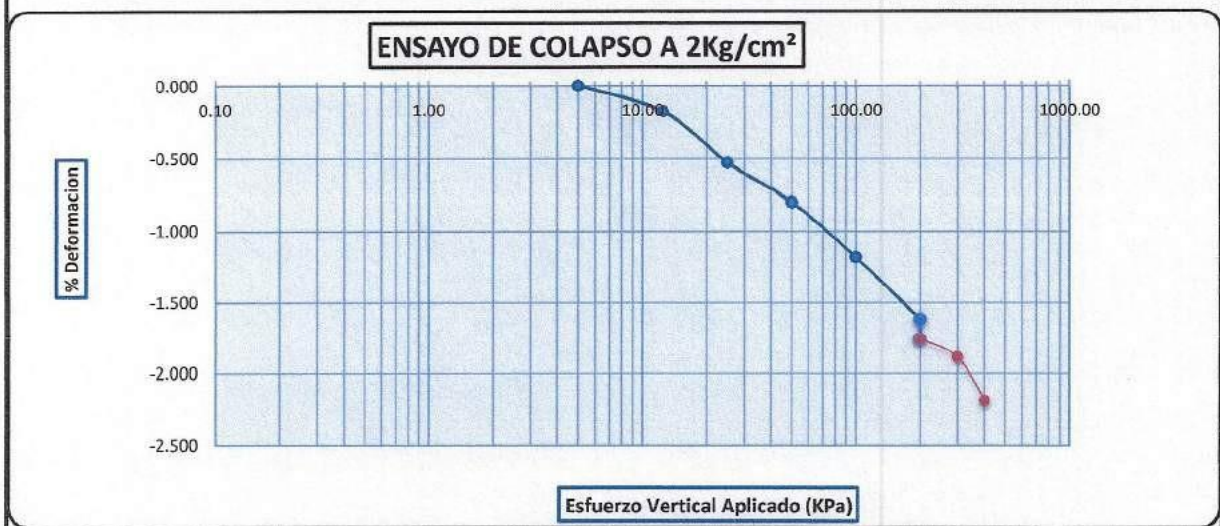
NORMA NTP 339.163, ASTM D-5333

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 4
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.00
Altura (cm.)	1.99	Volumen (cm ³)	59.73
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	101.48
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.699	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.686
Humedad (%)	0.75	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

LECTURA DEL DIAL A DIFERENTES CARGAS			% DE DEFORMACION A DIFERENTES CARGAS		
Carga (KPa)	lectura del dial (mm)	altura de la muestra (mm)	TIEMPO	Carga (kg/cm ²)	porcentaje de deformacion
5	6.12	19.91	0 min	5	0.000
12.5	6.08	19.88	1 h.	12.5	-0.176
25	6.01	19.81	2 h.	25	-0.527
50	5.96	19.75	3 h.	50	-0.799
100	5.88	19.68	4 h.	100	-1.180
200	5.79	19.59	5 h.	200	-1.617
200 (saturado)	5.77	19.56	6h.	200 saturado	-1.758
300	5.74	19.54	24 h.	300	-1.883
400	5.68	19.48	36 h.	400	-2.185



CARGA APLICADA (KPa)	INDICE DE COLAPSO Ic (%)	GRADO
200	0.14	Leve

Ic (%)	Grado de Colapso
0	Ninguno
0.1 a 2.0	Leve
2.1 a 6.0	Moderado
6.1 a 10.0	Moderadamente severo
>10.0	Severo

Ref.: NTP 339.163

Observaciones: El Índice de colapso a 2 Kg/cm² es 0.14 %, por lo tanto, el grado de colapso es catalogado como "Leve"; según lo propuesto por Clemence y Finbar y definido en la norma peruana E0.50 Bueles y Cimentaciones.

EXPANSIÓN CONTROLADA



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

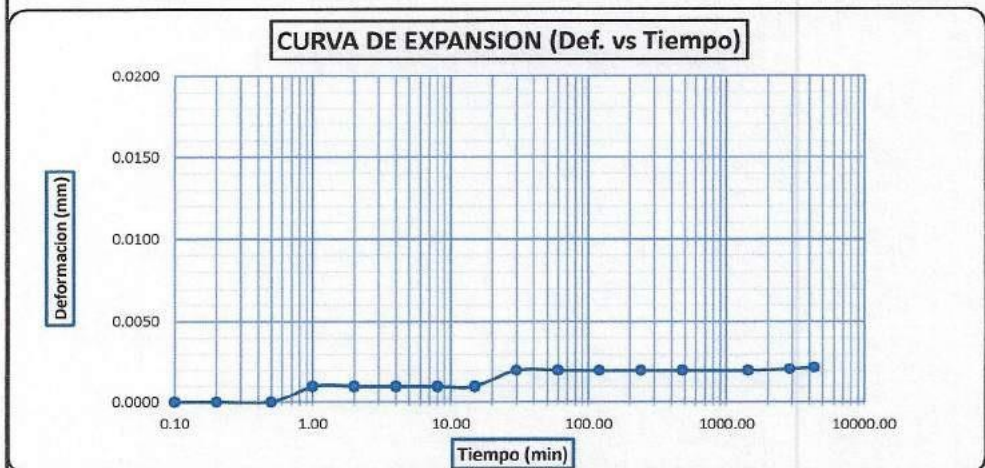
MÉTODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
METODO B (NORMA NTP 339.170)

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 1
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.001
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.00
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	97.00
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.617	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.607
Humedad (%)	0.58	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
Carga (KPa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformacion (mm)
7	6 seg.	0.1	0.0000
7	12 seg.	0.2	0.0000
7	30 seg.	0.5	0.0000
7	1 min.	1	0.0010
7	2 min.	2	0.0010
7	4 min.	4	0.0010
7	8 min.	8	0.0010
7	15 min.	15	0.0010
7	30 min.	30	0.0020
7	1 h.	60	0.0020
7	2 h.	120	0.0020
7	4 h.	240	0.0020
7	8 h.	480	0.0020
7	24 h.	1440	0.0020
7	48 h.	2880	0.0021
7	72 h.	4320	0.0022



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)	POTENCIAL DE EXPANSION
7	0.01	BAJO

Potencial de expansion (Ep)	Expansion en consolidometro, bajo presion vertical de 7 kPa
Muy alto	> 30
Alto	20 - 30
Medio	10 - 20
Bajo	< 10

Ref.: E.050

Observaciones: El porcentaje de expansion a 7KPa es 0.01 %, por lo tanto, el potencial de expansion es catalogado como "bajo"; definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotécnica para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento



DILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

MÉTODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
METODO B (NORMA NTP 339.170)

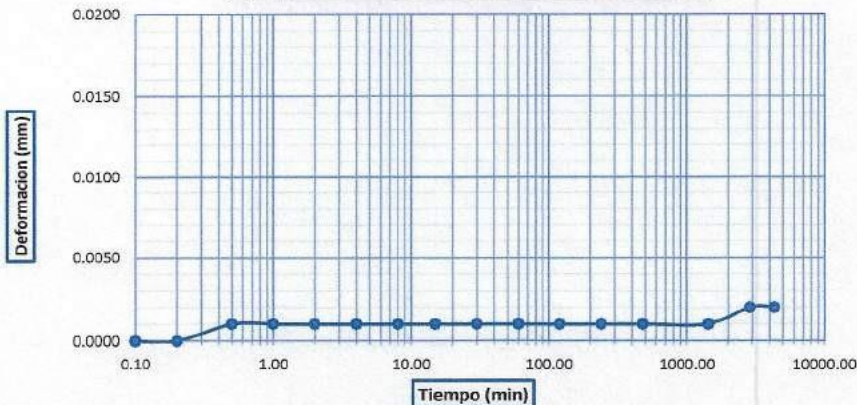
PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 2
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.006
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.01
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	103.10
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.718	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.707
Humedad (%)	0.65	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
Carga (KPa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformacion (mm)
7	6 seg.	0.1	0.0000
7	12 seg.	0.2	0.0000
7	30 seg.	0.5	0.0010
7	1 min.	1	0.0010
7	2 min.	2	0.0010
7	4 min.	4	0.0010
7	8 min.	8	0.0010
7	15 min.	15	0.0010
7	30 min.	30	0.0010
7	1 h.	60	0.0010
7	2 h.	120	0.0010
7	4 h.	240	0.0010
7	8 h.	480	0.0010
7	24 h.	1440	0.0010
7	48 h.	2880	0.0020
7	72 h.	4320	0.0020

CURVA DE EXPANSION (Def. vs Tiempo)



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)	POTENCIAL DE EXPANSION	Potencial de expansion (Ep)	Expansion en consolidometro, bajo presion vertical de 7 kPa
7	0.01	MUY BAJA	Muy alto	> 30
			Alto	20 - 30
			Medio	10 - 20
			Bajo	< 10

Ref.: E.050

Observaciones: El porcentaje de expansion a 7KPa es 0.01 %, por lo tanto, el potencial de expansion es catalogado como "bajo"; definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Meteorología / Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR,
 Laboratorio Suelos-Concreto y Pavimento



JONATAN EDULBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

MÉTODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
 METODO B (NORMA NTP 339.170)

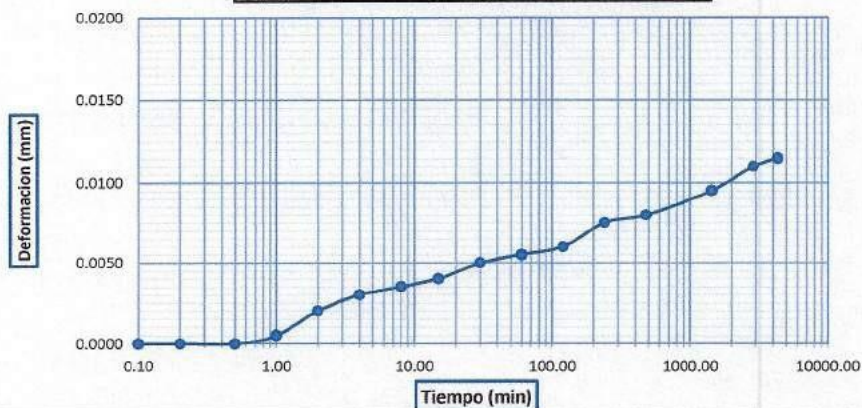
PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 3
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm)	6.18	Area (cm ²)	29.996
Altura (cm)	2.00	Volumen (cm ³)	59.99
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	101.30
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.689	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.677
Humedad (%)	0.71	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
	Carga (KPa)	Tiempo	Deformacion (mm)
7	6 seg.	0.1	0.0000
7	12 seg.	0.2	0.0000
7	30 seg.	0.5	0.0000
7	1 min.	1	0.0005
7	2 min.	2	0.0020
7	4 min.	4	0.0030
7	8 min.	8	0.0035
7	15 min.	15	0.0040
7	30 min.	30	0.0050
7	1 h.	60	0.0055
7	2 h.	120	0.0060
7	4 h.	240	0.0075
7	8 h.	480	0.0080
7	24 h.	1440	0.0095
7	48 h.	2880	0.0110
7	72 h.	4320	0.0115

CURVA DE EXPANSION (Def. vs Tiempo)



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)	POTENCIAL DE EXPANSION
7	0.06	MUY BAJA

Potencial de expansion (Ep)	Expansion en consolidometro, bajo presion vertical de 7 kPa
Muy alto	> 30
Alto	20 - 30
Medio	10 - 20
Bajo	< 10

Ref.: E.050

Observaciones: El porcentaje de expansion a 7KPa es 0.06%, por lo tanto, el potencial de expansion es catalogado como "bajo"; definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL GALIZAYA JAPUR,
 Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento

[Signature]
 JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

METODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS
METODO B (NORMA NTP 339.170)

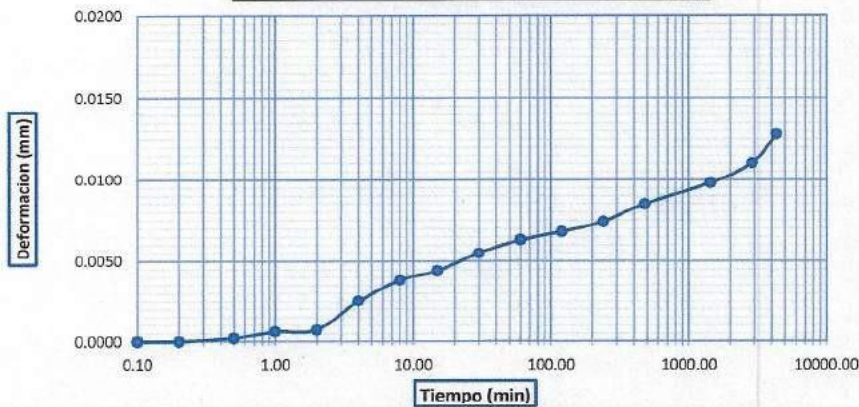
PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACION	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 4
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.001
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.00
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	101.90
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.698	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.687
Humedad (%)	0.67	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
Carga (KPa)	Tiempo	Tiempo (min)	Deformacion (mm)
7	6 seg.	0.1	0.0000
7	12 seg.	0.2	0.0000
7	30 seg.	0.5	0.0002
7	1 min.	1	0.0006
7	2 min.	2	0.0007
7	4 min.	4	0.0025
7	8 min.	8	0.0038
7	15 min.	15	0.0044
7	30 min.	30	0.0055
7	1 h.	60	0.0063
7	2 h.	120	0.0068
7	4 h.	240	0.0074
7	8 h.	480	0.0085
7	24 h.	1440	0.0098
7	48 h.	2880	0.0110
7	72 h.	4320	0.0128

CURVA DE EXPANSION (Def. vs Tiempo)



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)	POTENCIAL DE EXPANSION	Potencial de expansion (Ep)	Expansion en consolidometro, bajo presion vertical de 7 kPa
7	0.06	MUY BAJA	Muy alto	> 30
			Alto	20 - 30
			Medio	10 - 20
			Bajo	< 10

Ref.: E.050

Observaciones: El porcentaje de expansion a 7KPa es 0.06 %, por lo tanto, el potencial de expansion es catalogado como "bajo"; definido en la norma peruana E0.50 Suelos y Cimentaciones.



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR,
 Laboratorio Suelos-Concreto y Pavimento

[Signature]
JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048



EXPANSIÓN LIBRE



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. Nº 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

MÉTODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS

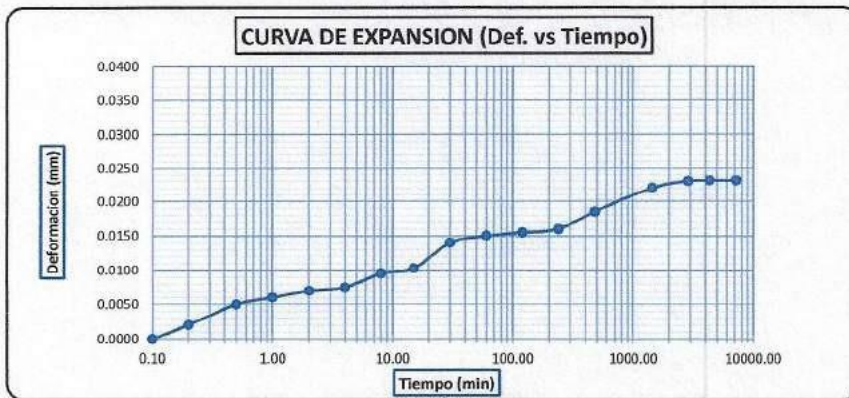
METODO A (NORMA NTP 339.170)

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACION	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 3
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	29.996
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	59.99
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	101.60
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.694	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.678
Humedad (%)	0.91	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
	Carga (KPa)	Tiempo	
1	6 seg.	0,1	0,0000
1	12 seg.	0,2	0,0020
1	30 seg.	0,5	0,0050
1	1 min.	1	0,0060
1	2 min.	2	0,0070
1	4 min.	4	0,0075
1	8 min.	8	0,0095
1	15 min.	15	0,0103
1	30 min.	30	0,0140
1	1 h.	60	0,0150
1	2 h.	120	0,0155
1	4 h.	240	0,0160
1	8 h.	480	0,0185
1	24 h.	1440	0,0220
1	48 h.	2880	0,0230
1	72 h.	4320	0,0231
1	120 h.	7200	0,0231



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)
1	0.12

Observaciones:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología / Geotécnica para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

[Signature]
 JONATAN EDUARDO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. Nº 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Area de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

MÉTODOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO UNIDIMENSIONAL O POTENCIAL DE ASENTAMIENTO DE SUELOS COHESIVOS

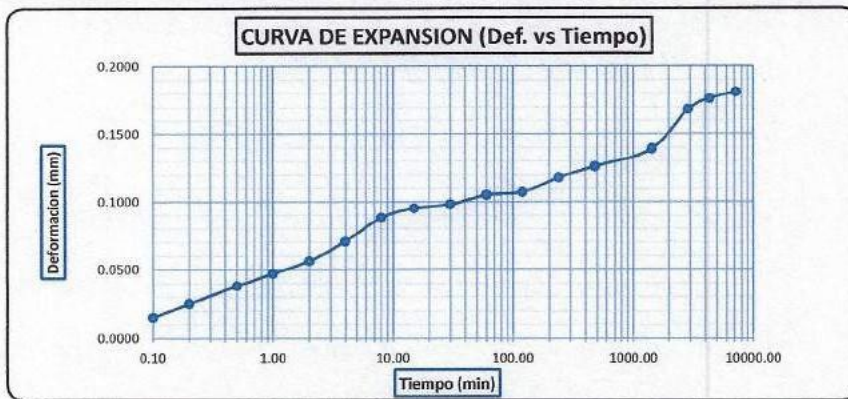
METODO A (NORMA NTP 339.170)

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA		
UBICACION	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	MUESTRA	CALICATA 4
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Diametro (cm.)	6.18	Area (cm ²)	30.001
Altura (cm.)	2.00	Volumen (cm ³)	60.00
Peso específico (gr/cm ³)	-	Peso (gr.)	105.00
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.750	Densidad Seca (gr/cm ³)	1.732
Humedad (%)	1.01	Densidad del agua (gr/cm ³)	1.000

CARGA CNSTE.	TIEMPO		LECTURA
	Carga (KPa)	Tiempo	
1	6 seg.	0.1	0.0150
1	12 seg.	0.2	0.0250
1	30 seg.	0.5	0.0380
1	1 min.	1	0.0470
1	2 min.	2	0.0560
1	4 min.	4	0.0703
1	8 min.	8	0.0880
1	15 min.	15	0.0951
1	30 min.	30	0.0980
1	1 h.	60	0.1050
1	2 h.	120	0.1070
1	4 h.	240	0.1180
1	8 h.	480	0.1260
1	24 h.	1440	0.1390
1	48 h.	2880	0.1680
1	72 h.	4320	0.1760
1	120 h.	7200	0.1810



CARGA APLICADA (KPa)	PORCENTAJE DE EXPANSION (%)
1	0.91

Observaciones:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR
 Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento



IGNATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048



CONTENIDO DE SALES SOLUBLES



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 R.U.C. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A.15 Tacna

ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS

NIP: 339.152

OSERVACION	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LUCUMBA, JORGE BASADRE TACNA										REGISTRO	
SOLICITANTE	CRISTOFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAUL JEREMY CHAVEZ LUZA										OPERADOR	JR.Q.C.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.										ASISTENTE	L.A.C.I.
DATOS DE LA MUESTRA											DATOS DEL LABORATORIO	
MUESTRA	INDICADA										TEMPERATURA (°C)	18
FECHA	SEPTIEMBRE, 2023										HUMEDAD RELATIVA (%)	54
M U E S T R A S												
DESCRIPCION		UNIDAD		M-01	M-02	M-03	M-04					
1	CODIGO DE MOLDE	Tara	G-1	M-1	P-2	R-2						
2	PESO DE MOLDE (m1)	gr.	53.69	51.45	53.76	53.02						
3	PESO DE LA MUESTRA	gr.	100.00	100.00	100.00	100.00						
4	VOLUMEN DEL ESTRACCTO ACUOSO	ml	100.00	100.00	100.00	100.00						
5	RELACION DE LA MEZCLA (D)	-	3.00	3.00	3.00	3.00						
6	PESO DEL MOLDE-RESIDUO (m2)	gr.	54.21	52.14	54.51	54.00						
7	TOTAL DE SALES SOLUBLES	p.p.m.	18590	20647	22383	23404						

OBSERVACIONES:

REVISAR

APRUEBA

INGENIERO CIVIL
ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048



ANALISIS QUIMICO



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

N° 01 BS-1377

SERVICIO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA - PROVINCIA DE JORGE BASADRE - DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	OCTUBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	-
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	MUESTRA INDICADA	TEMPERATURA (°C)	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA - PROVINCIA DE JORGE BASADRE - DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA	-

ANÁLISIS QUÍMICO EN SUELOS

MUESTRA	COORDENADAS		CLASIFICACION SUCS	SALES SOLUBLES T. (P.P.M.)	CLORUROS (P.P.M.)	SULFATOS (P.P.M.)	GRADO DE ALTERACION
	ESTE	NORTE					
C-01	-	-	SM	15550	900	1500	PERJUDICIAL
C-02	-	-	SM	20647	2900	6000	PERJUDICIAL
C-03	-	-	SM	22383	2150	4800	PERJUDICIAL
C-04	-	-	SM	29404	5400	12500	PERJUDICIAL

TOTAL : 4 MUESTRAS

NORMA E.060 CONCRETO ARMADO

Elemento Químico	p.p.m.	Grado de Alteración
Sales solubles totales	> 15000	Perjudicial
Cloruros	> 6000	Perjudicial
Sulfatos	0-1000	Lave
	1000-2000	Moderado
	2000-20000	Severo
	> 20000	Muy Severo

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRANEA NTP 339.178

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRANEA NTP 339.178

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRANEA NTP 339.178

OBSERVACIONES

APRUEBA:


JONATHAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 186048

REvisa:



DENSIDAD CON PARAFINA



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC. N° 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE ESPECÍMENES DE SUELO

ASTM D 7263-21

PROYECTO	DE TERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	REGISTRO	-
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	OPERADOR	J.R.Q.C.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	LA.C.J.

Densidad de parafina (g/cm³)		0.8282012			
ID Laboratorio		C-01	C-02	C-03	C-04
Tamaño máximo de partícula (visual)		-	-	-	-
Clasificación visual (símbolo SUCS)		SM	SM	SM	SM
Tipo (Inalt., recons., remol. o terrón)		Natural	Natural	Natural	Natural
No. de espécimen		1	1	1	1
Método A (por desplazamiento)	Masa de espécimen de suelo húmedo (g)	54.99	120.11	80.1	46.38
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina en el aire (g)	61.02	126.66	84.85	49.7
	Temperatura del agua al tarar balanza y previo a inmersión(°C)	19.67	19.77	19.77	19.97
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina en el agua (g)	26.1	56.2	35.3	17.6
	Densidad del agua a temperatura T (g/cm ³)	0.99827	0.99823	0.99825	0.99821
	Temperatura del agua durante inmersión del espécimen (°C)	19.67	19.87	19.77	19.97
	Volumen del suelo (cm ³)	27.70	62.68	43.90	28.15
	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³)	1.985	1.916	1.825	1.648
	PESO UNITARIO (kN/m³)	19.47	18.79	17.89	16.16
Determinación de humedad	Tara No.	C-01	C-02	C-03	C-04
	Masa de Tara (g)	148.5	97.8	167.4	159.2
	Masa de Tara + Suelo Húmedo (g)	245.2	220	305.3	295.8
	Masa de Tara + Suelo Seco (g)	243.5	217.9	299.2	293.3
	Masa del agua (g)	1.7	2.1	6.1	2.5
	Masa del suelo seco (g)	95	120.1	131.8	134.1
	HUMEDAD (%)	1.79	1.75	4.63	1.86
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.950	1.883	1.744	1.618	
PESO UNITARIO SECO (kN/m³)	19.126	18.470	17.101	15.862	

OBSERVACIONES:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

[Handwritten Signature]
 JONATAN EDUARDO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186048



PESO ESPECIFICO



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO [NORMA ASTM C-128]

PROYECTO : ETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA

SOLICITANTE : CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA
RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : -

UBICACIÓN : -

MUESTRA : C-01

FECHA : SEPTIEMBRE, 2023

AGREGADO ARENA - NORMA ASTM C-128		
N° DE ENSAYO		01
PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	400.00
PESO FIOLA + AGUA	gr.	1277.40
PESO FIOLA + AGUA + A	gr.	1677.40
PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA	gr.	1517.50
VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	159.90
PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr/cc.	374.20
VOL. DE MASA	gr/cc.	134.10
P.E. BULK (BASE SECA)	gr/cc.	2.340
P.E. BULK (BASE SATURADA)	gr/cc.	2.502
P.E. APARENTE (BASE SECA)	gr/cc.	2.790
% DE ABSORCION	%	6.895
P.E. BULK PROMEDIO (BASE SECA)	gr/cc.	2.340


HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería
Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento


JONATAN ADHERBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

[NORMA ASTM C-]

PROYECTO : ETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA

SOLICITANTE : CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA
RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : -

UBICACIÓN : -

MUESTRA : C-02

FECHA : SEPTIEMBRE, 2023

AGREGADO ARENA - NORMA ASTM C-128		
N° DE ENSAYO		01
PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	400.30
PESO FIOLA + AGUA	gr.	663.50
PESO FIOLA + AGUA + A	gr.	1063.80
PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA	gr.	904.10
VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	159.70
PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr/cc.	380.70
VOL. DE MASA	gr/cc.	140.10
P.E. BULK (BASE SECA)	gr/cc.	2.384
P.E. BULK (BASE SATURADA)	gr/cc.	2.507
P.E. APARENTE (BASE SECA)	gr/cc.	2.717
% DE ABSORCION	%	5.148
P.E. BULK PROMEDIO (BASE SECA)	gr/cc.	2.384



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURU
Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento



JONATHAN GILBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA ASTM C-128

PROYECTO : ETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA

SOLICITANTE : CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA
RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : -

UBICACIÓN : -

MUESTRA : C-03

FECHA : SEPTIEMBRE, 2023

AGREGADO ARENA - NORMA ASTM C-128		
N° DE ENSAYO		01
PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	400.10
PESO FIOLA + AGUA	gr.	1277.70
PESO FIOLA + AGUA + A	gr.	1677.80
PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA	gr.	1516.40
VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	161.40
PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr/cc.	372.40
VOL. DE MASA	gr/cc.	133.70
P.E. BULK (BASE SECA)	gr/cc.	2.307
P.E. BULK (BASE SATURADA)	gr/cc.	2.479
P.E. APARENTE (BASE SECA)	gr/cc.	2.785
% DE ABSORCION	%	7.438
P.E. BULK PROMEDIO (BASE SECA)	gr/cc.	2.307



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPURA
Laboratorio Suelos, Concreto y Pavimento


JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.A.P. N° 186048





HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Área de Laboratorio y Control de Calidad
RUC. N° 20532715882
Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

[NORMA ASTM C-128]

PROYECTO : ETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA

SOLICITANTE : CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA
RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : -

UBICACIÓN : -

MUESTRA : C-04

FECHA : SEPTIEMBRE, 2023

AGREGADO ARENA - NORMA ASTM C-128		
N° DE ENSAYO		01
PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	400.10
PESO FIOLA + AGUA	gr.	1321.20
PESO FIOLA + AGUA + A	gr.	1721.30
PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA	gr.	1560.20
VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	161.10
PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr/cc.	371.90
VOL. DE MASA	gr/cc.	132.90
P.E. BULK (BASE SECA)	gr/cc.	2.309
P.E. BULK (BASE SATURADA)	gr/cc.	2.484
P.E. APARENTE (BASE SECA)	gr/cc.	2.798
% DE ABSORCION	%	7.583
P.E. BULK PROMEDIO (BASE SECA)	gr/cc.	2.309



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología / Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL GALIZAYA JAPURA
Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento


JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 186048



**COMPRESION UNIAXIAL
INCONFINADA**



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 RUC: 20532715882
 Dirección: Asociación Sr. de los Milagros Mz. A Lt. 15,
 Alto de la Alianza, Tacna

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAIXAL

ASTM D-2938

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS, CONCRETO Y ASFALTO

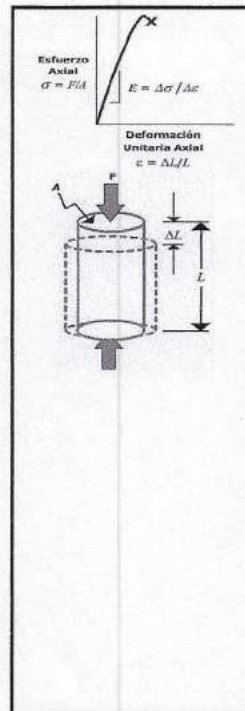
PROYECTO : DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA
 SOLICITANTE: CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA Nº DE REGISTRO: -
 Nº PROYECTO: - ENSAYADO POR: -
 MATERIAL : C-01 FECHA: OCTUBRE DEL 2023
 PROCEDENCIA DEL MATERIAL: MUESTRA: C-01
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LOCUMBA - PROVINCIA DE JORGE BASADRE - DEPARTAMENTO DE TACNA

MUESTRA M-01	
Nº Testigo	1
Tipo de ensayo	Diametral
Peso (gr)	480.9
Densidad (gr/cm ³)	1.97
Humedad (%)	0.28
D (cm)	5.28
H (cm)	11.15
A (cm ²)	21.87
Vol (cm ³)	243.86
σ_c (Kg/cm ²)	35.86
σ_c (MPa)	3.52
E (Kg/cm ²)	3821.90

CLASIFICACION DE LA ROCA A PARTIR DE SU RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE			
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (MPa)	ISRM (1981)	GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON (1976)	BIENIAWSKI (1973)
1 a 5	MUY BLANDA	BLANDA	MUY BAJA



LECTURA VERTICAL (cm)	FUERZA VERTICAL (KN)	DEFORMACION UNITARIA (cm/cm) (x 0.01)	FUERZA VERTICAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO VERTICAL (Kg/cm ²)
0.0000	0.01	0.000	0.00	21.87	0.00
0.0004	0.019	0.003	1.94	21.87	0.09
0.0041	0.103	0.037	10.50	21.88	0.48
0.0109	0.227	0.098	23.15	21.89	1.06
0.0192	0.396	0.172	40.38	21.91	1.84
0.0267	0.617	0.240	62.92	21.93	2.87
0.0354	0.851	0.318	86.78	21.94	3.95
0.0418	1.067	0.375	108.80	21.96	4.96
0.0513	1.444	0.460	147.24	21.97	6.70
0.0610	1.956	0.547	199.45	21.99	9.07
0.0667	2.318	0.598	236.37	22.01	10.74
0.0731	2.711	0.655	276.44	22.02	12.56
0.0786	3.126	0.705	318.76	22.03	14.47
0.0888	3.927	0.796	400.44	22.05	18.16
0.0988	4.724	0.886	481.71	22.07	21.83
0.1070	5.467	0.959	557.47	22.09	25.24
0.1161	6.149	1.042	627.01	22.10	28.37
0.1229	6.635	1.102	676.57	22.12	30.59
0.1310	7.100	1.175	723.99	22.13	32.71
0.1472	7.690	1.320	784.15	22.17	35.38
0.1533	7.789	1.375	794.24	22.18	35.81
0.1539	7.797	1.381	795.06	22.18	35.85
0.1548	7.801	1.389	795.47	22.18	35.86
0.1554	7.796	1.394	794.96	22.18	35.84
0.1584	7.801	1.421	795.47	22.19	35.85
0.1601	7.753	1.436	790.57	22.19	35.62
0.1619	7.734	1.452	788.64	22.20	35.53
0.1636	7.691	1.467	784.25	22.20	35.33



OBSERVACIONES:



**ANALISIS GRANULOMETRICO
POR SEDIMENTACION**



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

ASTM D7928-17

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	MUESTRA	C-01
UBICACIÓN	DISTRITO LOCUMBA, PROV. JORGE BASADRE, DEPTO. TACNA	OPERADOR	L.A.C.J.
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	ASISTENTE	V.F.C.M.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	FECHA	OCTUBRE, 2023

Datos del Espécimen

Tamiz Separador: **No. 200** Porcentaje que Pasa el Tamiz Separador: **18.7** Gs: **2.79** (**< No. 200**)

Ensayos Previos:

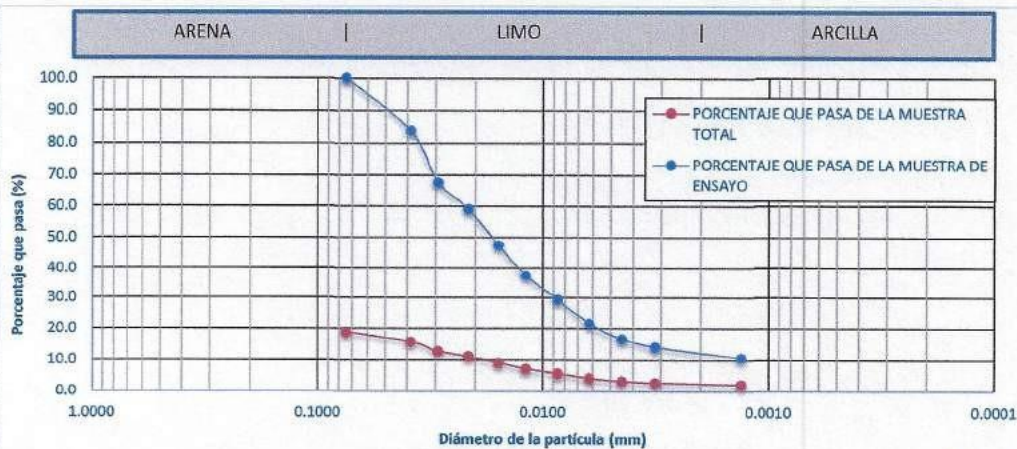
<i>Determinación de Humedad</i>		<i>Estimación/Definición de Masas Para el Ensayo</i>	
Tara No.	T-1	Estimado Pasante Tamiz No. 200 (%), %est:	100
Masa Humeda + Tara (g):	476.7	Capacidad de Hidrómetro-152 H (g), H_c :	55
Masa Seca + Tara (g):	466.2	Estimación de Masa Húmeda (g), M_{mest} :	57
Masa de Tara (g):	195	Masa Húmeda para el Ensayo (g), M_m :	50
Contenido de Humedad (%), W_c :	3.9	Masa Seca Para el Ensayo (g), M_d :	48.14

Observaciones:

Registros y Cálculos del Ensayo

Cantidad de Dispersante Empleado (g): **5** Masa Retenida en el Tamiz No. 200: **0**
 Corrección de Menisco, C_m : **1** Porcentaje Que Pasa el Tamiz mm 75 (No. 200): **100.00**

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido T (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro r_m	Corrección r_{cm}	Profundidad Efectiva H_e (cm)	Diámetro de Partícula D (mm)	Porcentaje más Fino N_m (%)	Porcentaje Que Pasa P_0 (%)
6/10/2023 - 12:15:00	0					0.0750	100.0	18.7
6/10/2023 - 12:16:00	1	21.2	44.75	3.2	9.3	0.0389	83.70	15.7
6/10/2023 - 12:17:00	2	21.3	36.75	3.2	10.6	0.0294	67.64	12.6
6/10/2023 - 12:19:00	4	21.3	32.50	3.2	11.3	0.0215	59.07	11.0
6/10/2023 - 12:23:00	8	21.3	26.75	3.2	12.3	0.0158	47.48	8.9
6/10/2023 - 12:30:00	15	21.3	21.75	3.2	13.2	0.0120	37.40	7.0
6/10/2023 - 12:45:00	30	21.4	17.75	3.2	13.8	0.0087	29.41	5.5
6/10/2023 - 13:15:00	60	21.6	13.75	3.1	14.5	0.0063	21.49	4.0
6/10/2023 - 14:15:00	120	21.7	11.25	3.1	14.9	0.0045	16.52	3.1
6/10/2023 - 16:15:00	240	21.7	10.00	3.1	15.1	0.0032	14.00	2.6
7/10/2023 - 12:15:00	1440	21.1	8.50	3.3	15.4	0.0013	10.55	2.0



RESUMEN DE RESULTADOS PARA LA MUESTRA DE SEDIMENTACIÓN	
FINOS %	
18.7	
LIMO %	ARCILLA %
16.5	2.2





DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

ASTM D7928-17

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	MUESTRA	C-02
UBICACIÓN	DISTRITO LOCUMBA, PROV. JORGE BASADRE, DEPTO. TACNA	OPERADOR	L.A.C.J.
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	ASISTENTE	V.F.C.M.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	FECHA	OCTUBRE, 2023

Datos del Espécimen

Tamiz Separador: **No. 200** Porcentaje que Pasa el Tamiz Separador: **15.29** Gs: **2.717** (**< No. 200**)

Ensayos Previos: —

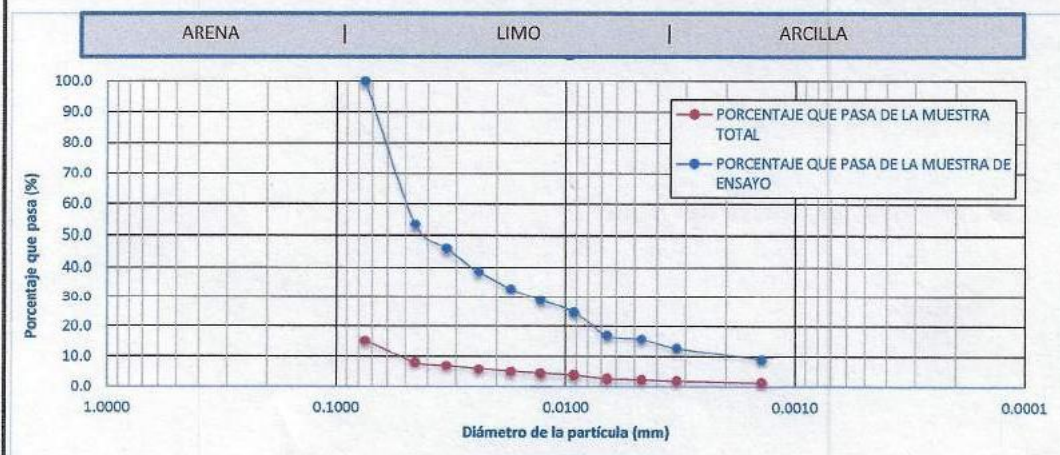
Determinación de Humedad		Estimación/Definición de Mesas Para el Ensayo	
Tara No.	T-1	Estimado Pasante Tamiz No. 200 (%), %est:	100
Masa Humeda + Tara (g):	309.6	Capacidad de Hidrómetro-152 H (g), H_c :	55
Masa Seca + Tara (g):	305.8	Estimación de Masa Húmeda (g), M_{est} :	57
Masa de Tara (g):	196.2	Masa Húmeda para el Ensayo (g), M_m :	55
Contenido de Humedad (%), W_c :	3.5	Masa Seca Para el Ensayo (g), M_d :	53.16

Observaciones:

Registros y Cálculos del Ensayo

Cantidad de Dispersante Empleado (g): **5** Masa Retenida en el Tamiz No. 200: **0**
 Corrección de Menisco, C_m : **1** Porcentaje Que Pasa el Tamiz mm 75 (No. 200): **100.00**

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido T (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro r_m	Corrección r_{cm}	Profundidad Efectiva H_m (cm)	Diámetro de Partícula D (mm)	Porcentaje más Fino N_m (%)	Porcentaje Que Pasa P_p (%)
10/10/2023 - 8:52:00	0					0.0750	100.0	15.3
10/10/2023 - 8:53:00	1	18.1	33.00	4.2	11.2	0.0455	53.31	8.2
10/10/2023 - 8:54:00	2	18.1	29.00	4.2	11.9	0.0331	45.89	7.0
10/10/2023 - 8:56:00	4	18.1	25.00	4.2	12.6	0.0241	38.48	5.9
10/10/2023 - 9:00:00	8	18.1	22.00	4.2	13.1	0.0174	32.92	5.0
10/10/2023 - 9:07:00	15	18.2	19.75	4.2	13.5	0.0128	28.89	4.4
10/10/2023 - 9:22:00	30	18.4	17.50	4.1	13.9	0.0092	24.75	3.8
10/10/2023 - 9:52:00	60	18.8	13.25	4.0	14.6	0.0066	17.10	2.6
10/10/2023 - 10:52:00	120	19.8	12.25	3.7	14.8	0.0047	15.84	2.4
10/10/2023 - 12:52:00	240	20.7	10.25	3.4	15.1	0.0033	12.89	1.9
11/10/2023 - 8:52:00	1440	18.3	9.10	4.2	15.3	0.0014	9.12	1.4



RESUMEN DE RESULTADOS PARA LA MUESTRA DE SEDIMENTACIÓN	
FINOS %	
18.7	
LIMO %	ARCILLA %
17.1	1.6



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrología y Geotecnia para Construcción y Minería
 Tec. Lab. LUIS ANGELO CALIZAYA JAPUR
 Laboratorio de Suelos Concreto y Pavimento

JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.P. Nº 186048



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

ASTM D7928-17

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	MUESTRA	C-03
UBICACIÓN	DISTRITO LOCUMBA, PROV. JORGE BASADRE, DEPTO. TACNA	OPERADOR	L.A.C.J.
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	ASISTENTE	V.F.C.M.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	FECHA	OCTUBRE, 2023

Datos del Espécimen

Tamiz Separador: **No. 200** Porcentaje que Pasa el Tamiz Separador: **25.61** Gs: **2.785** (**< No. 200**)

Ensayos Previos:

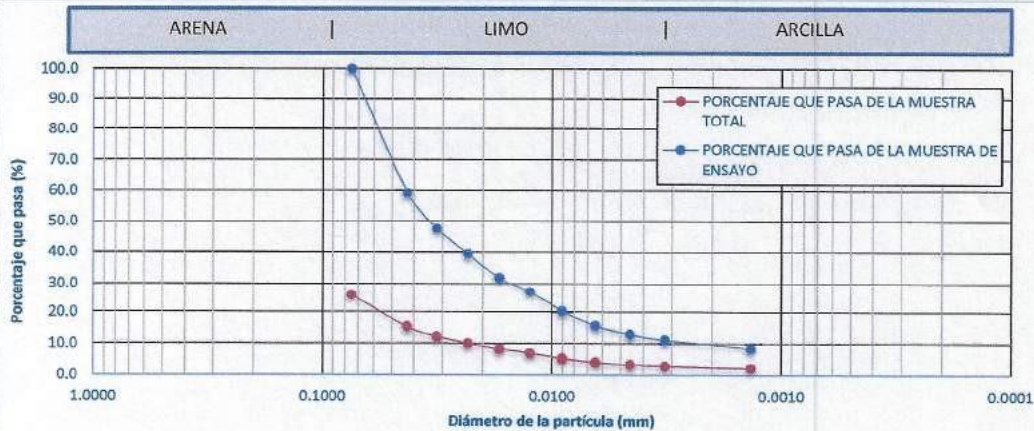
Determinación de Humedad		Estimación/Definición de Masas Para el Ensayo	
Tara No.	T-1	Estimado Pasante Tamiz No. 200 (%), %est:	100
Masa Humeda + Tara (g):	238.6	Capacidad de Hidrómetro-152 H (g), H_c :	55
Masa Seca + Tara (g):	235.8	Estimación de Masa Húmeda (g), M_{mest} :	56
Masa de Tara (g):	109.6	Masa Húmeda para el Ensayo (g), M_m :	55
Contenido de Humedad (%), W_c :	2.2	Masa Seca Para el Ensayo (g), M_d :	53.81

Observaciones:

Registros y Cálculos del Ensayo

Cantidad de Dispersante Empleado (g): **5** Masa Retenida en el Tamiz No. 200: **0**
 Corrección de Menisco, C_m : **1** Porcentaje Que Pasa el Tamiz mm 75 (No. 200): **100.00**

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido T (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro r_m	Corrección r_{adm}	Profundidad Efectiva H_m (cm)	Diámetro de Partícula D (mm)	Porcentaje más Fino N_m (%)	Porcentaje Que Pasa P_p (%)
10/10/2023 - 9:30:00	0					0.0750	100.0	25.6
10/10/2023 - 9:31:00	1	18.5	37.00	4.1	10.5	0.0428	59.36	15.2
10/10/2023 - 9:32:00	2	18.6	30.50	4.1	11.6	0.0318	47.89	12.2
10/10/2023 - 9:34:00	4	18.4	26.00	4.1	12.3	0.0233	38.45	10.1
10/10/2023 - 9:38:00	8	18.5	21.75	4.1	13.1	0.0169	31.83	8.2
10/10/2023 - 9:45:00	15	18.7	19.00	4.1	13.5	0.0125	26.98	6.9
10/10/2023 - 10:00:00	30	18.9	15.25	4.0	14.2	0.0090	20.32	5.2
10/10/2023 - 10:30:00	60	19.3	12.50	3.9	14.6	0.0065	15.58	4.0
10/10/2023 - 11:30:00	120	20.1	10.75	3.6	14.9	0.0046	12.90	3.3
10/10/2023 - 13:30:00	240	21.0	9.50	3.3	15.1	0.0032	11.19	2.9
11/10/2023 - 9:30:00	1440	18.7	8.75	4.1	15.3	0.0014	8.47	2.2



RESUMEN DE RESULTADOS PARA LA MUESTRA DE SEDIMENTACIÓN	
FINOS %	
18.7	
LIMO %	ARCILLA %
16.3	2.4



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

[Firma]
 GERENTE GENERAL
 GERENTE GENERAL
 C.I.P. N° 186048



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Área de Laboratorio y Control de Calidad
 R.U.C. Nº 20532715882
 Dirección: Asoc. Señor de los Milagros A-15 Tacna

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

ASTM D7928-17

PROYECTO	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SU RELACION CON LA DEFORMACION DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO URBANIZACION NUEVA LOCUMBA, JORGE BASADRE, TACNA	MUESTRA	C-04
UBICACIÓN	DISTRITO LOCUMBA, PROV. JORGE BASADRE, DEPTO. TACNA	OPERADOR	L.A.C.J.
SOLICITANTE	CRISTOFFER CARLOS APAZA COAQUIRA - RAÚL JEREMY CHAVEZ LUZA	ASISTENTE	V.F.C.M.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	FECHA	OCTUBRE, 2023

Datos del Espécimen

Tamiz Separador: **No. 200** Porcentaje que Pasa el Tamiz Separador: 25.61 Gs: 2.785 (**< No. 200**)

Ensayos Previos: ---

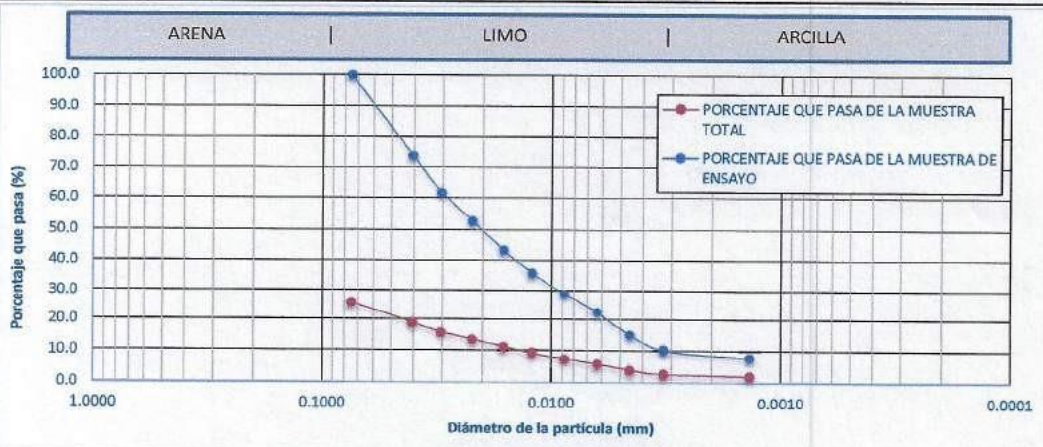
Determinación de Humedad		Estimación/Definición de Masas Para el Ensayo	
Tara No.	T-1	Estimado Pasante Tamiz No. 200 (%), %est:	100
Masa Humeda + Tara (g):	172	Capacidad de Hidrómetro-152 H (g), H_c :	55
Masa Seca + Tara (g):	168.5	Estimación de Masa Húmeda (g), M_{est} :	59
Masa de Tara (g):	120.1	Masa Húmeda para el Ensayo (g), M_m :	55
Contenido de Humedad (%), W_c :	7.2	Masa Seca Para el Ensayo (g), M_d :	51.29

Observaciones:

Registros y Cálculos del Ensayo

Cantidad de Dispersante Empleado (g): 5 Masa Retenida en el Tamiz No. 200: 0
 Corrección de Menisco, C_m : 0.5 Porcentaje Que Pasa el Tamiz mm 75 (No. 200): 100.00

Fecha y Hora	Tiempo Transcurrido T (min)	Temperatura (°C)	Lectura de Hidrómetro r_m	Corrección r_{cm}	Profundidad Efectiva H_m (cm)	Diámetro de Partícula D (mm)	Porcentaje más Fino N_m (%)	Porcentaje Que Pasa P_p (%)
10/10/2023 - 10:08:00	0					0.0750	100.0	25.6
10/10/2023 - 10:09:00	1	19.0	43.00	4.0	9.5	0.0405	73.93	18.9
10/10/2023 - 10:10:00	2	19.0	36.50	4.0	10.6	0.0302	61.62	15.8
10/10/2023 - 10:12:00	4	19.1	31.75	3.9	11.4	0.0221	52.69	13.5
10/10/2023 - 10:16:00	8	19.1	26.75	3.9	12.2	0.0162	43.22	11.1
10/10/2023 - 10:23:00	15	19.3	22.75	3.9	12.9	0.0121	35.76	9.2
10/10/2023 - 10:38:00	30	19.4	19.00	3.8	13.5	0.0088	28.72	7.4
10/10/2023 - 11:08:00	60	19.8	15.50	3.7	14.1	0.0063	22.34	5.7
10/10/2023 - 12:08:00	120	20.2	11.50	3.6	14.8	0.0046	15.01	3.8
10/10/2023 - 14:08:00	240	21.3	8.50	3.2	15.3	0.0032	10.04	2.6
11/10/2023 - 10:08:00	1440	19.1	8.00	3.9	15.4	0.0014	7.71	2.0



RESUMEN DE RESULTADOS PARA LA MUESTRA DE SEDIMENTACIÓN	
FINOS %	
18.7	
LIMO %	ARCILLA %
16.5	2.2



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería

Tec. Lab. LUIS ANGEL CALIZAYA JAPUR
 Laboratorio Suelos Concreto y Pavimento

JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. Nº 186048