

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



TESIS

**“INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA
MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO
LOCUMBA, TACNA 2023”**

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

PRESENTADO POR:

Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ

Bach. LESLY URIOL QUISPE

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA
MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO
LOCUMBA, TACNA 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 30 de noviembre del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

SECRETARIA : Mtra. ELVIRA ALVARADO AMONES

VOCAL : Mtra. MARIA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

ASESOR : Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Lesly Uriol Quispe y Alex Galindo Istaña Paria, en calidad de Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 70601047 y 70206975 respectivamente, así como Mag. Alfonso Oswaldo Flores Mello con DNI 43149331; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *“Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la urbanización nuevo locumba, Tacna 2023”* a misma que presento 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.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis/trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a La Universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis/trabajo de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 30 de noviembre del 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alex Galindo Istaña Paria'.

Alex Galindo Istaña Paria
DNI: 70206975

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lesly Uriol Quispe'.

Lesly Uriol Quispe
DNI: 70601047

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mag. Alfonso Oswaldo Flores Mello'.

Mag. Alfonso Oswaldo Flores Mello
DNI: 43149331

DEDICATORIA

A mis amados padres, quienes han sido mi inspiración y apoyo incondicional a lo largo de esta travesía académica. Su constante aliento, amor y sacrificio han sido el motor que me ha impulsado a superar cada obstáculo en el camino hacia la culminación de esta tesis. Con profunda gratitud, dedico este logro a ustedes, reconociendo que su esfuerzo y entrega han sido fundamentales para mi formación como persona y profesional. Sin duda, esta tesis es un testimonio de nuestro trabajo en equipo y de la importancia de creer en los sueños. ¡Gracias por ser mis pilares y compartir conmigo esta invaluable experiencia!

Alex Galindo Istaña Paria

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por ser mi guía, compañero y soporte en cada etapa de mi vida, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi mamá Inés (mi heroína de capa larga) y papá Miguel, a ambos por su amor infinito, por siempre apoyarme incondicionalmente en cada una de mis decisiones y sueños que han sido la clave de mis éxitos, por sus sacrificios, por ser un ejemplo para mí y enseñarme que con la perseverancia todo se puede.

A mis hermanos Julia, Abel y Sheyla, por su compañía y apoyo en cada momento de mi vida.

A mis amigas, por siempre estar ahí para mí, por esos momentos de alegría y conversaciones que me alentaban a seguir adelante.

A la persona que conocí dentro de esta hermosa carrera, que con su fortaleza y sabiduría me ayudo a seguir adelante; y con ello poder desenvolverme exitosamente en mi vida profesional.

A todos ellos por compartir conmigo buenos y malos momentos a lo largo de mi vida, los amo con todo mi corazón.

Lesly Uriol Quispe

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de esta tesis. En primer lugar, agradecemos a nuestro asesor académico Mag. Ing. Alfonso Flores Mello, por su guía experta, paciencia y valiosos consejos que enriquecieron este trabajo. También queremos reconocer el apoyo y colaboración de nuestros compañeros de estudio, cuyas discusiones e intercambio de ideas fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto. De manera especial, agradecemos a nuestras familias y amigos por su incondicional respaldo, alentándonos en los momentos de desafío y compartiendo esta emocionante etapa. Este logro no habría sido posible sin su aliento y confianza en nosotros. A todos ellos, nuestro más profundo agradecimiento.

Alex Galindo Istaña Paria

Lesly Uriol Quispe

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3. Justificación e importancia.....	7
1.3.1. Desde el punto de vista social	7
1.3.2. Desde el punto de vista económico	8
1.3.3. Desde el punto de vista científico	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos	9
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis General	9
1.5.2. Hipótesis específicas	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. Nivel internacional	10
2.1.2. Nivel nacional	10
2.1.3. Nivel local	11
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Bases teóricas de la variable independiente.....	12
2.2.1.1. Grado de saturación	12
2.2.1.2. Saturación parcial en suelos.....	13
2.2.1.3. Impacto del clima en suelos particularmente saturados.....	13
2.2.2. Bases teóricas de la variable dependiente.....	14

2.2.2.1.	Resistencia mecánica del suelo.....	14
2.2.2.2.	Propiedades del suelo	14
2.2.2.3.	Asentamiento de suelos	14
2.2.2.4.	CBR (Californian Bearing Ratio)	14
2.3.	Definición de términos	15
2.3.1.	Análisis granulométrico por tamizado	15
2.3.2.	Análisis granulométrico por sedimentación.....	15
2.3.3.	Contenido de humedad	16
2.3.4.	Clasificación de suelos SUCS	17
2.3.5.	Límite Líquido	18
2.3.6.	Límite plástico.....	18
2.3.7.	Peso específico	18
2.3.8.	Gravedad específica de sólidos	19
2.3.9.	Sales solubles	19
2.3.10.	Cloruros solubles.....	20
2.3.11.	Sulfatos solubles	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		23
3.1.	Diseño de la investigación	23
3.2.	Acciones y actividades	23
3.3.	Materiales e instrumentos.....	23
3.4.	Población y muestra de estudio.....	24
3.4.1.	Población.....	24
3.4.2.	Muestra	24
3.5.	Operacionalización de variables	24
3.5.1.	Variable independiente	24
3.5.2.	Variable dependiente.....	24
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis estadístico.....	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		26
4.1.	Caso de investigación.....	26
4.1.1.	Ubicación Política del área de estudio	26
4.1.2.	Características climáticas y meteorológicas.....	27
4.1.3.	Temperatura:.....	27
4.1.4.	Precipitación:.....	27
4.1.5.	Geología.....	27
4.2.	Investigación geotécnica	27
4.2.1.	Introducción.....	27
4.2.2.	Exploración de campo	28

4.3.	Ensayos de las características del suelo en su condición natural	30
4.3.1.	Análisis granulométrico por tamizado	30
4.3.2.	Contenido de humedad	32
4.3.3.	Límite líquido y límite plástico	33
4.3.4.	Clasificación de suelos SUCS y AASHTO	35
4.3.5.	Análisis granulométrico por sedimentación.....	35
4.3.6.	Gravedad específica de los sólidos	37
4.3.7.	Peso específico volumétrico	38
4.3.8.	Sales solubles totales en el suelo.....	38
4.3.9.	Cloruros solubles totales en el suelo	40
4.3.10.	Sulfatos solubles totales en el suelo	40
4.4.	Ensayos de resistencia mecánica del suelo.....	41
4.4.1.	Valor relativo de soporte CBR	41
4.4.1.1.	Muestreo	41
4.4.1.2.	Preparación de las muestras de ensayo	42
4.4.1.3.	Saturación y expansión	43
4.4.1.4.	Resultados de CBR respecto a la saturación.....	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		49
5.1.	Características del suelo en su condición natural	49
5.1.1.	Características físicas del suelo.....	49
5.1.2.	Características químicas del suelo	50
5.2.	Resistencia mecánica del suelo.....	51
5.3.	Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo	54
CONCLUSIONES		56
RECOMENDACIONES		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		59
ANEXOS		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	24
Tabla 2.	Ubicación de puntos de investigación.....	29
Tabla 3.	Resumen de resultados para la muestra de sedimentación.....	36
Tabla 4.	Resultados del ensayo de gravedad específica	37
Tabla 5.	Resultados del ensayo peso específico volumétrico	38
Tabla 6.	Contenido de sales solubles en el suelo	40
Tabla 7.	Contenido de cloruros solubles en el suelo.....	40
Tabla 8.	Contenido de sulfatos solubles en el suelo	41
Tabla 9.	Grados de saturación y expansión.....	43
Tabla 10.	Esfuerzo corregido (kg/cm ²) vs grado de saturación (%)	46
Tabla 11.	CBR corregido (%) vs grado de saturación (%)	47
Tabla 12.	Clasificación de suelos SUCS	49
Tabla 13.	Comparación de contenido de elementos químicos.....	50
Tabla 14.	Resultados de la resistencia mecánica del suelo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Viviendas con grietas en los muros	4
Figura 2.	Grietas en veredas y pavimento	5
Figura 3.	Daños en obras públicas (coliseo municipal)	5
Figura 4.	Influencia de la saturación en el área de una zapata	11
Figura 5.	Ubicación de la zona de estudio	26
Figura 6.	Muestreo de C-01	29
Figura 7.	Muestreo en el punto C-03 muestra inalterada	30
Figura 8.	Preparación de la muestra para demoler	31
Figura 9.	Demolición de la muestra con equipos de laboratorio	31
Figura 10.	Curva granulométrica por hidrómetro	36
Figura 11.	Lectura del hidrómetro	36
Figura 12.	Picnómetro más muestra de suelo	37
Figura 13.	Extracción de muestras con diamantina de 6"	42
Figura 14.	Obtención y preparación de muestras	43
Figura 15.	Muestras sumergidas y control de expansión	44
Figura 16.	Ensayo CBR	45
Figura 17.	Gráfica CBR de esfuerzo-penetración	46
Figura 18.	Curva de esfuerzo corregido (kg/cm ²) vs grado de saturación (%)	47
Figura 19.	Curva de CBR corregido (%) vs grado de saturación (%)	48
Figura 20.	Ensayo CBR en una muestra inalterada natural	52
Figura 21.	Ensayo CBR en una muestra saturada	53
Figura 22.	Comparación de curvas de penetración	54

RESUMEN

La presente investigación, titulada "Influencia de la Saturación en la Resistencia Mecánica del Suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023", tiene como objetivo principal analizar cómo la saturación del suelo afecta su resistencia mecánica. Para lograr este objetivo, se han formulado dos objetivos secundarios: primero, analizar las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023; y segundo, determinar la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023. Este estudio se llevó a cabo mediante un enfoque exploratorio y un diseño experimental. Se aplicaron técnicas de recolección de datos, incluida la observación directa en el lugar de investigación. Se obtuvieron muestras de suelo de cuatro puntos de investigación y se realizaron ensayos de laboratorio para determinar sus características físicas, químicas y su resistencia mecánica a diferentes niveles de saturación. Luego, se llevó a cabo un análisis detallado de los datos recopilados para evaluar la influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba. Los resultados del análisis de laboratorio indicaron que el tipo de suelo presente en la zona corresponde a la clasificación SUCS "SP" (arenas mal graduadas de baja plasticidad). Además, se identificó un alto contenido de sales, cloruros y sulfatos en el suelo de investigación. A través de ensayos de CBR con muestras inalteradas sujetas a diversos niveles de saturación, se demostró que la saturación guarda una relación inversamente proporcional con la resistencia mecánica del suelo. Además, se concluyó que el suelo no presenta expansiones significativas. Este estudio proporciona una visión más clara sobre cómo la saturación afecta la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, lo que resulta valioso tanto para la seguridad de las edificaciones como para futuras investigaciones en el campo de la geotecnia.

Palabras clave: Influencia de la saturación; resistencia mecánica; características del suelo.

ABSTRACT

The present research, titled "Influence of Saturation on the Mechanical Strength of Soil in the Nuevo Locumba Urbanization, Tacna 2023," aims to analyze how soil saturation affects its mechanical strength. To achieve this objective, two secondary objectives have been formulated: first, to analyze the characteristics of the soil in its natural condition in the Nuevo Locumba Urbanization, Tacna 2023; and second, to determine the mechanical strength of the soil in the Nuevo Locumba Urbanization, Tacna 2023. This study was carried out through an exploratory approach and an experimental design. Data collection techniques, including direct observation at the research site, were applied. Soil samples were obtained from four research points, and laboratory tests were conducted to determine their physical, chemical characteristics, and mechanical strength at different saturation levels. Subsequently, a detailed analysis of the collected data was carried out to assess the influence of saturation on the mechanical strength of the soil in the Nuevo Locumba Urbanization. Laboratory analysis results indicated that the soil type in the area corresponds to the SUCS classification "SP" (poorly graded sands of low plasticity). Additionally, a high content of salts, chlorides, and sulfates was identified in the research soil. Through CBR tests with undisturbed samples subjected to various saturation levels, it was demonstrated that saturation has an inversely proportional relationship with the mechanical strength of the soil. Furthermore, it was concluded that the soil does not exhibit significant expansions. This study provides a clearer insight into how saturation affects the mechanical strength of soil in the Nuevo Locumba Urbanization, valuable for both building safety and future research in the field of geotechnics.

Keywords: Influence of saturation; mechanical resistance; soil characteristics.

INTRODUCCIÓN

La Urbanización Nuevo Locumba, ubicada en la provincia Jorge Basadre, en el departamento de Tacna, ha sido testigo de un desafío crítico en lo que respecta a su tipo de suelo y su relación con la humedad. Este suelo ha servido como base para diversas edificaciones públicas y viviendas en la zona durante años anteriores. Sin embargo, en la actualidad, estas estructuras están experimentando daños severos que ponen en peligro su integridad y seguridad.

Los efectos adversos del suelo expansivo se han manifestado de múltiples formas, desde la aparición de fisuras y rajaduras, hasta hundimientos e inclinaciones que afectan tanto a las edificaciones como a las pistas y veredas de la urbanización. Estos problemas representan una amenaza constante para la estabilidad de las construcciones y, en última instancia, para la seguridad y calidad de vida de los habitantes.

Ante este desafío, esta investigación se centra en abordar la cuestión fundamental: ¿Cuál es la influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023? Para responder a esta pregunta, se han planteado objetivos específicos:

Analizar las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023.

Determinar la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023.

Este estudio se justifica por la necesidad de comprender en profundidad el comportamiento del suelo en esta urbanización en constante crecimiento. El aumento de la población y la expansión urbana han llevado a la construcción en nuevos terrenos, lo que puede exponer a la población y sus infraestructuras al riesgo. El presente trabajo busca contribuir a la seguridad y al conocimiento de la comunidad, ofreciendo información valiosa sobre cómo el suelo reacciona al contacto con el agua y cómo esta interacción influye en la resistencia mecánica del terreno.

En este contexto, el marco teórico proporciona una base sólida para abordar las complejidades del suelo y su relación con la saturación. El marco metodológico detalla la metodología que se empleará para llevar a cabo este estudio, incluyendo el ensayo de CBR y la recolección de datos de muestras sin alterar. Los resultados se presentarán

y discutirán en los capítulos IV y V, respectivamente, mientras que posterior a ello, se resumirá las conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos.

Este trabajo se organiza de acuerdo a la siguiente estructura:

Capítulo I: el problema de investigación

Capítulo II: marco teórico

Capítulo III: marco metodológico

Capítulo IV: resultados

Capítulo V: discusión

Con la esperanza de contribuir al entendimiento del comportamiento del suelo en la urbanización Nuevo Locumba y en última instancia, de mejorar la seguridad y calidad de vida de sus habitantes, nos adentramos en el análisis detallado de esta investigación.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

La Urbanización Nuevo Locumba, ubicada en la provincia Jorge Basadre, en el departamento de Tacna, enfrenta un desafiante problema relacionado con su tipo de suelo problemático, debido a la humedad. Dicho suelo ha sido el soporte de diversas edificaciones públicas y viviendas construidas en la zona en años anteriores. Sin embargo, en la actualidad, estas estructuras están experimentando severos daños que amenazan su integridad y seguridad.

Los efectos adversos del suelo se han manifestado en diversas formas, como fisuras, hundimientos, rajaduras, inclinaciones y daños en las pistas y veredas de la urbanización. Estos problemas representan una amenaza para la estabilidad de las edificaciones y, por consiguiente, la seguridad y calidad de vida de los habitantes (*representados en las figuras 1, 2 y 3*).

El suelo, cuando se expone a la humedad, tiende a aumentar su volumen, generando presiones significativas sobre las estructuras que descansan sobre él. Esta expansión y contracción cíclica pueden dar lugar a desplazamientos, asentamientos diferenciales y grietas en los elementos constructivos, lo que pone en riesgo la estabilidad y resistencia de las edificaciones y las infraestructuras viales.

La necesidad de abordar este problema de investigación radica en la importancia de comprender los factores geotécnicos y estructurales que contribuyen a los daños observados en la urbanización. Además, se requiere identificar estrategias de mitigación efectivas para proteger y fortalecer las construcciones existentes, así como establecer directrices para futuras edificaciones en la zona.

De acuerdo a la geología del cuadrángulo de Locumba, la Urbanización Nuevo Locumba se encuentra dentro de la formación Moquegua miembro inferior y la formación sotillo miembro superior, A lo largo de la elevación de Cuesta de Locumba, se ha identificado el Miembro Superior de la Formación Sotillo, el cual se encuentra ubicado por debajo de las sucesiones siliciclásticas del Miembro Inferior de la Formación Moquegua (compuesto por conglomerados y areniscas) en una discordancia angular claramente evidente. En este sitio en particular, Sánchez et al. (2000) considera al Miembro Superior de la Formación Sotillo como el "miembro basal" de la Formación Moquegua. No obstante, en este informe, sostendremos que la presencia de estratos con pelitas de tonalidades rojizas indica que estas capas deben atribuirse a la

Formación Sotillo. La edad asignada a la Formación Sotillo corresponde al intervalo Paleoceno-Eoceno (INGEMMET, 2021).

Este tipo de suelo, llega hasta la zona denominada Alto Locumba, la cual junto con el agua vienen generando fisuras y grietas a diversas obras públicas y privadas, como viviendas, coliseo, colegios y otros, según se aprecia.

Figura 1

Viviendas con grietas en los muros



Nota. Imagen tomada de viviendas afectadas.

Figura 2

Grietas en veredas y pavimento



Nota. Imagen tomada de bermas con fisuras ocasionadas por este problema.

Figura 3

Daños en obras públicas (coliseo municipal)



Nota. Imagen tomada del estado del coliseo.

Así mismo la contraloría general de la República en el informe de orientación de oficio N°012-2023-OCI/2633-SOO, problemas en obras cimentadas sobre la arcilla de la formación Moquegua en el Distrito de Locumba, expone situaciones adversas de:

Grietas en obras públicas y privadas en Alto Locumba apoyadas en la arcilla de la formación Moquegua, genera el riesgo la pérdida de la inversión realizada; así como,

podría afectar la vida al generarse daños en la estructura y cimentación, que impida la evacuación oportuna de la población.

De las visitas realizadas a diversas obras públicas y privadas de la zona de alto locumba, se advierte que existen: muros fisurados y/o agrietados, pisos desnivelados y/o agrietados, vidrios rotos, grietas en pavimento flexible y otras fallas, producto del incremento del contenido de humedad del suelo, según se detalla:

Ampliación y mejoramiento de los servicios educativos de la I.E.I. N°231 Villa Locumba en Locumba capital, distrito de Locumba, provincia de Jorge Basadre - Tacna 2187135 - 275023 inaugurada el año 2015, cuyo devengado acumulado al 28 de febrero de 2023 es de S/. 3 053 193,33, se advierte presencia de grietas debido a deformaciones del suelo, esta obra pese al tiempo transcurrido no es utilizada.

Construcción y reacondicionamiento del coliseo recreativo multiusos Alto Locumba, inaugurado en noviembre de 2007, se advierte la presencia de grietas en la zona de baños y exteriores.

Construcción de local multiusos en la urbanización Nuevo Locumba, distrito de Locumba, provincia de Jorge Basadre – Tacna, código 2137056 – 158359, cuyo costo de inversión actualizado al 28 de marzo de 2023 es S/. 635 352,21 se advirtieron grietas en muros y pisos.

Iglesia del señor de locumba, se aprecian grietas en los muros y desnivel de pisos de la zona contigua a la red de agua potable, desagüe y jardín.

Así mismo, en las viviendas de Alto Locumba se advierten grietas en los muros, rotura de vidrios, desnivel de veredas, pistas y separación de juntas de construcción.

Por lo expuesto es necesario analizar la influencia del grado de saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, debido a las grietas generalizadas en las diversas obras públicas y viviendas.

Esta investigación no solo será relevante para la Urbanización Nuevo Locumba, sino que también puede ofrecer información valiosa para otras áreas geográficas que enfrenten desafíos similares debido a la presencia de suelos expansivos. La tesis contribuirá al conocimiento geotécnico y estructural, proporcionando bases sólidas para la planificación y el diseño de edificaciones resistentes y sostenibles en regiones con este tipo de suelo, garantizando así la seguridad y bienestar de sus habitantes.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023?
- b. ¿Cuál es la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba Tacna 2023?

1.3. Justificación e importancia

Es importante comprender y conocer el comportamiento del suelo en la urbanización nuevo Locumba, debido a que existe un incremento en la población y con ello la expansión urbana, esto implica construcciones en nuevos terrenos eriazos, lo que podría causar exposición al riesgo de la población y sus infraestructuras.

1.3.1. Desde el punto de vista social

Seguridad de las estructuras: El estudio de suelos es esencial para garantizar la seguridad de las estructuras construidas sobre ellos. Los estudios de suelos permiten identificar y evaluar riesgos geotécnicos, como deslizamientos de tierra, hundimientos, asentamientos y erosión. Estos datos son fundamentales para identificar áreas adecuadas para la construcción, prevenir conflictos de uso del suelo, reducir los impactos negativos en la población y el medio ambiente. Al comprender las características del suelo, los ingenieros pueden diseñar cimentaciones y estructuras adecuadas que sean capaces de soportar las cargas previstas y resistir los movimientos del suelo (Das, 2017).

Planificación del desarrollo y uso del suelo: Los estudios de suelos proporcionan información valiosa para la planificación y el desarrollo urbano. Al conocer las características del suelo en una determinada área, es posible determinar la idoneidad para diferentes usos, como la construcción de viviendas, infraestructuras, parques o áreas agrícolas. Esto ayuda a optimizar el uso del suelo, considerando aspectos como la estabilidad del suelo, la capacidad de drenaje y las limitaciones para la construcción.

Esta información es crucial para la planificación urbana y la toma de decisiones en áreas propensas a estos eventos.

En el análisis de una región propensa a la inestabilidad, la investigación de las propiedades del suelo se elige como un recurso esencial. Este estudio del suelo se convierte en una herramienta valiosa que arroja luz sobre el comportamiento del subsuelo y desempeña un papel fundamental en la mitigación de los fenómenos de remoción en masa. Además, desempeña una función de apoyo vital en la planificación y ejecución de diversos proyectos de ingeniería. La caracterización del subsuelo y el análisis geotécnico representan una estrategia efectiva para evaluar tanto los factores naturales como los influenciados por la actividad humana que contribuyen a la inestabilidad del terreno, así como para comprender las repercusiones de estos fenómenos. (Niño Sana, 2015)

1.3.2. Desde el punto de vista económico

Eficiencia en la construcción: El estudio de suelos permite diseñar y construir de manera más eficiente, optimiza los recursos, minimiza los costos y los tiempos de construcción sin sacrificar la calidad del proyecto. Todos los proyectos urbanos, en menor o mayor medida, se tiene que un buen asentamiento en el terreno para conseguir un buen equilibrio, estabilidad y condiciones funcionales de sus estructuras. Al comprender las características del suelo, se pueden adoptar medidas específicas para optimizar los diseños estructurales y las técnicas de construcción, evitando problemas futuros y minimizando los riesgos asociados con el suelo.

Ahorro de costos a largo plazo: Un estudio de suelos adecuado antes de la construcción puede ayudar a prevenir problemas y costos adicionales en el futuro. Al identificar cualquier condición adversa del suelo, como la presencia de arcillas expansivas o suelos inestables, se pueden tomar medidas correctivas o preventivas que eviten daños costosos y reparaciones posteriores.

1.3.3. Desde el punto de vista científico

Comprender las características del suelo: Los estudios de suelos permiten obtener información detallada sobre las propiedades físicas, químicas y geotécnicas del suelo en una determinada ubicación. Esto incluye su composición, textura, estructura, permeabilidad, capacidad de carga, resistencia al corte, entre otras características. La comprensión de estas propiedades es fundamental para el diseño y la construcción de

estructuras, la planificación de los usos que se dará al suelo, la gestión del agua y la conservación del medio ambiente.

Investigación científica y avance del conocimiento: Los estudios de suelos contribuyen al avance del conocimiento científico en disciplinas como la geología, la agronomía, la ecología y la ingeniería geotécnica. A través de la investigación en suelos, se pueden desarrollar nuevas técnicas de análisis, métodos de muestreo y modelos teóricos que mejoran nuestra comprensión de los suelos y su comportamiento.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Analizar las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023
- b. Determinar la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba Tacna 2023

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La saturación influye significativamente en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba son arcillas de baja plasticidad; bajo contenido de sales, cloruros y sulfatos
- b. La resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, es inversamente proporcional a la saturación

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Nivel internacional

El estudio de Toscano (2015), con el título "Cuantificación de la Influencia del Grado de Saturación en la Resistencia a la Compresión Uniaxial de una Arenisca" destaca que, en la práctica de caracterizar materiales rocosos en nuestra región, el grado de saturación de la roca generalmente se pasa por alto. Esta omisión se debe a que el dato se pierde durante la perforación para obtener núcleos de roca. Además, no se debe tomar en cuenta la influencia de esta característica en la resistencia, porque se asume que la mayoría de las rocas tienen una porosidad muy baja. Sin embargo, se ha demostrado que, en el caso de cualquier tipo de roca, cuanto mayor es el contenido de agua en los espacios intersticiales, menor es su resistencia a la compresión simple. Por lo tanto, no tomar en cuenta la influencia del agua podría conducir a errores significativos al estimar los valores de deformación y resistencia de la roca (Toscano Patiño, 2015).

2.1.2. Nivel nacional

En su investigación, Morales (2019), concluye que los resultados de las pruebas de compresión no confiables, que mostraron una reducción promedio de 72,19 %, mostraron que el grado de saturación tuvo un impacto en la capacidad de carga última de una arcilla de alta plasticidad.

En el presente estudio y de acuerdo a la metodología utilizada para determinar el grado de saturación tiene un impacto directo en la relación entre vacíos, pero es inversa a la porosidad, pero debido a que el volumen total, en las muestras de estudio tuvo que variar, con el fin de mantener constante el volumen de sólidos totales, el cual aumenta a medida que aumenta el grado de saturación.

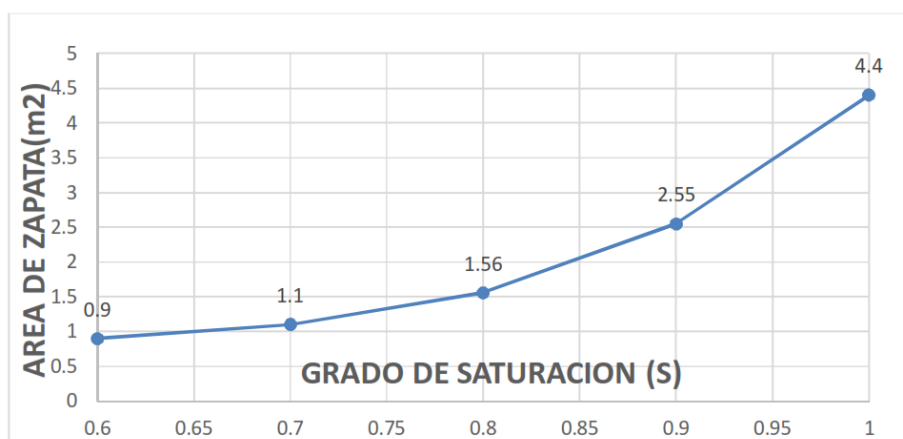
Al someter las muestras a un experimento de compresión simple con diferentes niveles de saturación (60, 70, 80, 90 y 100 %), quedará claro que la cohesión que no está drenada, presenta una disminución del 54,92 % a medida que aumenta el nivel de saturación.

La disminución en la capacidad de la carga última debido a la influencia del nivel de saturación conduce a un aumento en el tamaño de la zapata de manera exponencial,

utilizando la ecuación $y = ar^x$ con una función creciente. Cuando se aumenta el porcentaje de humedad, como se observa en la “Figura 4”, el comportamiento de la superficie del suelo se vuelve más rígido y tiende al ascenso, mientras que, a un porcentaje de humedad más bajo, el suelo se vuelve más frágil y tiende al descenso (Morales Chura, 2019).

Figura 4

Influencia de la saturación en el área de una zapata



Nota: Adaptado de Morales (2019).

Torres (2019), en su estudio titulado “Incidencia del grado de saturación de los suelos colapsables en la estabilidad de taludes del puerto de Paita-Piura, en el año 2019” investigó la variación en el factor de seguridad en respuesta a los cambios en la saturación del suelo utilizando el software “Slide V.6” en condiciones drenadas. El análisis de estabilidad reveló que el factor de seguridad varía de manera proporcional al grado de saturación del suelo en suelos colapsables. La condición que menos favorece a la estabilidad del talud se observó con un nivel de saturación del suelo del 24,24 % y un coeficiente sísmico de 0.22 g. Como resultado, el contenido de humedad de estos suelos debe limitarse al 7.51 %, ya que los niveles de humedad por encima de este valor no cumplen con el factor de seguridad recomendado en las regulaciones (Torres Rodríguez, 2019).

2.1.3. Nivel local

El suelo en la zona de expansión urbana en Alto Locumba, ubicada en el distrito de Locumba, provincia de Jorge Basadre, está compuesto principalmente por arcilla

inorgánica de baja plasticidad (clasificación CL). En su estado natural, este suelo se encuentra sobre consolidado y presenta un contenido de humedad que oscila entre el 6,33 % y el 7,51 %. Su densidad natural promedio se sitúa entre 2,01 y 2,10 g/cm³ a una profundidad media. Sus propiedades mecánicas incluyen valores de cohesión que varían de 6,51 a 7,49 kg/cm² y un ángulo de fricción interna que oscila entre 19,82° y 24,12° en su estado natural.

Cuando el suelo se satura (estado drenado), estos parámetros experimentan una disminución, con la cohesión disminuyendo a valores de 1,61 a 1,77 kg/cm² y el ángulo de fricción interna reduciéndose a un rango de 16,85° a 22,11°.

Además, mediante el análisis físico-químico, se ha determinado que el contenido de sales solubles totales en este suelo varía del 1,37 % al 2,37 %, los sulfatos oscilan entre el 0,57 % y el 0,97 % y los cloruros se sitúan entre el 0,70 % y el 1,21 %. Estos resultados indican que el suelo es severamente salino (Quispe Huayta & Mamani Centeno, 2017).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Bases teóricas de la variable independiente

2.2.1.1. Grado de saturación

El grado de saturación en suelos es una medida que indica la cantidad de espacio poroso en un suelo que está ocupado por agua en relación con su capacidad total de retención de agua. Se expresa como un porcentaje y es una propiedad fundamental en la mecánica de suelos y la geotecnia, ya que afecta directamente la compresibilidad, la resistencia y el comportamiento del suelo.

El cálculo del grado de saturación se basa en la relación entre el volumen de agua presente en el suelo y el volumen total de poros. En términos matemáticos, se expresa de la siguiente manera:

$$S = \frac{V_W}{V_V} * 100 \quad (1)$$

Un suelo con un grado de saturación del 100 % significa que todos los espacios porosos están llenos de agua, mientras que un suelo con un grado de saturación del 0 % está completamente seco.

Esta propiedad es esencial para comprender el comportamiento de los suelos en proyectos de ingeniería civil, como cimentaciones, carreteras y estructuras, ya que

influye en su capacidad de carga, expansión y contracción, así como en su resistencia a esfuerzos de corte y compresión (Lambe, 1979).

2.2.1.2. Saturación parcial en suelos

En la década de los años 60, se inició el estudio de suelos parcialmente saturados como respuesta a la necesidad de comprender el comportamiento de suelos problemáticos, como los expansivos, que causan pérdidas significativas en estructuras en Estados Unidos y Canadá. Estos suelos arcillosos, que experimentan cambios de volumen debido a variaciones en la humedad, generan fisuras en estructuras ligeras como pavimentos y viviendas.

El análisis de suelos expansivos requiere considerar la variabilidad en los esfuerzos del suelo, ya que su potencial expansivo se manifiesta en condiciones de saturación parcial. La mecánica de suelos convencional no aborda eficazmente este fenómeno, lo que condujo a conferencias internacionales para abordar los problemas de suelos expansivos.

En la década de los 70, se desarrollaron formulaciones de conceptos y teorías fundamentales para suelos parcialmente saturados. Durante los años 80, se intentó abordar directamente los problemas geotécnicos relacionados con suelos no saturados, pero se demostró que las propiedades del suelo en esta condición son variables, lo que requirió el uso de modelos numéricos. En los años 90, se centraron en implementar los conceptos y modelos propuestos, pero la implementación ha sido difícil debido a la complejidad y costo de medir propiedades de suelos parcialmente saturados (Meza Ochoa, 2012).

2.2.1.3. Impacto del clima en suelos particularmente saturados

El clima tiene un papel importante en la determinación del estado de saturación de un suelo, ya que puede perder humedad fácilmente por evaporación o evapotranspiración y también puede ganarla fácilmente mediante precipitación (Hernandez Osorio & Vilca Ubaldo, 2023).

2.2.2. Bases teóricas de la variable dependiente

2.2.2.1. Resistencia mecánica del suelo

La resistencia mecánica del suelo se refiere a la capacidad de un suelo para resistir cargas o fuerzas externas sin experimentar fallas o deformaciones excesivas. Es una propiedad fundamental que influye en el diseño y la estabilidad de las estructuras y cimentaciones construidas sobre el suelo.

La resistencia mecánica del suelo depende de varios factores, como la composición del suelo, su estructura, la presencia de agua, el grado de compactación y la consolidación. Se puede medir mediante diferentes ensayos de laboratorio y pruebas de campo, que evalúan la capacidad del suelo para soportar esfuerzos de compresión, corte y tracción (Bowles J. E., 1992).

2.2.2.2. Propiedades del suelo

En la mecánica de suelos se distinguen típicamente cuatro tipos de suelo: gravas, arenas, limos y arcillas. No obstante, entre estos cuatro tipos, es necesario, en otras palabras, diferenciar los suelos y caracterizarlo para entender sus peculiaridades y pronosticar su comportamiento futuro desde el inicio de cualquier aplicación, ensayo o investigación (Hernandez Osorio & Vilca Ubaldo, 2023).

2.2.2.3. Asentamiento de suelos

El término "asentamiento de suelos saturados" describe un hundimiento vertical que experimenta una superficie de suelo, como resultado de la aplicación de cargas. Este fenómeno está vinculado a procesos de consolidación cuando se libera agua de los poros del suelo, dando como resultado lo que resulta en una compresión y, por ende, en un asentamiento (Coduto & Man-Chu, 2011).

2.2.2.4. CBR (Californian Bearing Ratio)

El ensayo de suelos CBR (California Bearing Ratio) es un método comúnmente utilizado para evaluar la resistencia y la capacidad de soporte de un suelo subrasante en ingeniería de pavimentos. Proporciona información sobre la capacidad del suelo para soportar cargas y su capacidad relativa en comparación con materiales estándar.

El ensayo de Suelos CBR implica la compactación de una muestra de suelo en un molde cilíndrico y luego se somete a una serie de cargas estáticas. La carga aplicada

se incrementa gradualmente y se mide la penetración del pistón en el suelo en intervalos de carga específicos. Se registra la relación entre la carga aplicada y la penetración del pistón y se calcula el índice de soporte de California (CBR) (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2021).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico por tamizado, conforme a las normas de la ASTM (American Society for Testing and Materials), es una técnica fundamental en la caracterización de suelos y agregados. Su propósito principal es determinar cómo se distribuyen las partículas en términos de tamaño en una muestra de suelo, arena, grava u otros materiales granulares.

Para llevar a cabo este análisis, se utiliza una serie de tamices, que son tamizadores con mallas de diferentes aberturas. La muestra se coloca en el tamiz de apertura más grande y se somete a un proceso de tamizado. Las partículas más grandes se quedan atrapadas en el tamiz correspondiente, mientras que las partículas más pequeñas pasan a través de las mallas. Este proceso se repite con tamices de aberturas cada vez más pequeñas. Luego, se pesan las fracciones retenidas en cada tamiz, y se calcula el porcentaje de la masa total que representa cada fracción.

Los resultados se utilizan para crear una curva granulométrica que muestra la distribución de tamaños de partículas en la muestra. Esta información es esencial en la ingeniería civil y la geotecnia, ya que afecta directamente las propiedades y el comportamiento de los materiales en proyectos de construcción, cimentación, carreteras, entre otros (American Society for Testing and Materials, 2017).

2.3.2. Análisis granulométrico por sedimentación

El análisis granulométrico por sedimentación, según la norma ASTM D422-63 (2015), es un método utilizado en geotecnia e ingeniería civil para evaluar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo. El procedimiento se basa en la diferencial de velocidad de sedimentación de las partículas suspendidas en un líquido, generalmente agua, debido a la influencia de la gravedad.

El proceso implica los siguientes pasos:

Preparación de Muestra: Se toma una cantidad de muestra de suelo y se seca para eliminar la humedad presente. Luego, se tamiza para eliminar partículas más grandes o agregados.

Suspensión en Agua: La muestra preparada se mezcla con agua en un matraz de sedimentación y se agita vigorosamente para formar una suspensión homogénea de partículas en el agua.

Decantación Controlada: El matraz se coloca en una torre de sedimentación y se permite que la suspensión se asiente. Las partículas más grandes caen más rápido, mientras que las partículas más pequeñas permanecen en suspensión durante más tiempo.

Medición de la Velocidad de Sedimentación: Se registra la velocidad a la que las partículas sedimentan en diferentes intervalos de tiempo. Esto se hace midiendo la altura de la interfaz entre el suelo en suspensión y el agua a intervalos regulares.

Cálculo de la Distribución Granulométrica: Utilizando los datos de velocidad de sedimentación, se calcula la distribución granulométrica de la muestra de suelo. Esto implica determinar el porcentaje de partículas de diferentes tamaños que sedimentan en un período de tiempo dado.

El resultado final es un gráfico que muestra la distribución de tamaños de partículas en la muestra, lo que es esencial para comprender el comportamiento del suelo en aplicaciones de ingeniería, como la compactación, la permeabilidad y la capacidad de carga. La norma ASTM D422-63 (2015) proporciona las pautas para realizar este ensayo de manera estandarizada y confiable (Materials, 2015).

2.3.3. Contenido de humedad

El ensayo de suelos de contenido de humedad es una técnica utilizada en ingeniería civil y geotecnia para determinar el contenido de agua presente en un suelo en relación con su masa total. Este ensayo es fundamental para evaluar las propiedades y comportamiento del suelo, ya que el contenido de humedad afecta directamente su resistencia, compresibilidad, permeabilidad y otros aspectos importantes en el diseño y construcción de estructuras.

El ensayo se lleva a cabo mediante la extracción de una muestra representativa de suelo, la cual se somete a un proceso de secado en un horno a una temperatura específica, generalmente alrededor de 105 °C. Durante este proceso, el agua presente en el suelo se evapora gradualmente hasta que se alcanza un estado de equilibrio,

donde no se produce más pérdida de humedad. Luego, se determina la masa del suelo antes y después del secado, lo que permite calcular el contenido de humedad.

La fórmula básica para calcular el contenido de humedad es:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \quad (2)$$

Donde:

W (%) = contenido de humedad

W_w = peso del agua

W_s = Peso de la muestra seca

Este ensayo se lleva a cabo en el laboratorio, utilizando métodos estandarizados y equipos de precisión para obtener resultados confiables y reproducibles. El contenido de humedad obtenido se utiliza en el cálculo de otros parámetros, como el peso volumétrico húmedo y seco, el índice de plasticidad y la relación de vacíos, entre otros, para caracterizar el suelo y determinar su comportamiento en diversas condiciones (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2018).

2.3.4. Clasificación de suelos SUCS

Es un sistema ampliamente utilizado para clasificar y describir diferentes tipos de suelos con base en sus características físicas y de comportamiento. El SUCS es particularmente útil en ingeniería civil y geotecnia, ya que proporciona una forma estandarizada de identificar y comunicar las propiedades del suelo.

El SUCS clasifica los suelos en función de dos criterios principales: la distribución de los tamaños de partículas y el comportamiento del suelo. Según la distribución de tamaños de partículas, los suelos se dividen en tres grupos principales: gravas (G), arenas (S) y arcillas (C), identificados por sus símbolos respectivos. Además, se consideran las proporciones de cada tipo de partícula en la clasificación. Por ejemplo, una arena con una cantidad significativa de limo se clasificaría como una arena limosa (SM), mientras que una arcilla con una pequeña cantidad de limo se clasificaría como una arcilla limosa (CL).

El segundo criterio se basa en el comportamiento del suelo y se identifican con letras mayúsculas adicionales. Estas letras representan propiedades y características específicas del suelo, como la compresibilidad (C), la plasticidad (P), la resistencia al corte (R) y la sensibilidad al agua (W). Por ejemplo, un suelo limoso altamente plástico

se clasificaría como CL-ML, mientras que una arena densa y no plástica se clasificaría como SP (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2019).

2.3.5. Límite Líquido

La norma ASTM D4318-17e1 define el límite líquido como la humedad expresada en porcentaje, en la que un suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido o adquiere la consistencia para fluir bajo su propio peso. En otras palabras, es el contenido de humedad crítico en el cual el suelo pasa de ser plástico a comportarse como un líquido y puede fluir (American Society for Testing and Materials, 2017).

2.3.6. Límite plástico

La norma ASTM D4318-17e1 define el límite plástico como la humedad expresada en porcentaje, en la que un suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido, lo que significa que el suelo no puede ser moldeado en una forma estable. En otras palabras, el límite plástico es el contenido de humedad crítico, en el cual el suelo llega a perder su plasticidad y se vuelve quebradizo (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2019).

2.3.7. Peso específico

El peso específico de un suelo, según la norma ASTM D854, se refiere a la cantidad de masa de un suelo por unidad de volumen. El peso específico, también conocido como densidad, es una propiedad fundamental en la caracterización de los suelos y se utiliza para evaluar su comportamiento geotécnico, incluyendo su capacidad de carga, asentamientos, y otros aspectos. En el contexto de suelos, se distinguen dos tipos de peso específico:

Peso específico seco se refiere al peso por unidad de volumen del suelo en su estado seco o sin humedad aparente. Este valor se utiliza para calcular cargas y asentamientos en el suelo.

Peso específico saturado se refiere al peso por unidad de volumen del suelo en su estado saturado o completamente lleno de agua. Es relevante para calcular cargas en condiciones saturadas y evaluar el comportamiento del suelo bajo cargas hidráulicas.

La determinación del peso específico de un suelo es fundamental en la ingeniería geotécnica, ya que permite evaluar su resistencia y compresibilidad bajo diferentes condiciones de humedad y carga.

2.3.8. Gravedad específica de sólidos

La "Gravedad Específica de Sólidos," según la norma ASTM D854-14, es una propiedad física de los suelos que se utiliza para determinar la densidad de los sólidos presentes en una muestra de suelo en comparación con la densidad del agua. Esta propiedad es importante en la caracterización de suelos, especialmente en ingeniería geotécnica, hidrología, y otros campos relacionados.

En términos más amplios, la gravedad específica de sólidos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$G_s = \frac{W_s}{(W_w - W_1)} \quad (3)$$

Donde:

G_s es la gravedad específica de sólidos.

W_s es el peso de los sólidos en la muestra de suelo.

W_w es el peso del agua desplazada por la muestra de suelo.

W_1 es el peso de la muestra de suelo en el aire.

La gravedad específica de sólidos proporciona información sobre la compacidad de los sólidos en una muestra de suelo y se utiliza para calcular propiedades adicionales, como el volumen de huecos o poros en el suelo. También es valiosa para determinar la porosidad y la permeabilidad de un suelo, lo que a su vez influye en su comportamiento en aplicaciones de ingeniería, como la construcción de cimentaciones, la evaluación de la capacidad de carga y la gestión de recursos hídricos (American Society for Testing and Materials, 2014).

2.3.9. Sales solubles

El ensayo de sales solubles se utiliza para determinar la cantidad de sales solubles en una muestra de suelo. Este ensayo es importante en la geotecnia y la agronomía, ya que las sales solubles pueden afectar la calidad del suelo y su idoneidad para fines agrícolas o de construcción. Aquí tienes una descripción general del ensayo de sales solubles.

Descripción del ensayo de sales solubles:

- a. Preparación de la Muestra: Se toma una muestra representativa del suelo en estudio. La muestra se seca en un horno a una temperatura específica para eliminar la humedad.
- b. Extracción de Sales Solubles: Se coloca la muestra seca en un recipiente y se le agrega agua destilada o desionizada. La muestra se agita o se mezcla para permitir que las sales solubles se disuelvan en el agua.
- c. Filtración: La solución se filtra para separar las partículas sólidas no disueltas del líquido. El filtrado se recoge en un recipiente limpio.
- d. Evaporación: El líquido filtrado se coloca en un recipiente adecuado y se evapora para eliminar el agua, dejando atrás las sales solubles.
- e. Pesaje de las Sales Solubles: Una vez que el agua se ha evaporado por completo, se pesa el residuo sólido, que representa la cantidad de sales solubles presentes en la muestra original.

El resultado del ensayo se expresa generalmente en términos de la cantidad de sales solubles en gramos por kilogramo (g/kg) o en porcentaje (%) (Tan, 2011).

2.3.10. Cloruros solubles

El ensayo de cloruros solubles en suelos se utiliza para determinar la concentración de cloruros disueltos en una muestra de suelo. Este ensayo es importante en la geotecnia y la agronomía, ya que las concentraciones elevadas de cloruros pueden ser perjudiciales para la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas. Aquí tienes una descripción general del ensayo de cloruros solubles.

Descripción del ensayo de cloruros solubles:

- a. Preparación de la Muestra: Se toma una muestra del suelo en estudio. La muestra es secada en un horno a una temperatura específica, con el fin de eliminar la humedad.
- b. Extracción de cloruros solubles: Se coloca la muestra seca en un recipiente y se le agrega agua destilada o desionizada. La muestra se agita o se mezcla para permitir que los cloruros disueltos se disuelvan en el agua.
- c. Filtración: La solución se filtra para separar las partículas sólidas no disueltas del líquido. El filtrado se recoge en un recipiente limpio.

- d. Medición de cloruros: La concentración de cloruros en el líquido filtrado se determina mediante un análisis químico utilizando métodos estándar, como la titulación con nitrato de plata ($AgNO_3$).
- e. Cálculo de la Concentración: Se calcula la concentración de cloruros en la muestra original en función de la cantidad de cloruros detectados en el análisis y el volumen de agua utilizado.

El resultado del ensayo se expresa generalmente en términos de la cantidad de cloruros en miligramos por litro (mg/l) o en otros términos de concentración (Essington, 2015).

2.3.11. Sulfatos solubles

El ensayo de sulfatos solubles en suelos se utiliza para determinar la concentración de sulfatos disueltos en una muestra de suelo. Este ensayo es importante en la geotecnia y la agronomía, ya que la presencia de sulfatos en concentraciones elevadas puede tener efectos adversos en la calidad del suelo y en la corrosión de estructuras de concreto. Aquí tienes una descripción general del ensayo de sulfatos solubles.

Descripción del ensayo de sulfatos solubles:

Preparación de la muestra: Se toma una muestra representativa del suelo en estudio. La muestra se seca en un horno a una temperatura específica para eliminar la humedad.

Extracción de sulfatos solubles: Se coloca la muestra seca en un recipiente y se le agrega agua destilada o desionizada. La muestra se agita o se mezcla para permitir que los sulfatos disueltos se disuelvan en el agua.

Filtración: La solución se filtra para separar las partículas sólidas no disueltas del líquido. El filtrado se recoge en un recipiente limpio.

Medición de sulfatos: La concentración de sulfatos en el líquido filtrado se determina mediante un análisis químico utilizando métodos estándar, como la titulación con cloruro de bario ($BaCl_2$).

Cálculo de la concentración: Se calcula la concentración de sulfatos en la muestra original en función de la cantidad de sulfatos detectados en el análisis y el volumen de agua utilizado.

El resultado del ensayo se expresa generalmente en partes por millón (ppm) o en términos de la cantidad de sulfatos en miligramos por litro (mg/l) o en otros términos de concentración (Ph. K. Islam, 2012).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

Diseño experimental, debido a que se extrajeron muestras de calicatas ubicadas en una misma zona, se realizaron ensayos de laboratorio específicos, se manipularon los grados de saturación intencionalmente para analizar los efectos en la resistencia mecánica del suelo de la Urbanización Nuevo Locumba.

3.2. Acciones y actividades

El procedimiento para determinar la influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo, fue la realización de calicatas para la extracción de muestras alteradas e inalteradas, con el adecuado cuidado y manejo, se llevó las muestras al laboratorio para realizar los ensayos específicos y obtener las características de la resistencia mecánica a diferentes grados de saturación.

Se realizó ensayos de granulometría hidrómetro, ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de relación de soporte de california) (en estado seco, diferentes grados de saturación, húmedo) – sales, cloruros y sulfatos - límites - peso específico.

Se realizó procesamiento de datos para la comprobación de resultados a diferentes grados de saturación.

3.3. Materiales e instrumentos

Para llevar a cabo la realización del proceso de la investigación, se utilizó algunos instrumentos y equipos como herramientas de excavación de calicata (pala y barreta y demás), equipos de protección personal (casco, guantes y zapatos de seguridad), instrumentos de medición (cinta métrica, nivel de mano).

Muestreo y extracción de muestras: cucharas de muestreo, saca testigos o diamantina de 6 pulgadas, bolsas o recipientes de muestra para un adecuado traslado.

Equipos de laboratorio: según los ensayos que se realicen, los equipos e instrumentos de laboratorio correspondieron de acuerdo a las indicaciones de las normas técnicas peruanas, de cada ensayo.

Software de procesamiento de datos: se utilizó programas para procesamiento de datos como hojas de cálculo, procesador de texto y similares.

3.4. Población y muestra de estudio

3.4.1. Población

Se tiene como población el suelo de la Urbanización Nuevo Locumba, de la Provincia Jorge Basadre.

3.4.2. Muestra

Muestras de suelo de 4 calicatas ubicadas en la Urbanización Nuevo Locumba.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente

Saturación

3.5.2. Variable dependiente

Resistencia mecánica del suelo. La "Tabla 1" muestra la operacionalización de variables, debidamente detalla.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores %
Variable Independiente: Saturación	Es la relación entre el volumen al agua y vacíos del suelo.	% de Saturación: V_w/V_v	<ul style="list-style-type: none"> • 80% • 90% • 100%
Variable Dependiente: Resistencia mecánica del suelo	Es resistencia a la deformación del suelo.	% de CBR	20% CBR 50% CBR 100% CBR

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

Las técnicas que se emplearon para la recolección de datos, fueron la observación directa, experimental en campo y en laboratorio.

Se realizaron 4 puntos de investigación en áreas de suelos pertenecientes a la Urbanización Nuevo Locumba, donde se extrajeron dos tipos de muestras, alteradas e inalteradas.

Mediante ensayos de laboratorio, se determinaron las características de la resistencia mecánica del suelo, para determinar la resistencia mecánica del suelo se utilizó el ensayo CBR, este ensayo nos ayuda a mostrar un diagrama de esfuerzo deformación, expansión del suelo.

Se tomaron datos en el procedimiento adecuado y coherente, de cada uno de los ensayos, de acuerdo a los métodos de las normas técnicas peruanas y las normas ASTM.

Se obtuvo el resultado del comportamiento de la resistencia mecánica del suelo, en un estado inalterado y a diferentes grados de saturación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Caso de investigación

4.1.1. Ubicación Política del área de estudio

Este estudio se realizó dentro de la urbanización Nuevo Locumba, perteneciente a la Expansión Urbana Alto Locumba.

Departamento	: Tacna
Provincia	: Jorge Basadre
Distrito	: Locumba
Localidad	: Urbanización Nuevo Locumba

El distrito de Locumba está ubicado al sur del país, en el departamento de Tacna, el área de estudio es el Asentamiento Humano Urbanización Nuevo Locumba, cuenta con un área de 22938 m² y 675 m de perímetro (*con referencia a la figura 5*).

Figura 5

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Adaptado de Google Earth (la imagen muestra la población de estudio)

4.1.2. Características climáticas y meteorológicas

Experimenta un clima árido debido a la baja cantidad de lluvias y un clima semicálido a causa de las altas temperaturas que se experimentan. La temperatura promedio oscila entre 16,6 °C y 20,6 °C, con estaciones secas, y solo se pueden apreciar neblinas y lloviznas durante el invierno. Además, recibe una intensa radiación solar durante el día (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2012).

4.1.3. Temperatura:

La temperatura promedio oscila entre 16,60 y 20,60 °C y es seco durante todo el año. Presenta valores altos durante los meses de enero, febrero y marzo con temperaturas de 22,90 °C, 23,10 °C y 22,40 °C, respectivamente, y las temperaturas bajas se presentan durante los meses de junio, julio en invierno y en agosto con temperaturas de 16,40 °C, 15,60 °C y 16,30 °C, respectivamente.

4.1.4. Precipitación:

Debido a la aridez del distrito, la cantidad de precipitación registrada tiene una media plurianual de 1,70 mm, las precipitaciones totales en invierno son de 0,20 mm, mientras que las precipitaciones en verano son de 0,40 mm por mes (enero y febrero).

4.1.5. Geología

El suelo geológico de Locumba se caracteriza por diversas formaciones. La Formación Sotillo (Paleoceno a Eoceno) se divide en tres miembros (inferior, medio y superior), y la formación Moquegua (oligoceno) se divide en dos miembros (inferior y superior) en referencia a su contenido de ignimbrita. El área también presenta rocas volcánicas del cretácico y rocas de la formación millo (Plioceno). Además, hay rocas plutónicas de la superunidad Ilo. La geología estructural incluye varias fallas y pliegues, afectando principalmente a las formaciones de sotillo y Moquegua (INGEMMET, 2021).

4.2. Investigación geotécnica

4.2.1. Introducción

Una investigación geotécnica es un proceso sistemático y detallado de recopilación de datos e información relacionada con las características geológicas, geotécnicas y

geomecánicas del suelo y las rocas en un lugar específico. Este tipo de investigación se realiza con el fin de comprender cómo se comportan los materiales geológicos bajo cargas y condiciones específicas, lo que es esencial para el diseño seguro y eficiente de estructuras de ingeniería, como edificios, puentes, presas, carreteras, túneles y otras obras civiles. En la tesis de investigación se optó por emplear el método de CBR (California Bearing Ratio).

4.2.2. Exploración de campo

La exploración de campo en una investigación geotécnica es la fase en la que se recopilan datos y muestras directamente del lugar donde se llevará a cabo un proyecto de construcción o ingeniería. Esta etapa es esencial para comprender las condiciones del subsuelo y las características geológicas de la zona, lo que permite tomar decisiones fundamentales en el diseño y la construcción de estructuras seguras y eficientes.

En la exploración de campo de esta investigación geotécnica, se realizó la actividad del muestreo.

Se recolectaron muestras representativas del suelo, encontradas en el subsuelo. Estas muestras se analizaron en el laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como granulometría y clasificación de suelos, la densidad, la humedad, la plasticidad y la resistencia.

Se realizó la excavación de 4 puntos de investigación (calicatas) en la superficie del suelo, distribuidas en el sector urbanización Nuevo Locumba, como se muestra en la "Tabla 2", las calicatas se denominaron: C-01, C-02, C-03 y C-04 las profundidades de excavación fueron de 1,00 m a 1,5 0 m (*se muestra en la figura 6 y 7*).

Para la realización de los ensayos de resistencia mecánica del suelo, se tomó como muestra el material extraído del punto C-03, debido a que para realizar el ensayo de CBR con un suelo inalterado, se debía contar con muestras que cumplieran con las dimensiones del molde de ensayo, en las calicatas C-01, C-02 y C-04, el suelo presenta fisuras que imposibilitan extraer bloques de suelos inalterado; en el punto C-03, se encontró un suelo que presenta buenas condiciones para extraer bloques inalterados, posteriormente nos permitió utilizar una diamantina circular de 6 pulgadas, para el ensayo CBR.

Tabla 2*Ubicación de puntos de investigación*

Calicata	Muestra	Profundidad	Coordenadas UTM
C-01	C-01	1.00 m	E 312997 N 8051946
C-02	C-02	1.00 m	E 312940 N 8051854
C-03	C-03	0.80 m	E 312817 N 8051791
	Inalterada 03		
C-04	C-04	1.30m	E 312857 N 8051886

Figura 6*Muestreo de C-01*

Nota. El muestreo en C-01 se obtuvo un suelo compacto con presencia de estratos de arcilla.

Figura 8

Preparación de la muestra para demoler



Nota. La muestra del suelo presenta una consistencia resistente y dura, de tal manera se tuvo que demoler para realizar el ensayo de granulometría por tamizado.

Figura 9

Demolición de la muestra con equipos de laboratorio



Nota. La muestra del suelo ya demolida para realizar el ensayo de abrasión los ángeles

La norma ASTM D6913/D6913M-17 especifica una serie de tamices estándar con aberturas de malla graduadas, que se utilizan en orden descendente de tamaño.

Los tamaños de los tamices varían según la aplicación y las propiedades del material, para el caso del tipo de suelo en estudio, se utilizó tamices menores al tamiz N°4, debido a que el suelo se trata de areniscas y arcillas.

Se colocó la muestra en el tamiz y se procedió a tamizar el material a través de la serie de tamices utilizando un dispositivo de tamizado mecánico.

Se registró la masa de material retenido en cada tamiz y la masa total de la muestra inicial. A partir de estos datos, se calculó el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz y se trazó la curva granulométrica.

En la interpretación de resultados, la curva granulométrica muestra cómo se distribuyen las partículas de suelo o agregado en diferentes tamaños. Esto es esencial para comprender las características del material, como su coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura y otros parámetros relevantes para el diseño de mezclas de suelo y agregado.

4.3.2. Contenido de humedad

El ensayo se realizó siguiendo los parámetros que indica la norma ASTM D2216-19.

Los materiales y equipos necesarios para realizar el ensayo fueron: muestra del suelo de cada una de las calicatas, balanza digital, horno eléctrico, bandejas.

Procedimiento.

Preparación de muestra: Se seleccionó una cantidad de muestra representativa del suelo, mayor a 20 g como indica la norma.

Pesaje de las taras: Se utilizó una balanza digital para pesar un contenedor limpio y seca, el peso se registró como " W_C " en gramos.

Colocación de la muestra: Se colocó la muestra de suelo en el contenedor. El contenedor con la muestra se pesó nuevamente y se registró como " W_{CWS} " en gramos.

Secado de la muestra: La tara con la muestra se colocó en un horno de secado precalentado a una temperatura de 110 ± 5 °C.

Espera y tiempo de secado: Se dejó la muestra en el horno durante un período de secado de al menos 16 horas, siguiendo las recomendaciones de la norma.

Peso después del secado: Después del período de secado, la cápsula con la muestra se retiró del horno y se dejó enfriar.

Pesaje final: Se pesó el contenedor con la muestra seca y se registró como " W_{cs} " en gramos.

Cálculo del contenido de humedad: Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el contenido de humedad (w) en porcentaje:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (4)$$

$$w(\%) = \frac{W_{cws} - W_{cs}}{W_{cs} - W_c} * 100 \quad (5)$$

Donde:

w : Contenido de humedad, en porcentaje

W_{cws} : Peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

W_{cs} : Peso del contenedor más el suelo secado en horno

W_c : Peso del contenedor, en gramos

W_w : Peso del agua, en gramos

W_s : Peso de sólidos del suelo, en gramos

Registro de resultados:

Se registró el valor calculado del contenido de humedad en el informe de laboratorio.

Este procedimiento permitió determinar con precisión el contenido de humedad en la muestra de suelo de acuerdo con la norma ASTM D2216-19. Cabe mencionar que los tiempos y las temperaturas pueden variar según las condiciones específicas del laboratorio y las directrices de la norma en el momento de la prueba.

4.3.3. Límite líquido y límite plástico

Los ensayos límite líquido y límite plástico, se realizaron siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D4318-17e1.

La norma establece que la cantidad de muestra requerida para llevar a cabo el experimento puede variar entre 150 g y 200 g. No obstante, en nuestro estudio, decidimos llevar a cabo el experimento con una muestra de alrededor de 200 g, esta elección se basó en la identificación de posibles errores relacionados con la búsqueda de valores dentro de los rangos establecidos para el límite líquido y plástico. Se

determinó que era necesario disponer de una cantidad adicional de muestra para cualquier porcentaje requerido.

Para comenzar el ensayo, se empleó la malla N°40 para tamizar una porción de muestra de cada estrato identificado en varias excavaciones realizadas previamente. Estas muestras se tamizaron hasta obtener un total aproximado de 300 g, que luego se colocaron en una tara adecuadamente etiquetada.

Materiales y Equipos Utilizados:

- ✓ Muestra de suelo.
- ✓ Espátula o cuchara para suelo.
- ✓ Plato de vidrio o superficie de mezcla.
- ✓ Recipiente de Casagrande.
- ✓ Varilla de corte.
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Cronómetro o reloj.

Preparación de la muestra: Se seleccionó una muestra representativa del suelo que se iba a analizar y se trituro o tamizó para eliminar partículas gruesas y obtener una muestra homogénea.

Determinación del Límite Líquido:

Se tomó una porción de la muestra y se colocó en el recipiente de Casagrande. Luego, se mezcló con agua para formar una pasta homogénea.

Se procedió a realizar la prueba de límite líquido utilizando el aparato de Casagrande, en el cual se aplicó una serie de golpes al recipiente para determinar el punto en el que la muestra cambió de estado plástico a líquido.

Debido a que el material que pasa de la malla N°200, es menor al 5 % que es el porcentaje de finos, al realizar el ensayo, luego de varias pruebas a contenido de humedad altos, la pasta del suelo se deslizó a valores menores a 25 golpes, de acuerdo a la NTP 339.129, en este caso se registra que el límite líquido no pudo determinarse, de manera que se determina que el suelo de las muestras es no plástico, se realizó intentos de para obtener el límite plástico, sin obtener resultado.

4.3.4. Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

La clasificación de suelos se realizó siguiendo las indicaciones de la norma ASTN D2487-17, NTP 339.134 y la NTP 339.135.

Este método de clasificación se desarrolla a partir de la información de las pruebas de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad para clasificar el suelo investigado.

Fue necesario tomar los resultados obtenidos en los ensayos anteriores.

Para determinar si estamos sobre un terreno fino o grueso, con arena o grava, se analizó el porcentaje acumulado retenido y el porcentaje que pasa por las mallas N°4 y N°200 de la prueba de granulometría. Además, se toma en cuenta los coeficientes de uniformidad y curvatura.

Más del 50 % de la muestra se retuvo en el tamiz N°200 (0.075 mm), además la fracción gruesa que pasa el tamiz N°4, es mayor al 50 %, el pasante de la malla N°200 es menor al 5 % en todas las muestras (C-01, C-02, C-03 y C-04), cuenta con un predominio de un tipo de tamaño, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelo SUCS, se trata de un suelo SP, arena mal graduada o pobremente graduada con poco o nada de finos.

Para la clasificación AASHTO, al no presentar límite líquido y límite plástico, y en el ensayo de granulometría, el porcentaje que pasa por la malla N°40 es mayor al 51 % y menor al 10 % que pasa por la malla N°200, se trata de la clasificación de grupo materiales granulares A-3.

4.3.5. Análisis granulométrico por sedimentación.

Para realizar este ensayo se tomó las indicaciones de la norma ASTM D7928-17.

La muestra que se tomó para este ensayo, fue el porcentaje de finos de 2,14% pasante de la malla N°200 (0,075 mm) de la muestra C-03, del análisis granulométrico por tamizado, este método conocido también como granulometría por hidrómetro (*figura 11*), se aplicó para determinar el porcentaje de limos y arcillas.

Los resultados obtenidos del ensayo, señalados en la "Tabla 3" y la "Figura 10" indican que del porcentaje de finos que pasa la malla N°200, el 1,7 % son limos y 0,4 % pertenecen a las arcillas.

Tabla 3

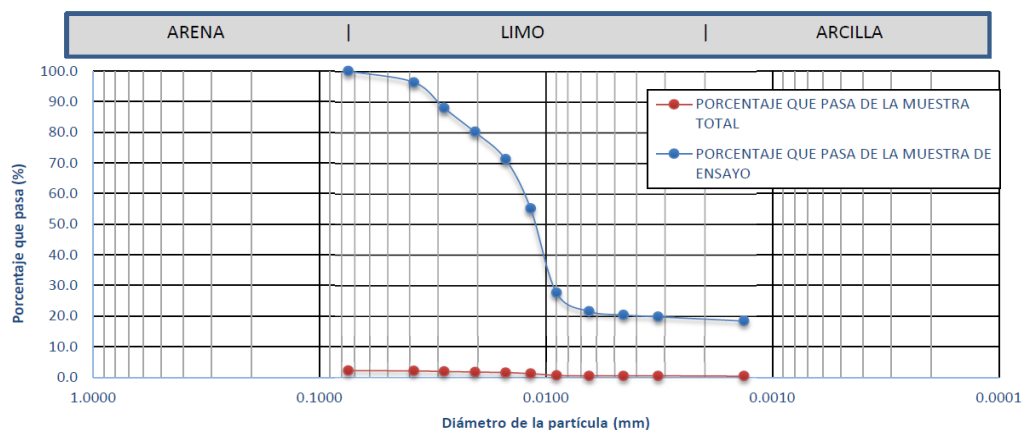
Resumen de resultados para la muestra de sedimentación

Limos %	Arcilla %
1,7	0,4

Nota. El detalle de resultados se encuentra en el anexo

Figura 10

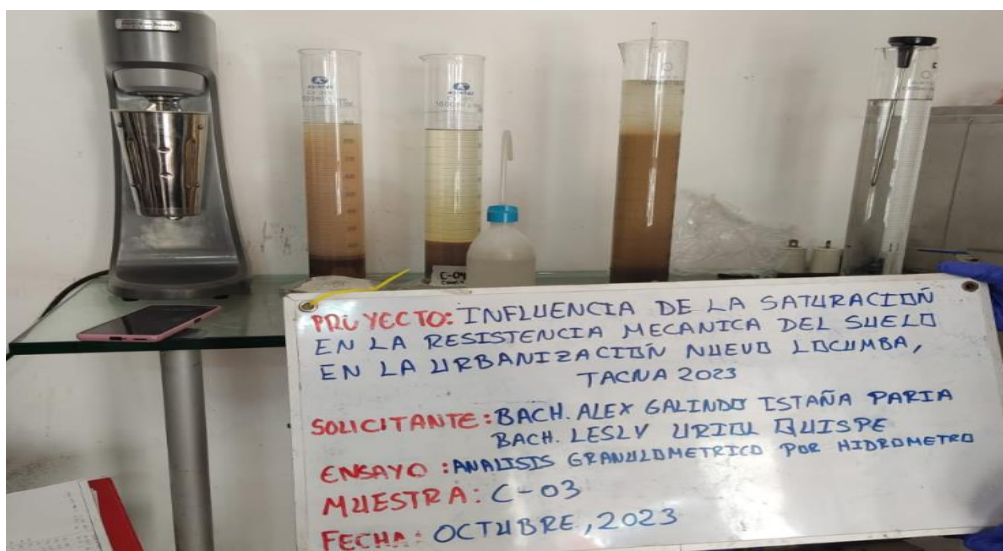
Curva granulométrica por hidrómetro



Nota. El gráfico corresponde a la curva granulométrica de limos y arcillas

Figura 11

Lectura del hidrómetro



Nota. Ensayo de Análisis Granulométrico por Hidrómetro

4.3.6. Gravedad específica de los sólidos

El ensayo se realizó con la norma ASTM D854

El objetivo del estudio es determinar a partir de una muestra el peso relativo específico de los sólidos, también conocido como densidad de sólidos, que se refiere a la relación entre el peso de los sólidos y el volumen de agua.

El ensayo se realizó solo para la muestra C-03, con el objetivo de determinar el grado de saturación y el análisis granulométrico por hidrómetro (*señala en la figura 12*).

Figura 12

Picnómetro más muestra de suelo



Nota. Muestra de la C-03

Tabla 4

Resultados del ensayo de gravedad específica

Ubicación	Descripción	Gravedad específica
Punto de investigación 3	Muestra C-03	2,718

Nota. Resultados obtenidos de la C-3

4.3.7. Peso específico volumétrico

El ensayo de desarrolló siguiendo lo establecido en la norma ASTM D 7263-21.

Para llevar a cabo la prueba de densidad volumétrica, se utilizaron una serie de materiales, que incluyen una cocina, parafina, una balanza, una probeta, un molde circular, una espátula, pabilo, taras, y la muestra de suelo sin modificar.

El ensayo tiene como objetivo principal determinar el peso específico de una muestra de suelo y su contenido de humedad. En particular, se busca cuantificar la densidad de una muestra de suelo en condiciones específicas y obtener información valiosa sobre su comportamiento y características geotécnicas. El ensayo permite calcular la densidad seca del suelo, que es la masa por unidad de volumen.

Cabe señalar que el peso específico de la parafina se consideró 0.828g/cm^3 , con resultados obtenidos en la “tabla 5”.

Tabla 5

Resultados del ensayo peso específico volumétrico

Descripción	Resultado
densidad seca (g/cm^3)	1,659
peso unitario seco (kN/m^3)	16,266

Nota. Para mayor detalle, en el anexo 2 se muestra el formato desarrollado con los datos realizados

4.3.8. Sales solubles totales en el suelo

Para realizar el ensayo se tomó en cuenta la NTP 339.152

El ensayo tiene como objetivo hallar el contenido de sales solubles, que viene a ser el peso residual de la evaporación de una mezcla de agua destilada con una cierta cantidad de muestra.

Para este experimento se utilizaron los siguientes materiales: tamiz N°10, papel de filtro, matraces, botellas de vidrio, piseta, embudos, vasos y una muestra de suelo representativo de cada método utilizado en las calibraciones.

La norma específica la toma de alrededor de 100 g de una muestra de suelo que haya pasado a través del tamiz N°10. La relación de mezcla entre el suelo y el agua

destilada se establece en una parte de suelo por tres partes de agua. En primer lugar, la muestra, que ha sido secada previamente al aire libre, se divide y se tamiza hasta alcanzar la cantidad deseada de 100 g. Es importante señalar que se ajusta la tara en la balanza a cero al colocar la muestra en ella, de manera que solo se registre el peso de la muestra sin incluir el de la tara.

A continuación, se procede a verter 300 ml de agua destilada en una botella debidamente limpiada con la ayuda de una piseta. Los 100 g de muestra obtenidos se colocan en la botella utilizando un embudo para asegurar que no se pierda ninguna parte de la muestra.

La botella se cierra y se agita durante 1 hora para garantizar una mezcla uniforme de la muestra con el agua. Tras este período de tiempo, la botella se deja reposar durante 24 horas para permitir que la muestra se asiente y que solo quede líquido en la botella.

Pasado este tiempo, se procede a filtrar el líquido de la botella con papel filtro utilizando un embudo y se vierte en un matraz, aproximadamente 100 ml, es esencial tener en cuenta que, si el filtrado del matraz sale turbio, se repite el proceso de filtrado hasta obtener un líquido cristalino. Debido a la disponibilidad limitada de matraces, se opta por transferir los 100 ml a recipientes tipo beaker, asegurándose de no dejar líquido en el matraz para que la cantidad deseada pase al beaker.

El beaker con el líquido se pesa y se coloca en un horno durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo, los beakers se retiran del horno y se pesan, teniendo cuidado de no demorar mucho el pesaje después de retirarlos, ya que los residuos de sal tienden a absorber humedad del aire rápidamente (tabla 6).

La norma establece la siguiente fórmula para hallar el contenido de sales solubles.

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

Donde:

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

($m_2 - m_1$) = peso del residuo de evaporación en g

D = relación de la mezcla de suelo: agua

E = volumen de extracto acuoso evaporado, ml

Tabla 6*Contenido de sales solubles en el suelo*

Ubicación	Muestra	Sales solubles (ppm)
Punto de investigación 1	C-01	23 223
Punto de investigación 2	C-02	12 993
Punto de investigación 3	C-03	31 047
Punto de investigación 4	C-04	32 752

Nota. Resumen de las muestras obtenidas de las calicatas

4.3.9. Cloruros solubles totales en el suelo

En el ensayo realizado se tomó en cuenta las indicaciones de la norma NTP 339.177

El ensayo de cloruros solubles en suelos se realiza con la finalidad de determinar la concentración de iones cloruro (Cl⁻) disueltos en una muestra de suelo (*tabla 7*).

Tabla 7*Contenido de cloruros solubles en el suelo*

Ubicación	Muestra	Cloruros solubles (ppm)
Punto de investigación 1	C-01	2400
Punto de investigación 2	C-02	2840
Punto de investigación 3	C-03	3200
Punto de investigación 4	C-04	6190

4.3.10. Sulfatos solubles totales en el suelo

El ensayo se determinó con los parámetros indicados en la norma NTP 339.178

La finalidad de realizar un ensayo de sulfatos solubles en suelos es evaluar la concentración de iones sulfato (SO₄²⁻) disueltos en una muestra de suelo (*tabla 8*).

Tabla 8*Contenido de sulfatos solubles en el suelo*

Ubicación	Muestra	Sulfatos solubles (ppm)
Punto de investigación 1	C-01	4 900
Punto de investigación 2	C-02	2 310
Punto de investigación 3	C-03	5 880
Punto de investigación 4	C-04	11 100

4.4. Ensayos de resistencia mecánica del suelo

4.4.1. Valor relativo de soporte CBR

4.4.1.1. Muestreo

El ensayo CBR (California Bearing Ratio), se realizó tomando el material de la muestra C-03, del punto de investigación 3, con el objetivo de determinar la resistencia del suelo en su estado natural a diferentes grados de saturación, se extrajo bloques del suelo de la calicata 3, para luego ser transportado al laboratorio, con un equipo especializado, se realizó extracción de muestras cilíndricas de 6" de diámetro, con alturas variables de 6" y 7" como se muestra en la "figura 13".

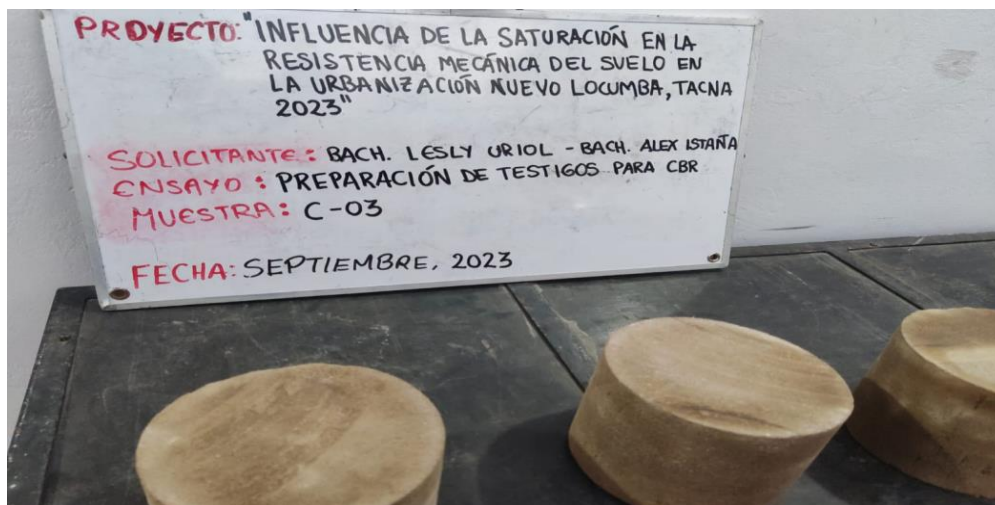
Figura 13

Extracción de muestras con diamantina de 6"



4.4.1.2. Preparación de las muestras de ensayo

Las muestras cilíndricas (figura 14), fueron secadas durante 24 horas, en un horno eléctrico a 105 °C aproximadamente, esto con el fin de que, al realizar los ensayos de saturación y expansión, estos tengan una humedad casi nula. Las muestras se colocaron en los moldes para CBR estándar, con los accesorios para medir su expansión.

Figura 14*Obtención y preparación de muestras*

Nota. Muestra de los testigos de CBR

4.4.1.3. Saturación y expansión

Se colocaron los moldes dentro de un depósito lleno con agua (figura 15), se montó un trípode con un extensómetro y se tomó lecturas del dial, las muestras fueron sumergidas en diferentes periodos de tiempo, (4h, 8h, 1d, 4d y 8d), con los resultados de los ensayos de gravedad específica, peso volumétrico, contenido de humedad, se determinó los grados de saturación para cada muestra sumergida en diferentes periodos de tiempo.

Tabla 9*Grados de saturación y expansión*

Muestra saturada	Contenido de humedad (%)	Grado de saturación (%)	Expansión (mm)
Sin saturar	0,286	1,169	0,00
4 horas	12,933	52,880	0,08
8 horas	16,856	68,921	0,15
1 día	18,745	76,641	0,17
4 días	22,185	90,708	0,19
8 días	24,206	98,972	0,33

Figura 15*Muestras sumergidas y control de expansión*

Nota. Muestras sumergidas.

4.4.1.4. Resultados de CBR respecto a la saturación

El ensayo de CBR se realizó a cada una de las muestras que contienen diferentes grados de saturación.

Los equipos y materiales que se utilizaron fueron:

- ✓ Pistón circular de 19,35 cm²
- ✓ Muestras inalteradas a diferentes grados de saturación
- ✓ Dispositivo de carga
- ✓ Dispositivo de penetración
- ✓ Velocidad de penetración constante de 1,27 mm/min
- ✓ Punto de penetración de 2,54 mm y 5,08 mm

Comenzamos con la preparación de una muestra de suelo inalterado saturado, esta muestra debía estar debidamente acondicionada siguiendo las normas y procedimientos aplicables.

Colocamos el pistón circular (figura 16), que tenía un área de $19,35 \text{ cm}^2$, en la parte superior de la muestra de suelo luego aplicamos una carga gradual en el pistón a una velocidad constante de $1,27 \text{ mm/min}$. La carga se incrementó de manera continua hasta que el pistón penetró en la muestra hasta una profundidad de $0,1''$ ($2,54 \text{ mm}$) y $0,2''$ ($5,08 \text{ mm}$).

Durante el proceso de penetración, registramos la carga aplicada en función de la penetración del pistón en la muestra.

Figura 16

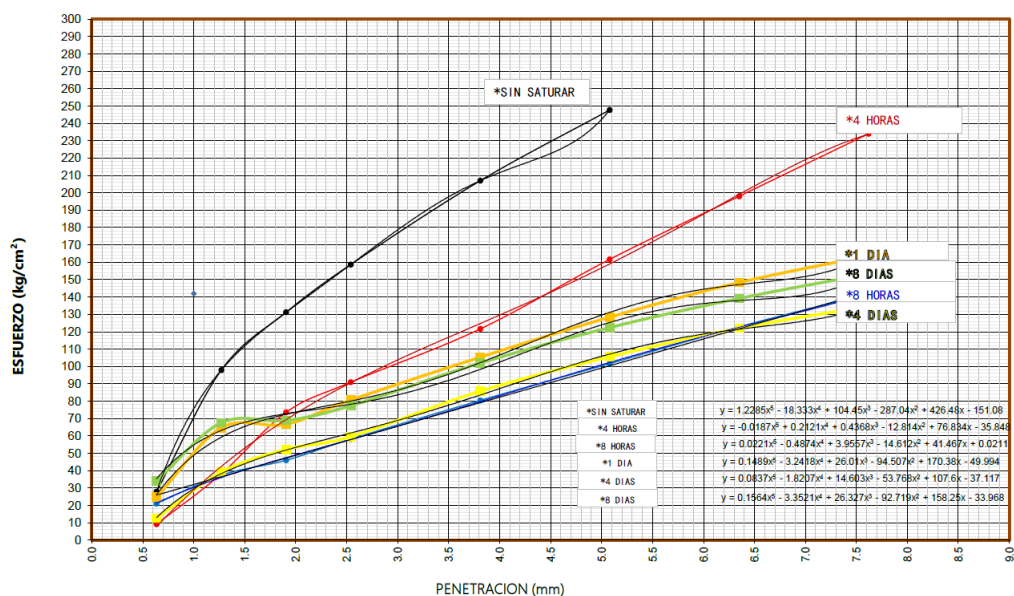
Ensayo CBR



Nota. en la imagen se observa la realización del ensayo CBR con un equipo semi automático.

Figura 17

Grafica CBR de esfuerzo-penetración



Nota. en la gráfica se muestra las curvas de esfuerzo en función a la penetración, de acuerdo a distintos grados de saturación.

Tabla 10

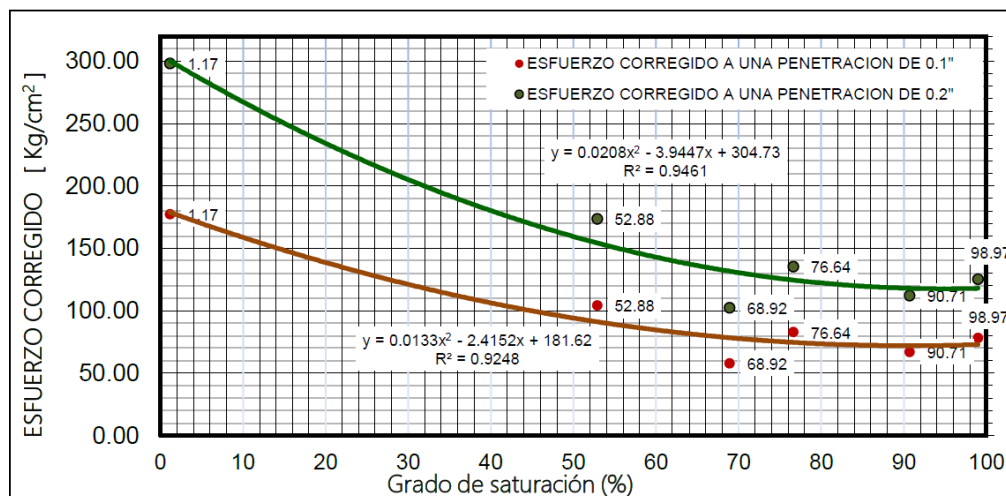
Esfuerzo corregido (kg/cm²) vs grado de saturación (%)

Muestra	Saturación (%)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)	
		Penetración 0,1"	Penetración 0,2"
sin saturar	1,17	177,4	298,1
4 horas	52,88	104,2	173,6
8 horas	68,92	57,9	102,3
1 día	76,64	82,8	135,2
4 días	90,71	67,0	112,0
8 días	98,97	78,2	125,3

Nota. En la tabla muestra que, a mayor grado de saturación, el esfuerzo disminuye considerablemente.

Figura 18

Curva de esfuerzo corregido (kg/cm^2) vs grado de saturación (%)



Nota. la gráfica representa la influencia de la saturación a la resistencia mecánica del suelo, el esfuerzo se midió a una penetración de 0,1'' y 0,2''.

Tabla 11

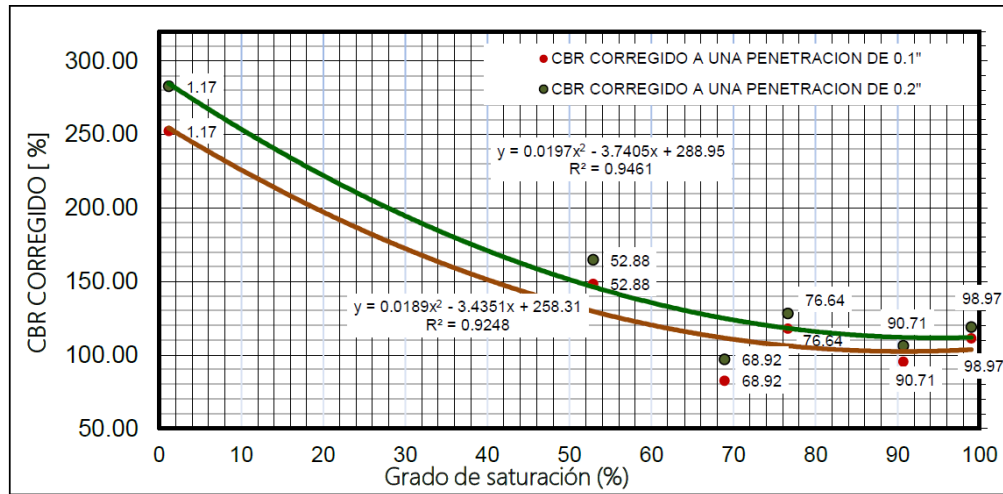
CBR corregido (%) vs grado de saturación (%)

muestra	Saturación (%)	CBR Corregido (%)	
		Penetración 0,1''	Penetración 0,2''
sin saturar	1,17	252,3	282,7
4 horas	52,88	148,3	164,6
8 horas	68,92	82,4	97,0
1 día	76,64	117,8	128,2
4 días	90,71	95,3	106,2
8 días	98,97	111,3	118,8

Nota. Se representa los porcentajes obtenidos con las muestras inalteradas, frente a los valores estándar del ensayo CBR.

Figura 19

Curva de CBR corregido (%) vs grado de saturación (%)



Nota. El gráfico muestra los valores obtenidos del CBR (%), en diferentes ensayos a distintos grados de saturación.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Características del suelo en su condición natural

5.1.1. Características físicas del suelo

Teniendo en cuenta los ensayos de laboratorio realizados en la Urbanización Nuevo Locumba, esta presenta homogeneidad en los cuatro puntos de investigación, constituida esencialmente por suelos arenosos y sin plasticidad. Para la extracción de las muestras fue un poco trabajoso ya que el suelo era muy duro. Se extrajeron muestras en bloques grandes para poder realizar los ensayos respectivos.

A simple vista al extraer las muestras se puede observar gran porcentaje de areniscas y se comprueba esto con los ensayos de granulometría obtenidos.

Comparando con los resultados realizados en la tesis: “Estudio de suelos para cimentaciones de edificaciones en la zona de alto locumba del distrito de locumba – provincia Jorge Basadre, departamento de Tacna”, realizados cerca de nuestra zona de estudios, se halla una gran variación de resultados de análisis del suelo llegando a tener un suelo no homogéneo, encontrando un suelo (CL) de arenas finas con arcillas y/o limos, un contenido de humedad promedio de 7,06 % y un suelo de baja plasticidad. Mientras que nuestros resultados indican que el 100 % de la muestra pasó la malla N°4. Por lo tanto, podemos clasificarlo como arenas mal graduadas, un contenido de humedad de 0,286 % sin saturar la muestra y un suelo que no presenta límite líquido ni límite plástico.

Del ensayo de granulometría, podemos obtener un resultado homogéneo entre las 4 calicatas, indican que el 100% de las muestras pasó la malla N°4.

Tabla 12

Clasificación de suelos SUCS

Muestras	Pasante la malla N°4	% de arenas	% de finos	SUCS	Clasificación
C1	100	97,26	2,74	SP	Arena mal graduada
C2	100	96,87	3,13	SP	Arena mal graduada
C3	100	97,86	2,14	SP	Arena mal graduada
C4	100	96,53	3,47	SP	Arena mal graduada

Adicional al ensayo de análisis granulométrico por tamizado, se realizó el análisis granulométrico por sedimentación, considerando el porcentaje de finos de la muestra C-03, los resultados muestran que del porcentaje de finos de la muestra C-03, el 1,7 % pertenecen a limos y 0,4 % son arcillas.

En tal sentido, las características físicas del suelo de la Urbanización Nuevo Locumba, son de clasificación SP arenas mal graduadas, no plástica, su densidad seca es de 1,659 g/cm³, peso unitario seco 16,266 kN/m³, y un contenido de humedad de 0,286 %.

5.1.2. Características químicas del suelo

Quispe y Mamani (2017), en su investigación concluyeron que el contenido de sales cloruros y sulfatos es elevado, en la “Tabla 13”, se puede apreciar los contenidos de cada elemento en porcentaje, en comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Realizando un cuadro comparativo con los resultados de la tesis: “Estudio de suelos para cimentaciones de edificaciones en la zona de alto locumba del distrito de locumba – provincia Jorge Basadre, departamento de Tacna”, se halla una variación de resultados en los análisis químicos del suelo.

Tabla 13

Comparación de contenido de elementos químicos

Descripción	Resultados de ensayos	
	Resultados existentes	Resultados obtenidos
Sales solubles	1,37 % a 2,37 %	1,30 % a 3,28 %
Cloruros	0,57 % a 0,97 %	0,32 % a 0,62 %
Sulfatos	0,70 % a 1,21 %	0,23 % a 1,11 %

Nota. Comparativo de resultados

Se puede observar que nuestro suelo analizado en la Urbanización Nuevo Locumba, contiene cantidades similares en sales solubles, sulfatos y cloruros, respecto a los resultados antecesores. A esto podríamos decir que el suelo de la Urbanización Nuevo Locumba, es perjudicialmente salino. Esto puede afectar negativamente la

estabilidad y durabilidad de las estructuras en el terreno por la alta concentración de sales en el suelo.

En ese sentido, las características químicas del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, muestran que se trata de un suelo de alto contenido en sales, cloruros y sulfatos. Lo que nos lleva a concluir que el grado de alteración por contenido de elementos químicos, es perjudicial para la construcción de edificaciones.

En la norma técnica Peruana E.050 de suelos y cimentaciones, en el ítem 6.2.3.2, indica que la principal causa de la deterioración del concreto debido a la formación de sales solubles se debe principalmente a la acción corrosiva de los sulfatos.

En la Tabla 4.4 de la NTE E.060 Concreto Armado se muestra los valores de ataques químicos por sulfatos en suelos y aguas subterráneas y la medida correctiva a emplear para cada caso.

5.2. Resistencia mecánica del suelo

Los resultados de la resistencia mecánica del suelo de la urbanización Nuevo Locumba, debido a que se tomó como muestra C-03, que se trata de un estrato macizo de areniscas sedimentarias, su resistencia es alta, esto se demuestra en la comparación con los valores estándar CBR.

Tabla 14

Resultados de la resistencia mecánica del suelo

Ensayo CBR	sin saturar	4 horas	8 horas	1 día	4 días	8 días
Saturación	1,17 %	52,88 %	68,92 %	76,64 %	90,71 %	98,97 %
Penetración: 0,1"	252,4 %	148,3 %	82,4 %	117,8 %	95,3 %	111,3 %
Penetración: 0,2"	282,7 %	164,6 %	97,0 %	128,2 %	106,2 %	118,8 %

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 14 se presentan los valores de CBR (California Bearing Ratio) correspondientes a la resistencia a la penetración. Al comparar estos valores con los estándares de CBR, se observa que la muestra inalterada natural, es decir, sin saturar,

alcanza un CBR del 252,3 % a una penetración de 0,1 pulgadas y un 282,7 % a una penetración de 0,2 pulgadas.

Al someter las muestras inalteradas a diferentes grados de saturación, se observa una disminución significativa en la resistencia en comparación con su estado inicial no saturado (figura 20 y 21). A pesar de esta disminución, los valores resultantes a distintos niveles de saturación, que van desde el 50 % al 98 %, siguen siendo notablemente altos, oscilando entre el 82,4 % y el 164,6 % de los valores estándar de CBR.

Figura 20

Ensayo CBR en una muestra inalterada natural



Nota. En la imagen se observa la muestra sin saturar después del ensayo CBR, la muestra se comporta como un elemento macizo.

Figura 21

Ensayo CBR en una muestra saturada

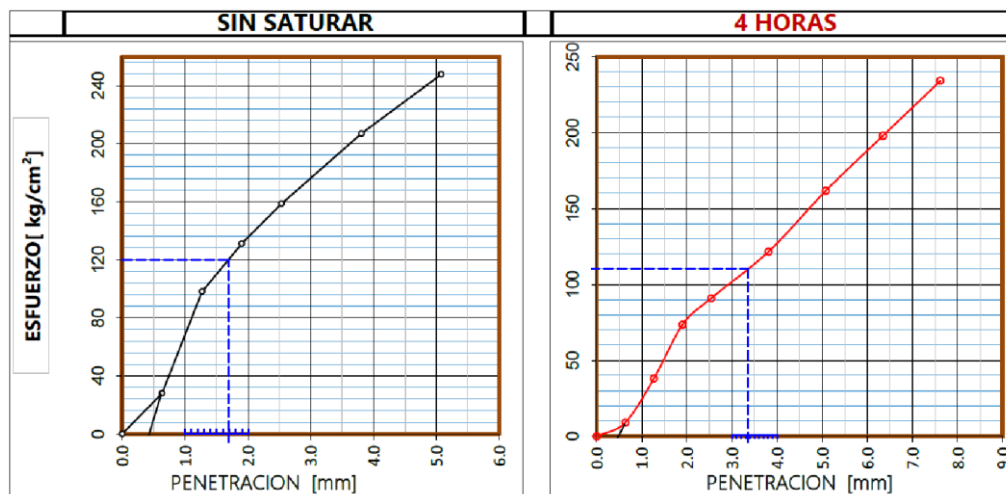


Nota. en la muestra saturada después de realizar el ensayo CBR, aun se puede observar que sigue siendo un suelo macizo.

En la “Figura 22” de la presente investigación, de la gráfica CBR de esfuerzo-penetración, se representa la deformación frente a la aplicación de una fuerza, la curva del ensayo de la muestra sin saturar, es la que tiene menor deformación, sin embargo, al someter a una muestra del mismo tipo de suelo a una saturación de 52,88 % en 4 horas sumergida, esta pierde considerablemente su resistencia a la deformación, haciendo que se incremente en más de 98 %.

Figura 22

Comparación de curvas de penetración



Nota. En esta demostración tomamos como ejemplo un esfuerzo de 120 kg/cm², en una muestra sin saturar, la penetración es de 1,69 mm, y en una muestra saturada al 52,88 % su penetración es de 3,36 mm.

5.3. Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo

Los resultados obtenidos de esta investigación, muestran que la saturación influye inversamente proporcional a la resistencia mecánica del suelo, el suelo de la muestra C-03, alcanza una saturación de más de 50% al sumergirse durante 4 horas y su resistencia se reduce a un 58,74% de su resistencia inicial no saturada, esto a una penetración de 0,1 pulgadas mediante el ensayo CBR, y se reduce a un 44,08% de su resistencia inicial a un grado de saturación de 98,97%.

En la "Figura 15" de la curva de esfuerzo corregido (kg/cm²) vs grado de saturación (%), se observa que el esfuerzo disminuye considerablemente, a medida que se incrementa el grado de saturación.

Quispe y Mamani (2017), en su investigación muestra que la capacidad de carga del suelo, también conocida como capacidad admisible, en la zona de expansión urbana de Alto Locumba en el distrito de Locumba, Jorge Basadre, se encuentra en 9,71 kg/cm² en su estado natural. Esto se refiere a una resistencia típica de suelos duros, lo que equivale a la capacidad admisible de una roca de arcilla en condiciones sanas. Sin embargo, cuando el suelo se satura con agua, esta capacidad disminuye drásticamente a 0.86 kg/cm² en su estado saturado. Esta disminución se relaciona con una falla local que ocurre en suelos con características más blandas.

Morales (2019), en su investigación "Influencia del grado de saturación en la capacidad de carga última de una arcilla de alta plasticidad con fines de cimentación

para viviendas familiares en la zona del desvío Chejoña de la ciudad de Puno”, concluye que la capacidad de carga última de una arcilla altamente plástica disminuye significativamente debido a la influencia del grado de saturación, con una reducción promedio del 72,19 %. El grado de saturación guarda una relación directa con la relación de vacíos y una relación inversa con la porosidad. Al someter muestras moldeadas a ensayos de compresión simple con diferentes grados de saturación (60%, 70 %, 80 %, 90 %, 100 %), se observó que la cohesión no drenada, disminuyó en un 54.92 % con respecto al incremento del grado de saturación.

Torres (2019), en su investigación presenta resultados de ensayos de corte que revelan una disminución significativa en los parámetros de resistencia a medida que aumenta el grado de saturación. Para un grado de saturación del 95,13 %, la cohesión y el ángulo de fricción disminuyeron en un 32 % y un 24 %, respectivamente, en comparación con los valores iniciales de resistencia para un grado de saturación natural (5,72 %).

CONCLUSIONES

La influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023, no es significativa debido a que, mediante los resultados de los ensayos de resistencia mecánica realizados en esta investigación, en particular el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), con muestras inalteradas de suelo, sometidas a diferentes grados de saturación, se ha demostrado que a pesar de que la saturación guarda una relación inversamente proporcional con la resistencia mecánica del suelo, el suelo presenta altos niveles de resistencia mecánica. Además, se concluye que el suelo no presenta expansiones significativas. Estos resultados indican que la resistencia del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba puede variar en función de su contenido de humedad y grados de saturación, no obstante, mantiene altos valores de CBR.

Las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023, en esta área de investigación, corresponde al tipo de suelo SP (arenas mal graduadas de baja plasticidad) según la clasificación SUCS. Con el ensayo de análisis granulométrico por sedimentación, se ha determinado que, del porcentaje de finos pasantes de la malla N° 200, la mayor parte está representado por limos, este tipo de suelo no presenta índice de plasticidad, debido a su bajo contenido de arcillas, presenta un contenido de humedad natural de 0,28 %, una densidad seca de 1,659 g/cm³ y un peso unitario seco de 16,266 kN/m³. Las muestras extraídas y analizadas en laboratorio, presentan altos contenidos de sales solubles varían entre 1,30 % a 3,28 %, el contenido de cloruros resulta entre 0,32 % a 0,62 % y en contenido de sulfatos en el suelo está entre 0,23 % a 1,11 %, los análisis químicos realizados en las muestras de suelo han revelado que el suelo de la Urbanización Nuevo Locumba presenta un alto contenido de sales, cloruros y sulfatos. Estos componentes químicos pueden influir en las propiedades del suelo, como su capacidad de retención de agua y su resistencia mecánica. Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre la composición química del suelo en la zona de estudio.

La resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023, a través de ensayos de resistencia mecánica, en particular el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), con muestras de suelo inalterado sometidas a diferentes grados de saturación, se concluye que mediante los ensayos CBR, los resultados indican que el suelo natural posee valores excepcionalmente altos de resistencia a la penetración, alcanzando un CBR de aproximadamente 252,3 % a 0,1 pulgadas y 282,7

% a 0,2 pulgadas de penetración en comparación con los valores estándar. Sin embargo, al someter las muestras a diferentes grados de saturación, se observa una disminución significativa en la resistencia mecánica; a pesar de esta disminución, los valores de CBR, a una saturación que varía entre el 50 % y el 98 %, siguen siendo considerablemente altos, oscilando entre el 82,4 % y el 164,6 % de los valores estándar de CBR por esta razón se concluye que la saturación no influye significativamente en la resistencia mecánica del suelo, además, el suelo no presenta expansiones significativas.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos revelan que el suelo en la urbanización Nuevo Locumba experimenta variaciones en su resistencia en respuesta a la presencia de agua. Estas conclusiones plantean interrogantes adicionales que podrían convertirse en temas prometedores para futuras investigaciones. Por lo tanto, se ofrecen las siguientes recomendaciones:

A la Municipalidad Provincial de Jorge Basadre se le recomienda que tome en consideración los hallazgos de esta investigación en la planificación de futuros proyectos de infraestructura. Estos resultados son cruciales para garantizar la seguridad y la durabilidad de las obras en la urbanización.

Se sugiere a la entidad llevar a cabo un estudio más amplio sobre el comportamiento del suelo en condiciones de humedad en una escala real. Para ello, se podría emplear el ensayo de placa de carga, que permitiría evaluar posibles asentamientos del suelo y su relación con los niveles de humedad. Este enfoque proporcionaría una comprensión más profunda de cómo el suelo responde a la humedad en situaciones prácticas.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Jorge Basadre, Integrar los resultados de los análisis químicos de suelo en la planificación del desarrollo urbano en la Urbanización Nuevo Locumba. Considerar los niveles de sales y otros componentes químicos al diseñar infraestructuras y áreas verdes para mitigar posibles impactos negativos. Implementar programas de educación comunitaria para informar a los residentes sobre la composición química del suelo y las prácticas recomendadas para el manejo del suelo.

Para futuros investigadores interesados en esta área, se recomienda la realización de investigaciones centradas en la permeabilidad del suelo y la velocidad de transmisión del agua. Estos factores son esenciales para comprender cómo el agua fluye a través del suelo y cómo puede afectar estructuras y sistemas de drenaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). *Standard Test Methods for Moisture Content of Soil and Rock by Drying in a Oven*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2019). *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (ASTM D2487-17)*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2021). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) Compacted Soils (ASTM D1883-21)*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2014). *ASTM D854-14: Standard Test Method for Specific Gravity of Soils*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM D6913/D6913M-17, Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International.
- Araya, A. B. (2021). *cftpucv*. Obtenido de ¿Qué es el análisis granulométrico?: <https://cftpucv.cl/que-es-el-analisis-granulometrico/>
- Bowles, J. E. (1992). *Engineering properties of soils and their measurement*. McGraw-Hill, Inc.
- Bowles, J. E. (1997). *Engineering Properties of Soils and Their Measurement*. Wiley.
- Coduto, D. P., & Man-Chu, R. Y. (2011). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. Pearson.
- Das, B. M. (2017). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.
- Essington, M. E. (2015). *Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach*. CRC Press.
- Hernandez Osorio, B. L., & Vilca Ubaldo, J. B. (2023). *Análisis de las propiedades mecánicas de una arcilla parcialmente saturada de mediana plasticidad en el distrito de banda de Shilcayo, San Martín, Perú*. San Martín.
- Huamaní Rojas, J. (2017). *Obtención del módulo de elasticidad en arcillas normalmente consolidadas mediante ensayos de consolidación unidimensional*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- INGEMMET. (2021). *Geología del cuadrángulo Locumba*. LIMA: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- Lambe, T. W. (1979). *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Materials, A. S. (2015). *ASTM D422-63: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. ASTM International.
- Meza Ochoa, V. E. (18 de junio de 2012). *Suelos parcialmente saturados, de la investigación a la cátedra universitaria*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/31251/43362#:~:text=Los%20suelos%20que%20se%20encuentran,est%C3%A1n%20ocupados%20completamente%20por%20agua>.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2012). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Locumba*. Locumba: PDU-L 2012-2021.
- Morales Chura, J. (2019). *Influencia del grado de saturación en la capacidad de carga última de una arcilla de alta plasticidad con fines de cimentación para viviendas familiares en la zona del desvío chejoña de la ciudad de puno*. Puno: Universidad Néstor Cáceres Velásquez.
- Niño Sana, J. L. (2015). *Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el k4+180 de la vía puente reyes-gameza*.
- Ochoa Meza, V. E. (2012). *Suelos parcialmente saturados, de la investigación a la cátedra universitaria*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/31251/43362>
- Palacio León, Ó., Chávez Porras, Á., & Velásquez Castiblanco, Y. L. (2017). *Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados*. Tecnura: Fuente Académica Premier.
- Ph. K. Islam, M. P. (2012). *Soil Testing: Sampling, Correlation, Analysis and Quality Control*. CRC Press.
- 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*. Tacna: Universidad privada de Tacna.
- Rey, I. d. (2019). *Geotechnical Consulting*. Obtenido de Sales solubles: <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/sales-solubles/>
- Tan, K. H. (2011). *Principles of Soil Chemistry*. CRC Press.

- Torres Rodríguez, N. E. (2019). *Incidencia del grado de saturación de los suelos colapsables en la estabilidad de taludes del puerto de Paita-Piura, en el año 2019*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Toscano Patiño, D. E. (2015). *Cuantificación de la influencia del grado de saturación en la resistencia a la compresión uniaxial de una arenisca*. Bogotá.
- Yepes Piqueras, V. (2021). *Procedimientos de construcción para la compactación y mejora del terreno*.

ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología	Estadística
<p>Interrogante principal</p> <p>¿Cuál es la Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la urbanización nuevo locumba, Tacna 2023?</p> <p>Interrogantes específicas</p> <p>a) ¿Cuáles son las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023?</p> <p>b) ¿Cuál es la resistencia mecánica del suelo en la urbanización nuevo locumba, Tacna 2023?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la Influencia de la saturación en la resistencia mecánica del suelo en la urbanización nuevo locumba, Tacna 2023.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Analizar las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba, Tacna 2023.</p> <p>b) Determinar la resistencia mecánica del suelo en la urbanización nuevo locumba, Tacna 2023</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Las características físicas del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba son: arcilla de baja plasticidad.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) Las características del suelo en su condición natural en la Urbanización Nuevo Locumba son arcillas de baja plasticidad; bajo contenido de sales, cloruros y sulfatos.</p> <p>b) La resistencia mecánica del suelo en la Urbanización Nuevo Locumba, es inversamente proporcional a la saturación.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Saturación</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Resistencia mecánica del suelo</p>	<p>Indicadores:</p> <p>Unidad %</p> <p>%Saturación:</p> <p>% CBR</p> <p>Módulo de elasticidad</p> <p>SUCS</p> <p>LP</p> <p>LL</p> <p>Granulometría</p> <p>Peso específico de los sólidos</p> <p>Sales solubles</p> <p>totales ppm</p> <p>Sulfatos ppm</p> <p>Cloruros ppm</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de investigación: Explicativo</p> <p>Comprensivo</p> <p>Ámbito de estudio: Gestión de riesgos</p> <p>Análisis descriptivo.</p> <p>Técnicas de recolección de datos: Contenido de humedad</p> <p>NTP 339.127</p> <p>relaciones volumétricas</p> <p>CBR - NTP 39.145-</p> <p>CBR</p> <p>SUCS - NTP 339.134</p> <p>LP - NTP 339.129</p> <p>LL - NTP 339.130</p> <p>Granulométrico</p> <p>NTP 400.012</p> <p>peso específico de solidos</p> <p>NTP 339.131</p> <p>sales solubles totales</p> <p>PPM</p> <p>NTP339.152</p> <p>sulfatos solubles</p> <p>NTP 339.178</p> <p>cloruros - NTP 339.076</p>	<p>Correlación</p>

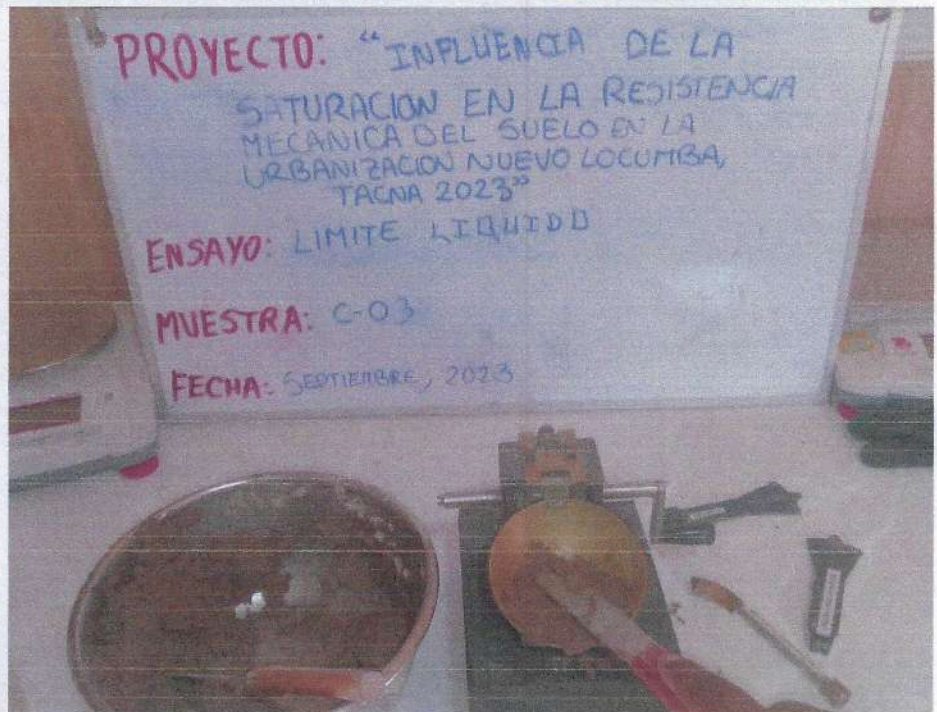
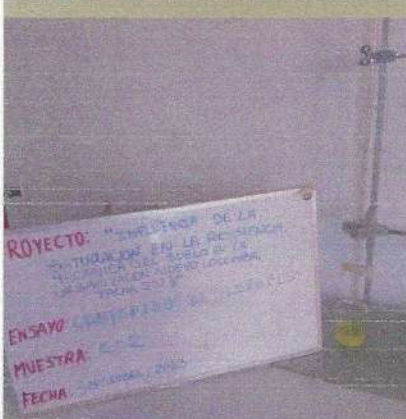
Anexo 2. ENSAYOS DE LABORATORIO Y PANEL FOTOGRÁFICO



SERVICIOS DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023"



Trabajos realizados :

• SERVICIO DE ENSAYOS DE SUELOS

Solicitante : Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ
Bach. LESLY URIOL QUISPE

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

TACNA, OCTUBRE DEL 2023

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	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	-
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUISPE	OPERADOR	J.R.Q.C.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	L.A.C.J.

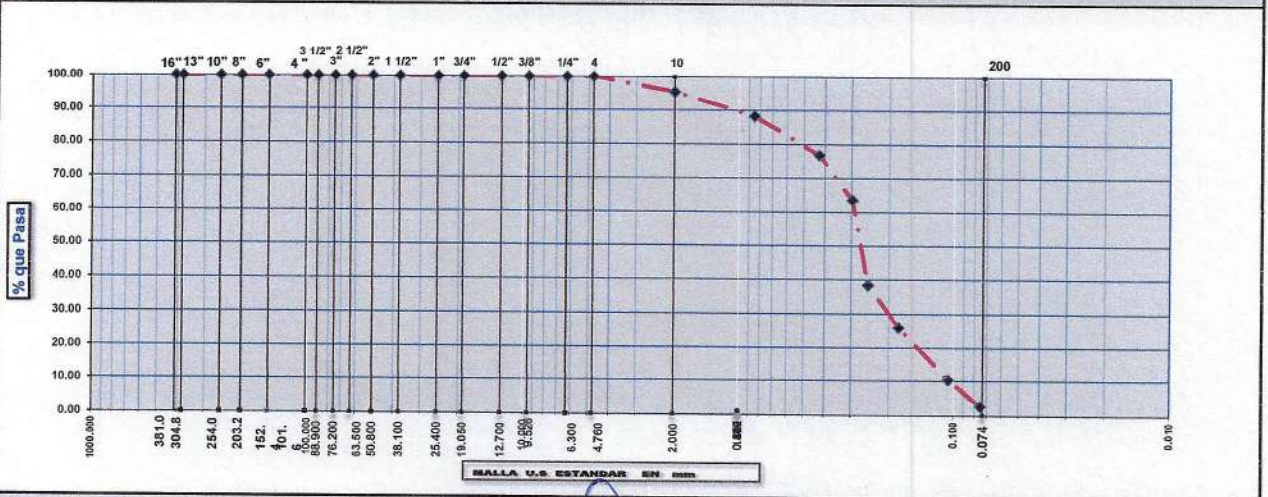
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-01	TEMPERATURA (°C)	19
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

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.) 500.00	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.) 0.00	
	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.) 500.00	
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.) 500.00	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 0.00	
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 100.00	
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%) -	
	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Bolonería (%) 0.00	
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	Gruesa		2 1/2"	63.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Canto Rodado (%) 0.00
			2"	50.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Gravas (%) 0.00
			1 1/2"	37.500	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 97.26
			1"	25.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Finos (%) 2.74
			3/4"	19.000	0.00	0.000	100.00	
	Fina		1/2"	12.700	0.00	0.000	100.00	
			3/8"	9.500	0.00	0.000	100.00	
			1/4"	6.300	0.00	0.000	100.00	
			N° 4	4.750	0.00	0.000	100.00	
			N° 10	2.000	23.00	4.600	95.40	
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Media		N° 20	0.850	35.51	7.102	88.30	
			N° 40	0.425	57.90	11.580	76.72	
			N° 60	0.297	65.70	13.140	63.58	
			N° 80	0.250	125.88	25.176	61.60	38.40
	Fina		N° 100	0.180	61.91	12.382	73.98	26.02
			N° 140	0.106	78.59	15.718	89.70	10.30
			N° 200	0.075	37.80	7.560	97.26	2.74
Limo/Arcilla	< 200	0.073	13.71	2.742	100.00	0.00		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO
 SUCS : SP AASHTO: A-3
 Cu: 2.77 Cc: 1.35
 Arena mal graduada

OBSERVACIONES

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:
 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrología y 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.I.P. N° 186048

APRUEBA:
 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Gerente General
 N° 78°



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

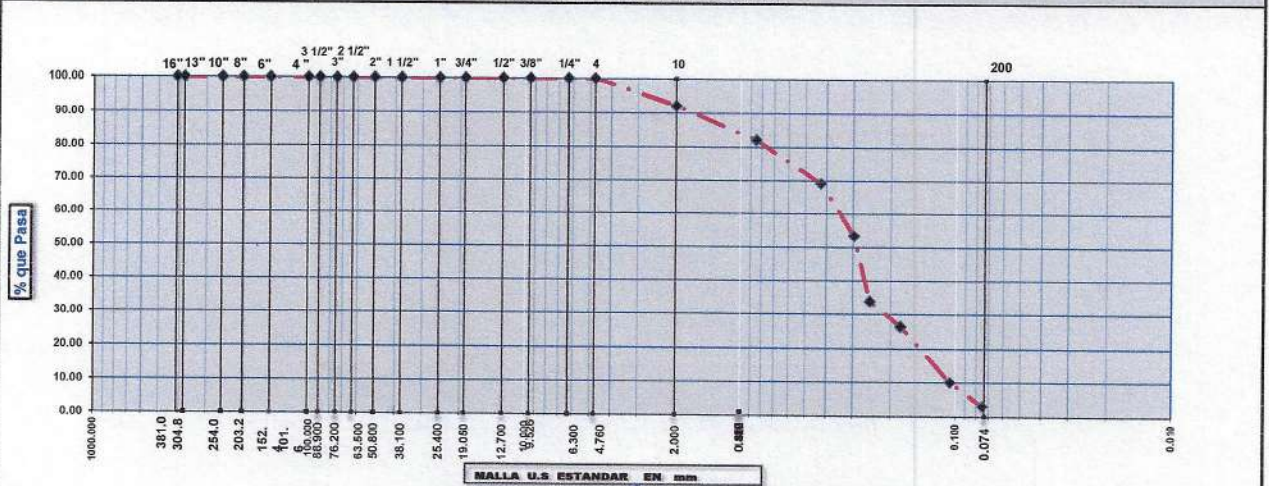
NTP 400.012

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023					REGISTRO		
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA					FECHA DE EJECUCIÓN		
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARI - Bach. LESLY URIOL QUISPÉ					OPERADOR		
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.					ASISTENTE	L.A.C.J.	
DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DEL LABORATORIO				
CODIGO	C-02					TEMPERATURA (°C)	19	
UBICACIÓN	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.) 500.00	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.) 0.00	
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.) 500.00	
	8"	203.200	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso fino del ensayo (gr.) 500.00	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 0.00	
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 100.00	
	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 (%) 0.00
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 96.87
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Finos (%) 3.13
	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	0.00	0.000	0.000	100.00	
		N° 4	4.750	0.00	0.000	0.000	100.00	
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	38.86	7.772	7.772	92.23	
		N° 20	0.850	50.10	10.020	17.792	82.21	
	Fina	N° 40	0.425	65.19	13.038	30.83	69.17	
		N° 60	0.297	78.80	15.760	46.59	53.41	
		N° 80	0.250	97.83	19.566	66.16	33.84	
		N° 100	0.180	36.76	7.352	73.51	26.49	
		N° 140	0.106	81.67	16.334	89.84	10.16	
N° 200	0.075	35.14	7.028	96.87	3.13			
Limo/Arilla	< 200	0.073	15.65	3.130	100.00	0.00		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS : SP	AASHTO: A-3
Cu: 3.33 Cc: 1.23	
Arena mal graduada	

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:

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

REVISÓ:

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

APRUEBA:

 HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Gerente General
 V/B°



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

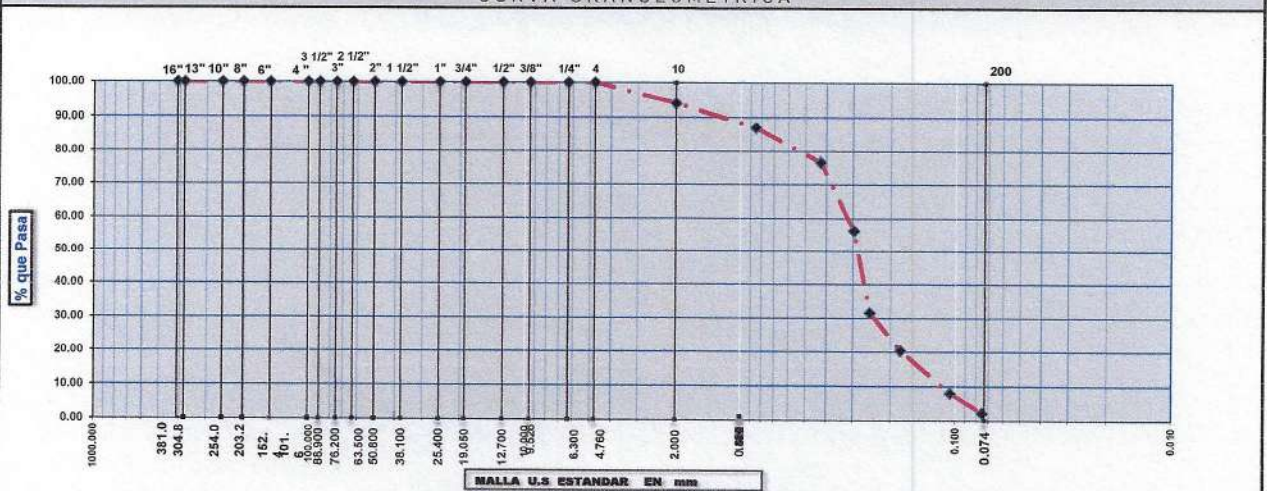
NTP 400.012

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARRA - Bach. LESLY URIOL QUISPÉ	OPERADOR	J.R.Q.C.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	L.A.C.J.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	C-03	TEMPERATURA (°C)	19
UBICACIÓN	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.)	500.00	
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.)	0.00	
	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.)	500.00	
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.)	500.00	
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%)	0.00	
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%)	100.00	
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%)	-	
	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Boloneria (%)	0.00	
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	Gruesa	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 (%)	0.00
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%)	97.86
		1"	25.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Finos (%)	2.14
		3/4"	19.000	0.00	0.000	0.000	100.00		
	Fina	1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.00	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
		3/8"	9.500	0.00	0.000	0.000	100.00	SUCS : SP	AASHTO: A-3
		1/4"	6.300	0.00	0.000	0.000	100.00	Cu: 2.73 Cc: 1.53	
		N° 4	4.750	0.00	0.000	0.000	100.00	Arena mal graduada	
								OBSERVACIONES	
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	29.50	5.900	5.900	94.10		
		N° 20	0.850	35.30	7.060	12.960	87.04		
	Fina	N° 40	0.425	51.78	10.356	23.32	76.68		
		N° 60	0.297	102.86	20.572	43.89	56.11		
		N° 80	0.250	122.70	24.540	68.43	31.57		
		N° 100	0.180	55.82	11.164	79.59	20.41		
		N° 140	0.106	61.79	12.358	91.95	8.05		
N° 200	0.075	29.55	5.910	97.86	2.14				
Limo/Arcilla	< 200	0.073	10.70	2.140	100.00	0.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ELABORA:

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

REVISÓ:

 JONATHAN EDN BERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186043

APRUEBA:

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



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	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	-
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARRA - Bach. LESLY URIOL QUIISPE	OPERADOR	J.R.Q.C.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	L.A.C.I.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CODIGO	-	TEMPERATURA (°C)	19
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	HUMEDAD RELATIVA (%)	-

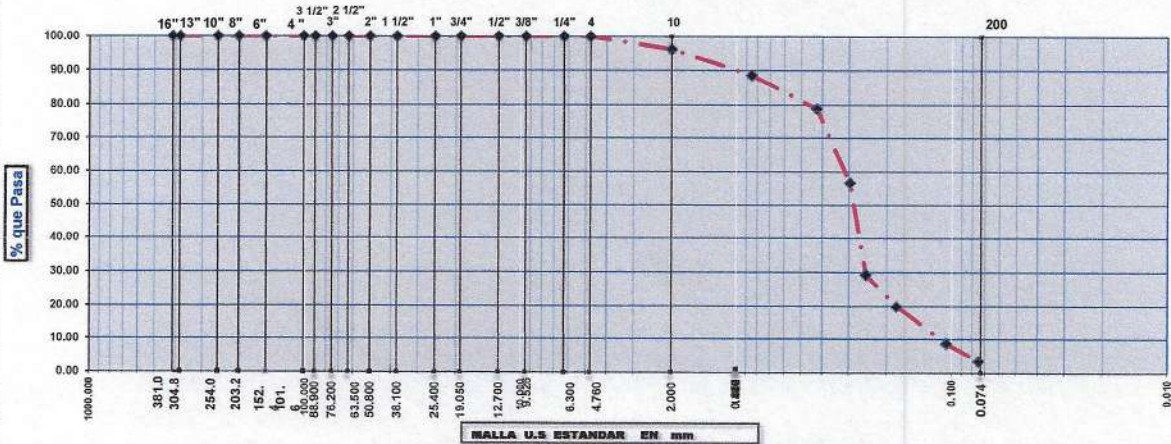
CLASIFICACION SEGUN ASTM	MALLA	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CARACTERISTICAS GENERALES
BOLONERIA Mayores de 350 mm.	16"	410.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso muestra total (gr.) 500.00
	13"	380.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso ret. Malla N° 4 (gr.) 0.00
	10"	254.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Peso Pste. Malla N° 4 (gr.) 500.00
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.) 500.00
	6"	152.400	0.00	0.000	0.000	100.00	Ret. Malla de N° 4 (%) 0.00
	4"	101.600	0.00	0.000	0.000	100.00	Pasante malla de N° 4 (%) 100.00
	3 1/2"	90.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Contenido de humedad (%) -
	3"	75.000	0.00	0.000	0.000	100.00	Porcentaje de Bolonería (%) 0.00
GRAVA De 4.75 mm hasta 75.00 mm.	Gruesa	2 1/2"	63.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Canto Rodado (%) 0.00
		2"	50.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Gravas (%) 0.00
		1 1/2"	37.500	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Arenas (%) 96.53
		1"	25.000	0.00	0.000	100.00	Porcentaje de Finos (%) 3.47
		3/4"	19.000	0.00	0.000	100.00	
	Fina	1/2"	12.700	0.00	0.000	100.00	
		3/8"	9.500	0.00	0.000	100.00	
		1/4"	6.300	0.00	0.000	100.00	
		N° 4	4.750	0.00	0.000	100.00	
ARENA De 0.075 mm hasta 4.75 mm.	Gruesa	N° 10	2.000	18.50	3.700	96.30	
		N° 20	0.850	38.57	7.714	11.414	88.59
	Fina	N° 40	0.425	49.28	9.856	21.27	78.73
		N° 60	0.297	110.01	22.002	43.27	56.73
		N° 80	0.250	136.70	27.340	70.61	29.39
		N° 100	0.180	47.60	9.520	80.13	19.87
		N° 140	0.106	55.85	11.170	91.30	8.70
N° 200	0.075	26.12	5.224	96.53	3.47		
Limo/Arcilla	< 200	0.073	17.37	3.474	100.00	0.00	

CLASIFICACION DEL SUELO

SUCS : SP	AASHTO: A-3
Cu: 2.76 Cc: 1.45	
Arena mal graduada	

OBSERVACIONES

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORA:



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

REVISÓ:



JONATHAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186043

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

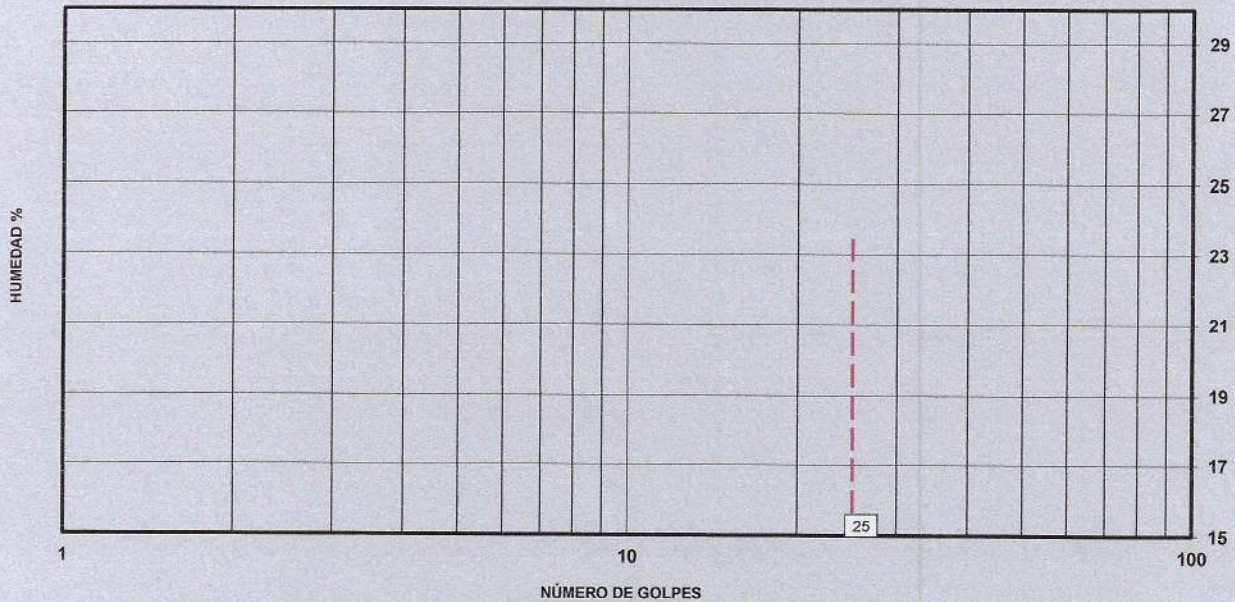
NTP 339.129

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUISPE	OPERADOR	L.A.C.I.
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
CÓDIGO	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		/	/	<p>RADIO ESFERICO</p> <p>RADIO ESFERICO</p> <p>BASE DE CALCHO DURO CONEOPRUE</p>
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 Y PLASTICO DE LA MUESTRA.
N.D.: NO DETERMINADO
N.P.: NO PLASTICO

ELABORA:

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

REVISÓ:

JONATÁN EDILBERTO ROJAS CANAZA
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 186043

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

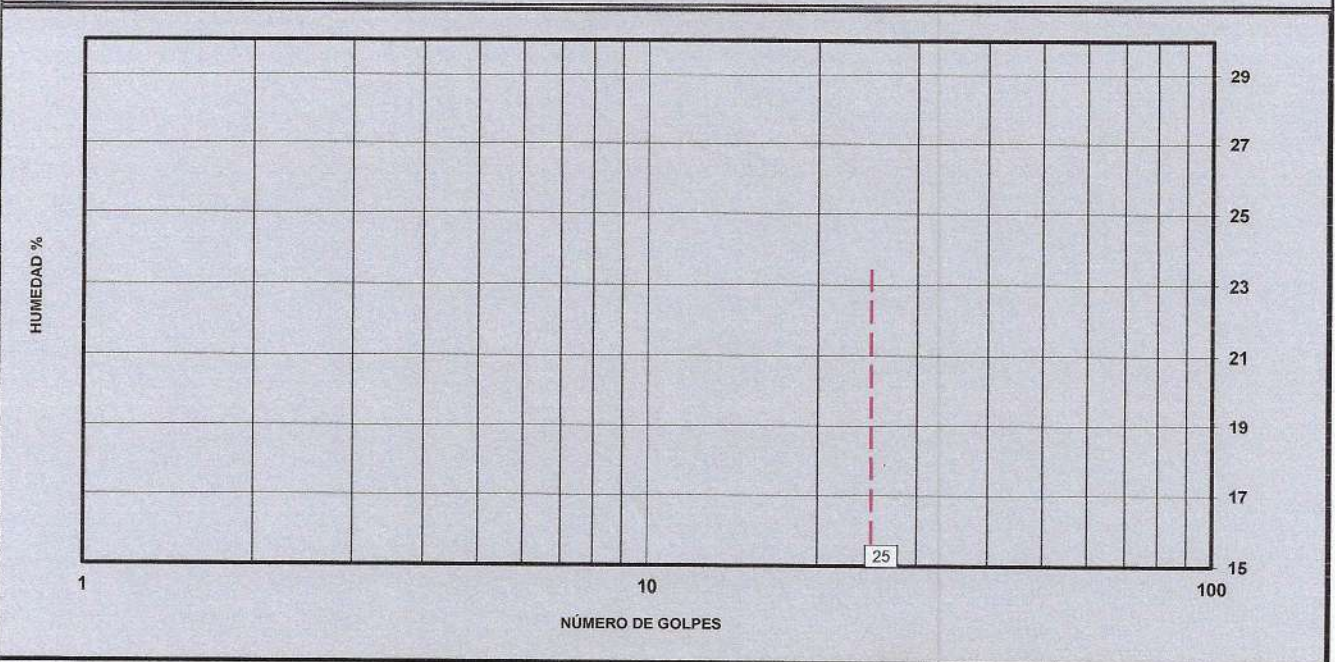
NTP 339.129

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIA - Bach. LESLY URIOL QUISPE	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 Y PLASTICO DE LA MUESTRA.
 N.D.: NO DETERMINADO
 N.P.: NO PLASTICO

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

REVIS:

JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186648

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

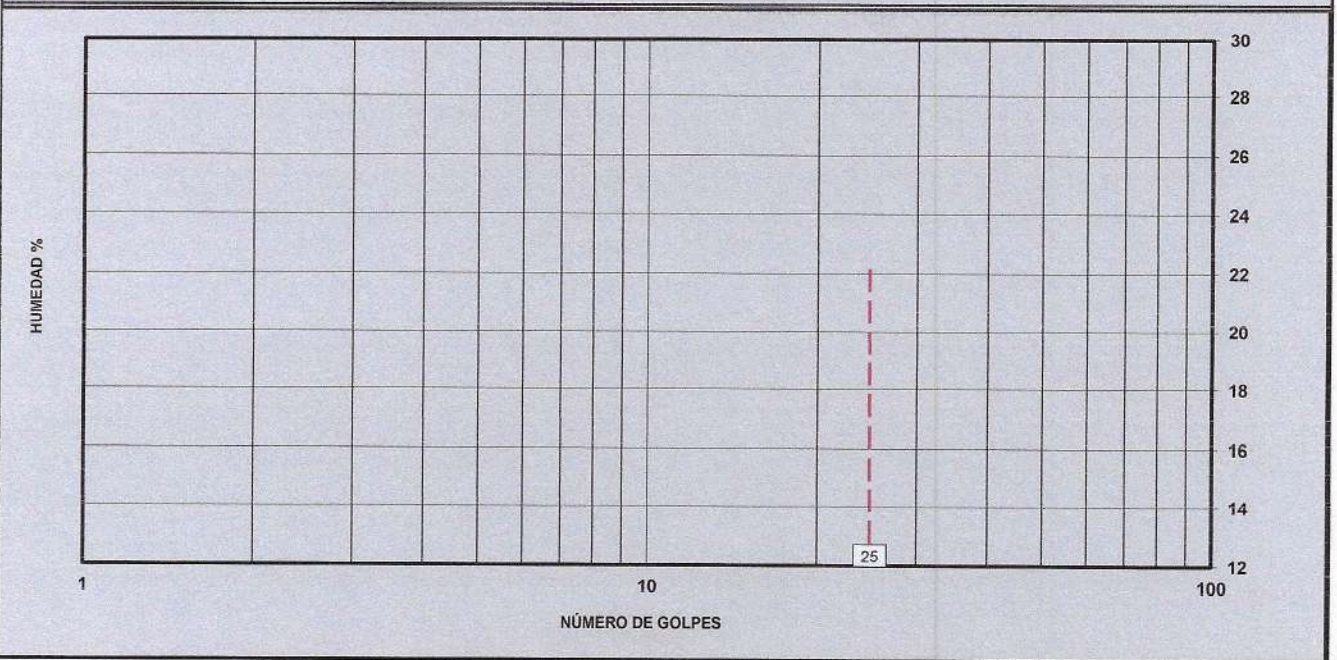
NTP 339.129

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUIRPE	OPERADOR	L.A.C.J.
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
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 Y PLASTICO DE LA MUESTRA.
 N.D. : NO DETERMINADO
 N.P. : NO PLASTICO

ELABORA:



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

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

REVISÁ:

JONATAN EDILBERTO ROJAS CANAZA
 Ingeniero Civil
 C.I.P. N° 186043

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

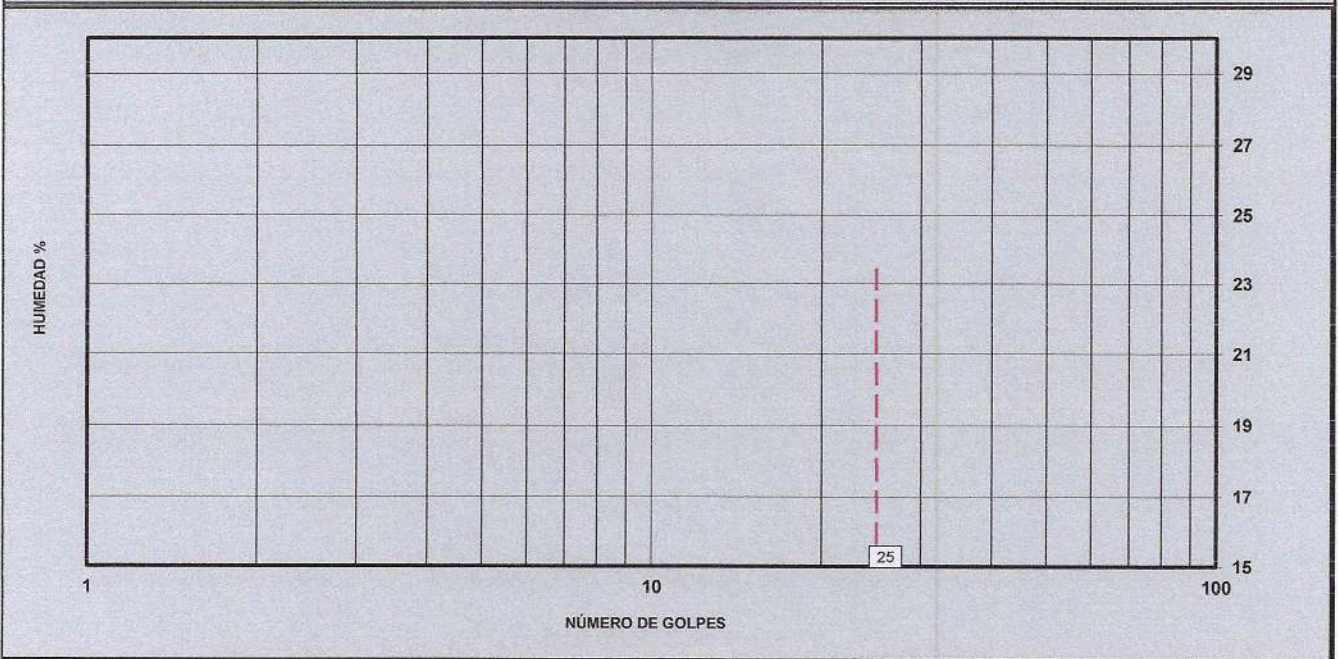
NTP 339.129

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA, PROVINCIA DE JORGE BASADRE, DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUISEPÉ	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)	-
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 Y 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 Suelos Concreto y Pavimento

REVISÓ:

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

APRUEBA:

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS



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

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO

NORMA ASTM D 854

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023

SOLICITANTE : Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUISPE

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANtera : -

UBICACIÓN : -

MUESTRA : C-03

FECHA : SETIEMBRE, 2023

MÉTODO - B			
ITEM	CARACTERÍSTICAS	UND.	01
%<N°4	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS DE SUELO QUE PASAN EL N° 4 (4.75 mm)	%	100.00
C	CLASIFICACION SUCS	SUCS	SP - Arena mal graduada
Tt	TEMPERATURA DE PRUEBA	°C	20.0
Mpw,t	MASA DEL PICNOMETRO Y AGUA EN LA TEMPERATURA DE PRUEBA	gr.	663.20
Mpws,t	MASA DEL PICNOMETRO, EL AGUA Y LOS SOLIDOS DEL SUELO EN LA TEMPERATURA DE PRUEBA	gr.	903.60
Ms	MASA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO SECADO AL HORNO (110°C)	gr.	380.30
Gt	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO A LA TEMPERATURA DE PRUEBA		2.718
K	COEFICIENTE DE TEMPERATURA		1.000
G20°C	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO A 20°C		2.718
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO A 20°C			2.718


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



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



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	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	LOCUMBA - JORGE BASADRE - TACNA	FECHA	SEPTIEMBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIA Bach. LESLY URIOL QUISPE	OPERADOR	J.R.Q.C.
EJECUTA	HI_GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	L.A.C.J.

Densidad de parafina (g/cm ³)		0.8282012		
ID Laboratorio	C-03			
Tamaño máximo de partícula (visual)	-			
Clasificación visual (símbolo SUCS)	SP			
Tipo (Inalt., recons., remol. o terrón)	Natural			
No. de espécimen	1			
Método A (por desplazamiento)	Masa de espécimen de suelo húmedo (g)	95.82		
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina en el aire (g)	103.23		
	Temperatura del agua al tarar balanza y previo a inmersión(°C)	23.1		
	Masa de espécimen de suelo húmedo + parafina en el agua (g)	37.41		
	Densidad del agua a temperatura T (g/cm ³)	0.99752		
	Temperatura del agua durante inmersión del espécimen (°C)	23.1		
	Volumen del suelo (cm ³)	57.04		
	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.680		
	PESO UNITARIO (kN/m ³)	16.47		
Determinación de humedad	Tara No.	C-03		
	Masa de Tara (g)	195.1		
	Masa de Tara + Suelo Húmedo (g)	242.4		
	Masa de Tara + Suelo Seco (g)	241.8		
	Masa del agua (g)	0.6		
	Masa del suelo seco (g)	46.7		
	HUMEDAD (%)	1.28		
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.659			
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	16.266			

OBSERVACIONES:



HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
Hidrogeología - Geotecnia para: infraestructura, minería, etc.

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



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



CBR



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



ENSAYO DE C.B.R.
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

NORMA ASTM D-1883 Y LA MTC E-132



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023"

REGISTRO: HI-00421-23

Tramo: _____ CODIGO: C-03
 LUGAR: NUEVO LOCUMBA-JORGE BASADRE-TACNA

SOLICITANTE: Bach. ALEX GALINDO ISTARIA PARIA
 Bach. LESLY URIOL QUISEPÉ ING. JEFE: _____

FECHA: 7-Oct-23

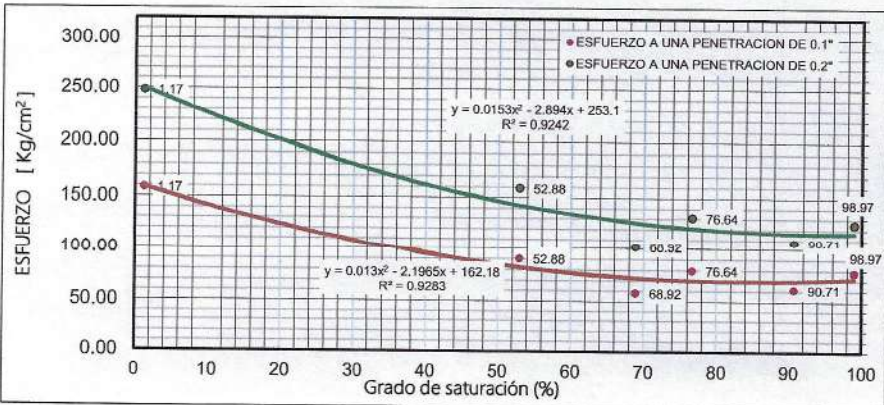
9. GRAFICA



GRAFICA - ESFUERZO (kg/cm²) VS TIEMPO (min)

MUESTRA	Tiempo (min)	ESFUERZO SIN CORRECCION (kg/cm²)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	0	158.7	247.9
4 HORAS	240	90.6	159.0
8 HORAS	480	57.9	102.3
1 DIA	1440	80.1	131.3
4 DIAS	5760	61.7	107.0
8 DIAS	12960	78.2	125.3

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



GRAFICA - ESFUERZO (kg/cm²) VS GRADO DE SATURACION (%)

MUESTRA	Saturación (%)	ESFUERZO SIN CORRECCION (kg/cm²)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	1.17	158.7	247.9
4 HORAS	52.88	90.6	159.0
8 HORAS	68.92	57.9	102.3
1 DIA	76.64	80.1	131.3
4 DIAS	90.71	61.7	107.0
8 DIAS	98.97	78.2	125.3

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



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 C.B.R.

CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

NORMA ASTM D-1883 Y LA MTC E-132



PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA SATURACION EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL SUELO EN LA URBANIZACION NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023"

Tramo: _____
 LUGAR: NUEVO LOCUMBA-JORGE BASADRE-TACNA

CÓDIGO: C-03

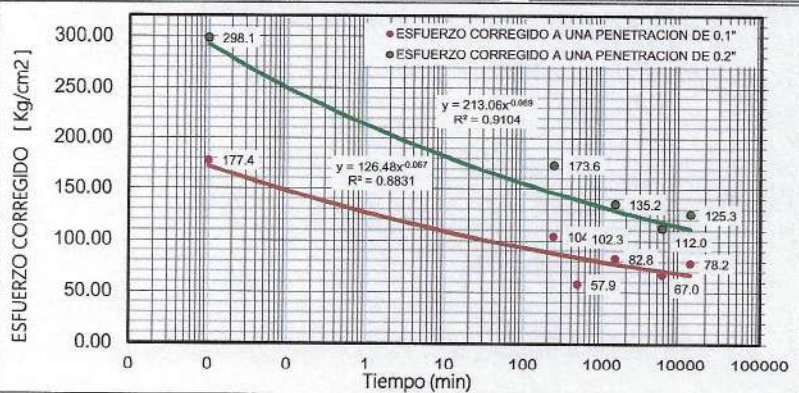
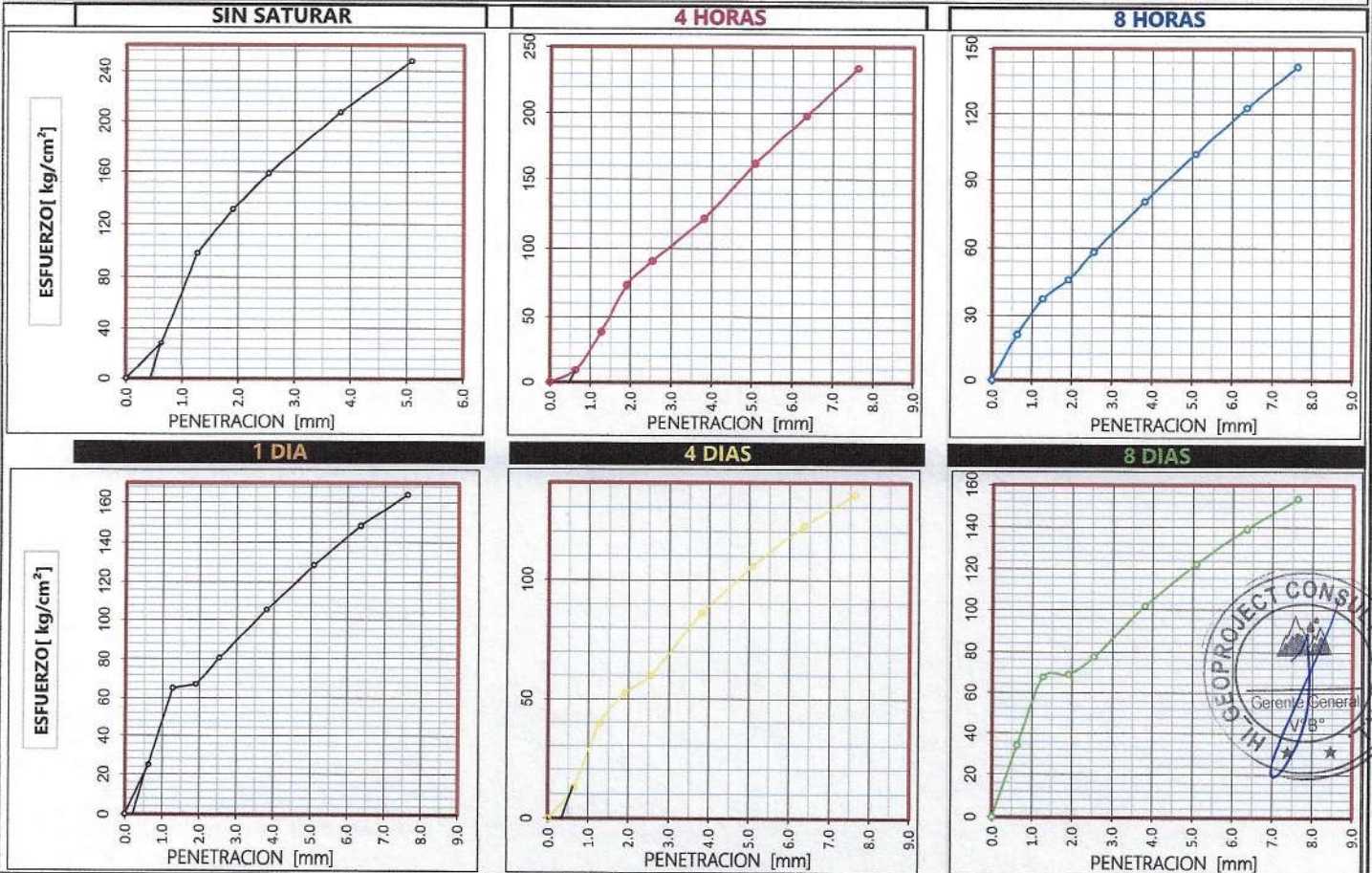
REGISTRO: HI-00421-23

SOLICITANTE: Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ
 Bach. LESLY URIOL QUISPE

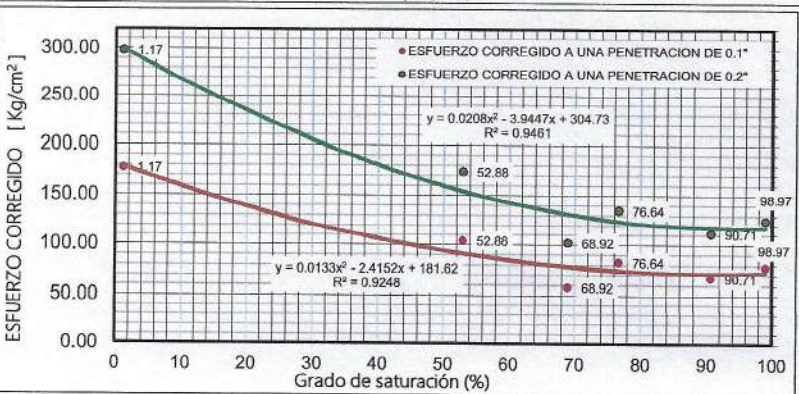
ING. JEFE: -

FECHA: 7-Oct-23

10. GRAFICA



MUESTRA	Tiempo (min)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm²)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	0	177.4	298.1
4 HORAS	240	104.2	173.6
8 HORAS	480	57.9	102.3
1 DIA	1440	82.8	135.2
4 DIAS	5760	67.0	112.0
8 DIAS	12960	78.2	125.3



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

MUESTRA	Saturación (%)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm²)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	1.17	177.4	298.1
4 HORAS	52.88	104.2	173.6
8 HORAS	68.92	57.9	102.3
1 DIA	76.64	82.8	135.2
4 DIAS	90.71	67.0	112.0
8 DIAS	98.97	78.2	125.3

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



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



ENSAYO DE C.B.R.

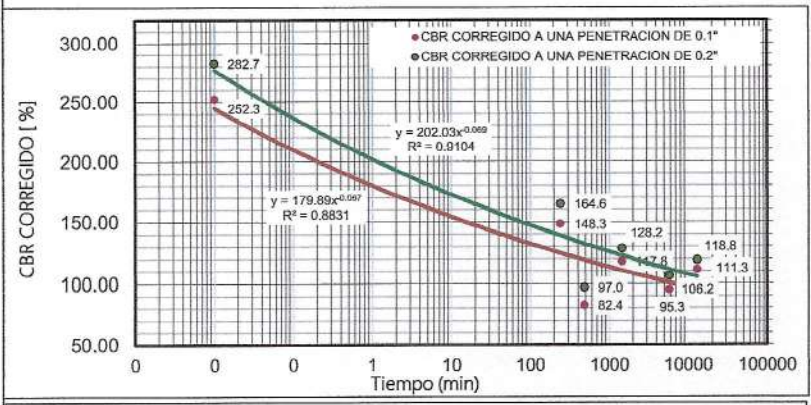
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

NORMA ASTM D-1883 Y LA MTC E-132



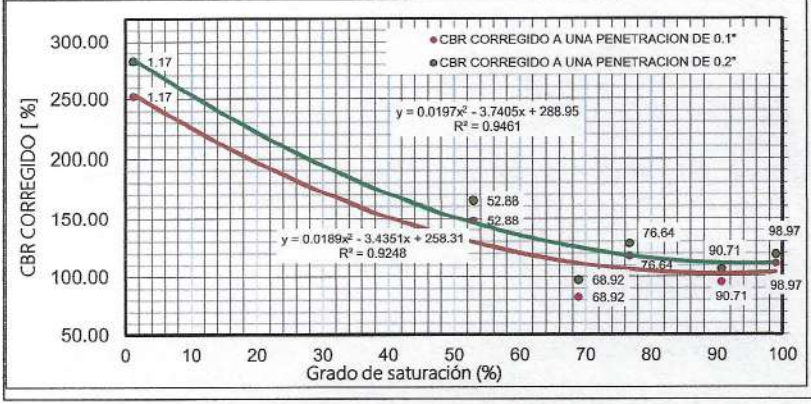
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023"		REGISTRO: HI-00421-23
Tramo: _____ LUGAR: NUEVO LOCUMBA-JORGE BASADRE-TACNA	CÓDIGO: C-03	FECHA: 7-Oct-23
SOLICITANTE: Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ Bach. LESLY URUOL QUIJSPE	ING. JEFE: -	

11. GRAFICA



GRAFICA - CBR CORREGIDO (kg/cm²) VS TIEMPO (min)

MUESTRA	Tiempo (min)	CBR CORREGIDO (%)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	0	252.3	282.7
4 HORAS	240	148.3	164.6
8 HORAS	480	82.4	97.0
1 DIA	1440	117.8	128.2
4 DIAS	5760	95.3	106.2
8 DIAS	12960	111.3	118.8



GRAFICA - CBR CORREGIDO (kg/cm²) VS GRADO DE SATURACION (%)

MUESTRA	Saturación (%)	CBR CORREGIDO (%)	
		Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
SIN SATURAR	1.17	252.3	282.7
4 HORAS	52.88	148.3	164.6
8 HORAS	68.92	82.4	97.0
1 DIA	76.64	117.8	128.2
4 DIAS	90.71	95.3	106.2
8 DIAS	98.97	111.3	118.8

HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrología y Geotecnia 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



CONTENIDO DE SALES SOLUBLES



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

ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE SALE SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO:	
SOLICITANTE:	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARRA - Bach. LESLY URQUI QUISPE	OPERADOR:	J.R.O.C.
EJECUTA:	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE:	L.A.C.J.
DATOS DE LA MUESTRA:		DATOS DEL LABORATORIO	
MUESTRA:	INDICADA	TEMPERATURA (°C)	19
FECHA:	SEPTIEMBRE, 2023	HUMEDAD RELATIVA (%)	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS						
		C-01	C-02	C-03	C-04	C-04	C-04	C-04
1 CODIGO DE MOLDE	Tara	C-01	C-02	C-03	C-04	C-04	C-04	C-04
2 PESO DE MOLDE (m1)	gr.	53.69	53.77	53.76	53.76	51.46	51.46	51.46
3 PESO DE LA MUESTRA	gr.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4 VOLUMEN DEL ESTRACAO ACUOSO	ml	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5 RELACION DE LA MEZCLA (D)	-	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
6 PESO DEL MOLDE-RESIDUO (m2)	gr.	54.47	54.20	54.79	54.79	52.55	52.55	52.55
7 TOTAL DE SALES SOLUBLES	p.p.m.	23223	12993	31047	31047	32752	32752	32752

OBSERVACIONES:

REVISAR:

APRUEBA:




JONATHAN EDILBERTO 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	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	REGISTRO	-
UBICACIÓN	DISTRITO DE LOCUMBA - PROVINCIA DE JORGE BASADRE - DEPARTAMENTO DE TACNA	FECHA DE EJECUCIÓN	OCTUBRE, 2023
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTANA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUISPÉ	OPERADOR	-
EJECUTA	HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.	ASISTENTE	-

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

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	312997	8051946	SP	23223	2400	4900	PERJUDICIAL
C-02	312940	8051854	SP	12993	2840	2310	PERJUDICIAL
C-03	312817	8051791	SP	31047	3200	5880	PERJUDICIAL
C-04	312857	8051886	SP	32752	6190	11100	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	Leve
	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:


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

REVISÁ:



ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS DE GRANO FINO POR SEDIMENTACIÓN

ASTM D7928-17

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA SATURACIÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN LA URBANIZACIÓN NUEVO LOCUMBA, TACNA 2023	MUESTRA	C-03
UBICACIÓN	DISTRITO LOCUMBA, PROV. JORGE BASADRE, DEPTO. TACNA	OPERADOR	L.A.C.J.
SOLICITANTE	Bach. ALEX GALINDO ISTAÑA PARIÁ - Bach. LESLY URIOL QUIISPE	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: **2.14** Gs: **2.72** (**< No. 200**)

Ensayos Previos: —

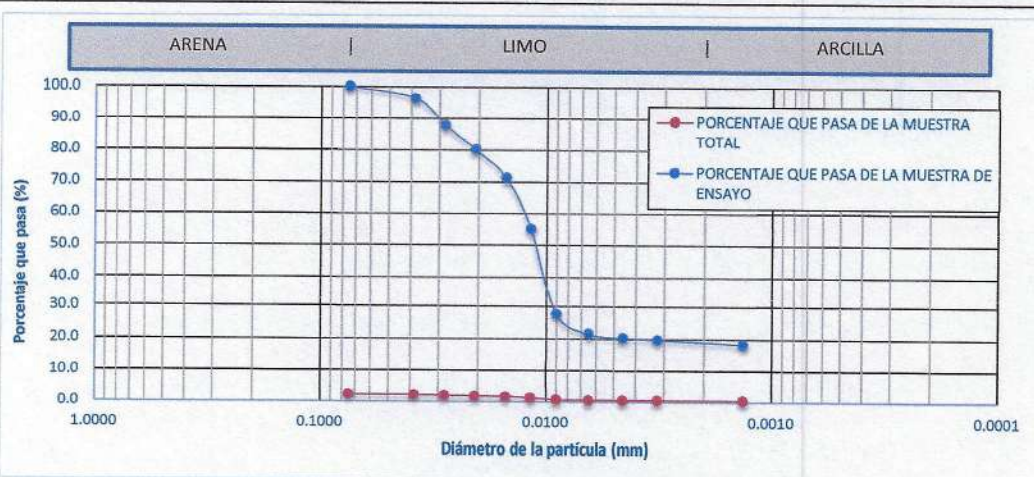
Determinación de Humedad		Estimación/Definición de Masas Para el Ensayo	
Tara No.	T-1	Estimado Pasante Tamiz No. 200 (%), %est:	100
Masa Humeda + Tara (g):	366.7	Capacidad de Hidrómetro-152 H (g), H_c :	55
Masa Seca + Tara (g):	354.2	Estimación de Masa Húmeda (g), M_{mest} :	58
Masa de Tara (g):	150.2	Masa Húmeda para el Ensayo (g), M_m :	50
Contenido de Humedad (%), W_c :	6.1	Masa Seca Para el Ensayo (g), M_d :	47.11

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 (%)
6/10/2023 - 09:51:00	0					0.0750	100.0	2.1
6/10/2023 - 09:52:00	1	19.9	49.75	3.7	8.4	0.0384	96.33	2.1
6/10/2023 - 09:53:00	2	19.9	45.75	3.7	9.1	0.0283	87.97	1.9
6/10/2023 - 09:55:00	4	19.9	42.00	3.7	9.7	0.0207	80.13	1.7
6/10/2023 - 09:59:00	8	19.9	37.75	3.7	10.4	0.0151	71.24	1.5
6/10/2023 - 10:06:00	15	20.0	30.00	3.6	11.8	0.0117	55.11	1.2
6/10/2023 - 10:21:00	30	20.3	16.75	3.5	14.0	0.0090	27.62	0.6
6/10/2023 - 10:51:00	60	20.5	13.75	3.5	14.5	0.0065	21.49	0.5
6/10/2023 - 11:51:00	120	21.1	13.00	3.3	14.6	0.0046	20.35	0.4
6/10/2023 - 13:51:00	240	21.7	12.50	3.1	14.7	0.0032	19.74	0.4
7/10/2023 - 09:51:00	1440	19.8	12.50	3.7	14.7	0.0013	18.39	0.4



RESUMEN DE RESULTADOS PARA LA MUESTRA DE SEDIMENTACIÓN	
FINOS %	
2.14	
LIMO %	ARCILLA %
1.7	0.4



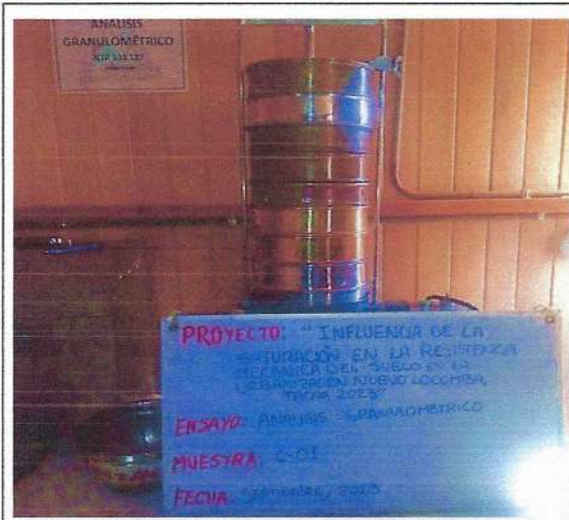
HI GEOPROJECT CONSULTORIA S.R.L.
 Hidrogeología y Geotecnia para la Construcción y Minería

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

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

PANEL FOTOGRAFICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



FOTOGRAFÍA N° 1

Se observa la granulometría global por tamizado de la muestra C-01 (MTC E 108 – 2016, ASTM D-422).



FOTOGRAFÍA N° 2

Se observa la granulometría global por tamizado de la muestra C-02 (MTC E 108 – 2016, ASTM D-422).



FOTOGRAFÍA N° 3

Se observa la granulometría global por tamizado de la muestra C-03 (MTC E 108 – 2016, ASTM D-422).



FOTOGRAFÍA N° 4

Se observa la granulometría global por tamizado de la muestra C-04 (MTC E 108 – 2016, ASTM D-422).



LIMITE LÍQUIDO



FOTOGRAFÍA N° 5

Se observa el ensayo de límite líquido de la muestra C-01 (E-1), Según norma ASTM D4318-17.



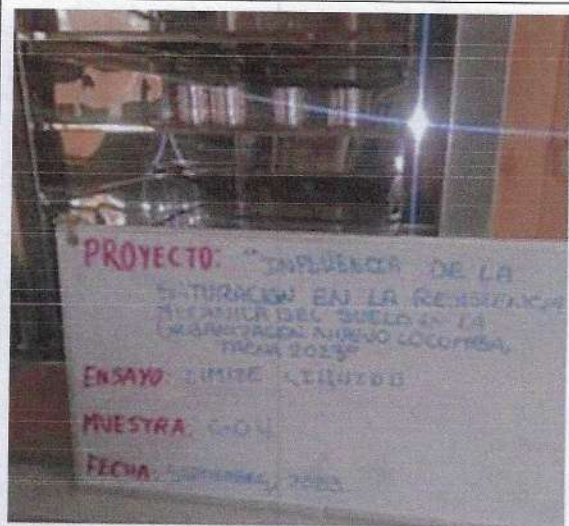
FOTOGRAFÍA N° 6

Se observa el ensayo de límite líquido de la muestra C-02 (E-1), Según norma ASTM D4318-17.



FOTOGRAFÍA N° 7

Se observa el ensayo de límite líquido de la muestra C-03 (E-1), Según norma ASTM D4318-17.



FOTOGRAFÍA N° 8

Se observa el ensayo de límite líquido de la muestra C-06 (E-1), Según norma ASTM D4318-17.



LIMITE PLASTICO



FOTOGRAFÍA N° 9

Se observa el ensayo de límite plástico de la muestra C-01, Según norma ASTM D4318-17.



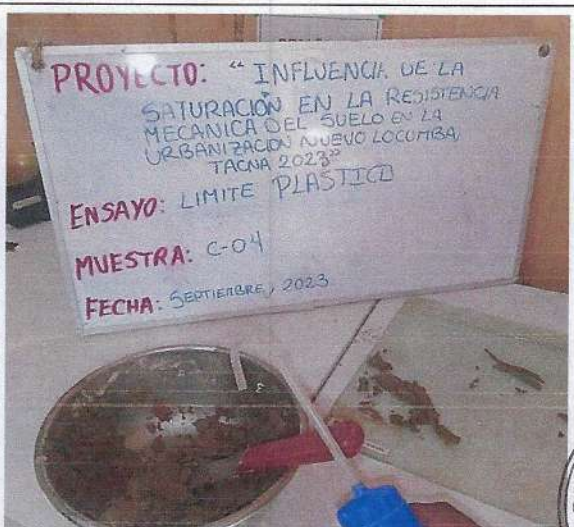
FOTOGRAFÍA N° 10

Se observa el ensayo de límite plástico de la muestra C-02, Según norma ASTM D4318-17.



FOTOGRAFÍA N° 11

Se observa el ensayo de límite plástico de la muestra C-03, Según norma ASTM D4318-17.



FOTOGRAFÍA N° 12

Se observa el ensayo de límite plástico de la muestra C-04, Según norma ASTM D4318-17.



C.B.R.

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 13</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 14</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-01).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-01).</p>

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 15</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 16</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-02).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-02).</p>



<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 17</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 18</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-03).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-03).</p>

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 19</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 20</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-04).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-04).</p>



<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 21</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 22</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-05).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-05).</p>

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 23</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 24</p>
<p>Se observa el ensayo de C.B.R para la muestra C-03 (M-06).</p>	<p>Se observa el ensayo de contenido de humedad para el C.B.R de la muestra C-03 (M-06).</p>



DENSIDAD CON PARAFINA

<p>FOTOGRAFÍA N° 25</p>	<p>FOTOGRAFÍA N° 26</p>
<p>Se observa el ensayo de Densidad con Parafina para la muestra C-03.</p>	<p>Se observa el ensayo de granulometría por hidrómetro para la muestra C-03.</p>

ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO

<p>FOTOGRAFÍA N° 27</p>	<p>FOTOGRAFÍA N° 28</p>
<p>Se observa el ensayo de granulometría por hidrómetro para la muestra C-03. (Según norma ASTM D7928-17)</p>	<p>Se observa el ensayo de granulometría por hidrómetro para la muestra C-03. (Según norma ASTM D7928-17)</p>



ANÁLISIS QUÍMICO CONTENIDO DE SALES

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 29</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 30</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-01. (Según norma NTP 339.152)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-02. (Según norma NTP 339.152)</p>

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 31</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 32</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-03. (Según norma NTP 339.152)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-04. (Según norma NTP 339.152)</p>



ANÁLISIS QUÍMICO CONTENIDO DE SALES

<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 29</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 30</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-01. (Según norma NTP 339.152)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-02. (Según norma NTP 339.152)</p>
<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 31</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 32</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-03. (Según norma NTP 339.152)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sales) para la muestra C-04. (Según norma NTP 339.152)</p>


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



ANÁLISIS QUÍMICO CONTENIDO DE CLORUROS

<p>FOTOGRAFÍA N° 33</p>	<p>FOTOGRAFÍA N° 34</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de cloruros) para la muestra C-01. (Según norma NTP 339.177)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de cloruros) para la muestra C-02. (Según norma NTP 339.177)</p>

<p>FOTOGRAFÍA N° 35</p>	<p>FOTOGRAFÍA N° 36</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de cloruros) para la muestra C-03. (Según norma NTP 339.177)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de cloruros) para la muestra C-04. (Según norma NTP 339.177)</p>

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



ANÁLISIS QUÍMICO CONTENIDO DE SULFATOS

	
<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 37</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 38</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sulfatos SO₄) para la muestra C-01. (Según norma NTP 339.178)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sulfatos SO₄) para la muestra C-02. (Según norma NTP 339.178)</p>

	
<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 39</p>	<p align="center">FOTOGRAFÍA N° 40</p>
<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sulfatos SO₄) para la muestra C-03. (Según norma NTP 339.178)</p>	<p>Se observa el ensayo de análisis químico en suelos (Contenido de sulfatos SO₄) para la muestra C-04. (Según norma NTP 339.178)</p>


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

