

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Estudio de mecánica de suelos y cimentación con fines de habilitación
urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región**

Puno, 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Kevin David SANTOS LÓPEZ

Asesor:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO

Cerro de Pasco - Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Estudio de mecánica de suelos y cimentación con fines de habilitación
urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región**

Puno, 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO

MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 242-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Estudio de mecánica de suelos y cimentación con fines de
habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de
Juliaca de la Región Puno, 2023**

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. SANTOS LÓPEZ, Kevin David

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. MENA OSORIO, Favio Máximo

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

22 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 18 de diciembre del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.12.2024 19:24:31 -05:00

DEDICATORIA

La presente tesis es dedicada de manera muy especial y con mucho cariño hacia mis padres, por ser los principales gestores de mi formación académica logrando darme fuerzas para seguir adelante y así poder encaminarme por el sendero del bien, para ellos todo mi esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

En principio, agradezco a Dios por el regalo de vida y darme la oportunidad de formarme y concluir satisfactoriamente mis estudios superiores.

A mis padres por ser los principales promotores en ayudarme a cumplir mis sueños inculcándome principios, valores, sostenidos de confianza que hicieron que tenga convicción de lograr todo en esta vida.

A los maestros de la Facultad de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, quienes forjan con sus enseñanzas nuevas promesas para el desarrollo de un país que está en un proceso de mejora continua.

RESUMEN

La presente investigación se centra en el estudio de mecánica de suelos y cimentación con el objetivo de definir una cimentación adecuada para la habilitación urbana de un terreno Zegarra ubicado en el distrito de Juliaca de la región Puno. La investigación adopta una investigación de tipo descriptivo con la toma de muestras de calicatas excavadas, análisis de muestras y ensayos en el laboratorio, interpretación de resultados. La población de estudio comprende este terreno en su totalidad de 42 hectáreas, mientras que la muestra se compone de 30 calicatas a cielo abierto. Los resultados obtenidos muestran que la geología del área de estudio revela que se trata de una meseta del altiplano caracterizada por la presencia de materiales aluviales del Cuaternario reciente. Estos materiales consisten principalmente en conformaciones de limo y arena con grava. Además, se identificó la presencia de arcillas de mediana plasticidad. De la misma manera la capacidad de carga del suelo, representada por q_a , es de 8,100 kg/m². Este valor proporciona información crucial sobre la capacidad portante del suelo y es fundamental para el diseño de la cimentación. La capacidad de carga determinada es una indicación de la carga máxima que el suelo puede soportar por unidad de área sin exceder un grado de seguridad establecido. En conclusión, el estudio de mecánica de suelos realizado en el terreno Zegarra proporciona datos importantes para el diseño de la cimentación necesaria para la habilitación urbana. Los hallazgos geológicos y la capacidad de carga del suelo son aspectos clave que deben considerarse en el proceso de planificación y construcción de estructuras urbanas en este terreno Zegarra.

Palabras clave: cimentación, capacidad portante, capacidad admisible, perfil estratigráfico, mecánica de suelos

ABSTRACT

This research focuses on the study of soil mechanics and foundations with the aim of defining an adequate foundation for the urban development of a Zegarra plot located in the Juliaca district of the Puno region. The research adopts a descriptive type of research with the taking of samples from excavated pits, analysis of samples and tests in the laboratory, interpretation of results. The study population comprises this plot in its entirety 42 hectares, while the sample is composed of 30 open-air pits. The results obtained show that the geology of the study area reveals that it is a plateau of the altiplano characterized by the presence of alluvial materials from the recent Quaternary. These materials consist mainly of silt and sand conformations with gravel. In addition, the presence of medium plasticity clays was identified. In the same way, the load capacity of the soil, represented by q_a , is 8,100 kg/m². This value provides crucial information about the bearing capacity of the soil and is essential for the design of the foundation. The determined bearing capacity is an indication of the maximum load that the soil can support per unit area without exceeding an established safety grade. In conclusion, the soil mechanics study carried out on the Zegarra terrain provides important data for the design of the foundation necessary for urban development. The geological findings and the soil bearing capacity are key aspects that must be considered in the planning and construction process of urban structures on this Zegarra terrain.

Keywords: foundation, bearing capacity, allowable capacity, stratigraphic profile, soil mechanics

INTRODUCCIÓN

La mecánica de suelos y la ingeniería de cimentaciones son áreas fundamentales en el diseño y la construcción de estructuras seguras y duraderas en entornos urbanos. La habilitación urbana de terrenos implica una serie de desafíos técnicos y consideraciones específicas relacionadas con la estabilidad del suelo, las cargas estructurales y la infraestructura circundante. En este contexto, el presente trabajo de tesis se enfoca en el estudio de la mecánica de suelos y cimentación con el objetivo de proporcionar una base sólida para la habilitación urbana de un terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.

En las áreas urbanas en constante crecimiento, la disponibilidad de terrenos adecuados para el desarrollo urbano es limitada, lo que lleva a la necesidad de rehabilitar y desarrollar terrenos previamente no utilizados. La habilitación urbana implica la preparación del terreno para la construcción de infraestructuras tales como edificaciones. Este proceso requiere una comprensión profunda de las características del suelo y su capacidad para soportar las cargas impuestas por las estructuras construidas.

El objetivo principal de la investigación es realizar un estudio exhaustivo de la mecánica de suelos y cimentación con fines de habilitación urbana terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.

Los resultados de este estudio proporcionan una base sólida para el diseño de cimentaciones seguras y eficientes en el terreno objeto de estudio. Además, se espera que los hallazgos contribuyan al conocimiento en el campo de la mecánica de suelos y cimentación, y puedan ser aplicados en futuros proyectos de habilitación urbana en áreas similares.

La presente investigación se organiza en varios capítulos, que abarcan desde la revisión teórica de los conceptos fundamentales de la mecánica de suelos y cimentación,

hasta la presentación y discusión de los resultados obtenidos en el estudio específico del terreno. Cada capítulo se enfoca en aspectos específicos del proceso de habilitación urbana, con el fin de proporcionar una visión integral y detallada del tema.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	3
1.2.3. Delimitación teórica	3
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
------------------------------------	---

2.1.1.	Antecedentes internacionales	6
2.1.2.	Antecedentes nacionales	8
2.2.	Bases teóricas – científicas	13
2.2.1.	Teoría de la mecánica de suelos	13
2.2.2.	Teoría de cimentaciones	17
2.2.3.	Caracterización estratigráfica del suelo	18
2.2.4.	Dinámica de suelos	19
2.3.	Definición de términos básicos	20
2.4.	Formulación de hipótesis	21
2.4.1.	Hipótesis general	21
2.4.2.	Hipótesis específicas	21
2.5.	Identificación de variables	21
2.5.1.	Variable independiente	22
2.5.2.	Variable dependiente	22
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	23
3.2.	Nivel de Investigación	23
3.3.	Métodos de investigación.....	24
3.4.	Diseño de investigación	24
3.5.	Población y muestra	25
3.5.1.	Población	25
3.5.2.	Muestra	25
3.6.	Técnicas e instrumento recolección de datos	25

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	26
3.8. Tratamiento estadístico	26
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	27

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	28
4.1.1. Fase de Campo	28
4.1.2. Fase de Laboratorio	29
4.1.3. Fase de Gabinete.....	29
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	30
4.2.1. Ubicación y descripción del área en estudio	30
4.2.2. Características geológicas y de sismicidad.....	31
4.2.3. Perfiles estratigráficos del terreno	55
4.2.4. Capacidad portante admisible de las cimentaciones	70
4.3. Prueba de hipótesis.....	91
4.3.1. Prueba de hipótesis específicas	91
4.3.2. Prueba de hipótesis general	92
4.4. Discusión de resultados.....	92

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Perfil del suelo</i>	15
Figura 2 <i>Plano de ubicación de la zona de estudio</i>	30
Figura 3 <i>Condición climática de la zona de estudio</i>	31
Figura 4 <i>Plano geología de la ciudad de Puno</i>	36
Figura 5 <i>Plano de zonas sísmicas del Perú</i>	38
Figura 7 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 1</i>	44
Figura 8 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 3</i>	45
Figura 9 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 6</i>	46
Figura 10 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 8</i>	47
Figura 11 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 8</i>	48
Figura 12 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 15</i>	49
Figura 13 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 17</i>	50
Figura 14 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 20</i>	51
Figura 15 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 25</i>	52
Figura 16 <i>Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 27</i>	53
Figura 17 <i>Curva de compactación y CBR de la calicata 7</i>	54
Figura 18 <i>Plano de ubicación de las calicatas</i>	55
Figura 19 <i>Cálculo de la capacidad de carga por corte Método de Vesic de la calicata 8</i>	73
Figura 20 <i>Corte de la zapata</i>	74
Figura 21 <i>Diseño de pavimento flexible Terreno Zagarra Etapa 4 hasta la Etapa 13</i> ..	80
Figura 22 <i>Diseño de las veredas</i>	82
Figura 23 <i>Norma tecnica peruana de capacidad portante</i>	83
Figura 24 <i>Diseño pavimento flexible</i>	90

Figura 25 <i>Diseño pavimento rígido</i>	91
------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	22
Tabla 2	<i>Análisis químicos de suelos de la calicata 4 muestra 1</i>	41
Tabla 3	<i>Análisis químico de aguas calicata 1 muestra 1</i>	42
Tabla 4	<i>Propiedades del suelo M-1calicata 18</i>	42
Tabla 5	<i>Propiedades del suelo de la M-1 muestra disturbada de la C-18</i>	43
Tabla 6	<i>Ensayos CBR de la subrasante calicata 7</i>	75
Tabla 7	<i>Requisitos de las características de pavimentos</i>	82
Tabla 8	<i>Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos</i>	84
Tabla 9	<i>Requerimientos granulométricos para base granular</i>	84
Tabla 10	<i>Requerimientos de agregado grueso</i>	86
Tabla 11	<i>Requerimientos agregado fino</i>	86
Tabla 12	<i>Requisitos mínimos de granulometría</i>	87
Tabla 13	<i>Gradación de las mezclas según tipo</i>	88
Tabla 14	<i>Tolerancias en las mezclas</i>	89

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Generalmente, la mayoría de proyectos ingenieriles que incluye espacios para construir casas, edificios, urbanizaciones u otras estructuras, interesa el tipo de suelos donde se tiene que asentar dichas estructuras. La problemática de mecánica de suelos engloba la variabilidad en la composición del suelo que puede dificultar la selección de tipo de cimentación adecuado, porque puede darse el caso que exista suelos expansivos, arcillosos o con alto contenido de agua que pueden requerir cimentaciones especiales. De igual importancia son los efectos de la geología, si hay presencia de fallas geológicas o terrenos inestables pueden crear desafíos adicionales a la cimentación. Por consiguiente, muchas infraestructuras fracasan por no tomar en cuenta los estudios de suelos y esto puede tener graves consecuencias, como el colapso de estructuras, hundimientos, fisuras, deslizamientos erosión de suelos entre otros.

En el Perú, existen diferentes proyectos construidos por personas que desconocen el tipo de suelo, sin asesoría técnica que son necesarios para asegurar

que una construcción resista cualquier eventualidad, ya sea un sismo o inundación. Por esta razón, la existencia de diseños de cimentación incorrectas, producto de la omisión de las normativas de construcción contemporáneas, genera fenómenos de asentamiento diferencial en las estructuras. La carga propia de la edificación induce estos hundimientos, que en situaciones críticas pueden culminar en el colapso estructural, comprometiendo la seguridad de los ocupantes. Por tanto, la falta de ensayos de suelos puede hacer que se construya estructuras en suelos que no son adecuados para soportar el peso de las mismas, lo que puede generar graves problemas estructurales.

La necesidad de realizar un estudio de mecánica de suelos con fines de saneamiento en el proyecto terreno Zegarra es para dar solución al problema de agrietamiento y hundimiento de las cimentaciones ocurridas en construcciones aledañas, también nos permitirá conocer las características físicas y mecánicas del suelo para el servicio de agua potable, alcantarillado y cámaras de bombeo para determinar el comportamiento de las cimentaciones en su interacción con el suelo y que finalmente garantizará la seguridad de las viviendas y de sus habitantes evitando muchos riesgos tales como colapsos, fisuras entre otras.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La delimitación espacial de la investigación abarca el área del proyecto que se ubica en el terreno Zegarra etapa 4 hasta la etapa 13 en el distrito de Juliaca, provincia de San Román en el departamento de Puno, la coordenada de ubicación es Norte 8282279.00; Este 378412.00.

1.2.2. Delimitación temporal

La delimitación temporal de la investigación analizó la información y los datos comprendidos entre setiembre del 2022 hasta setiembre del 2023.

1.2.3. Delimitación teórica

Los límites teóricos del análisis del problema de investigación considera la teoría mecánica de suelos y cimentaciones.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo realizar un estudio de mecánica de suelos más adecuada, que permita diseñar una cimentación segura y eficiente para la habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno, 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características mecánicas del suelo y de sismicidad que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno, 2023?
- b) ¿Cómo determinar los perfiles estratigráficos del terreno que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno, 2023?
- c) ¿Cómo determinar la capacidad portante admisible de las cimentaciones con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno, 2023?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar un estudio de mecánica de suelos que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características mecánicas del suelo y sismicidad que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.
- b) Determinar los perfiles estratigráficos del terreno que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.
- c) Determinar la capacidad portante admisible de las cimentaciones con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito Juliaca de la Región Puno.

1.5. Justificación de la investigación

El presente estudio se justifica debido a que es de gran necesidad evitar el hundimiento y fisuramientos de las cimentaciones que pudieran presentarse en el proceso constructivo en la habilitación urbana del terreno Zegarra y demás proyectos en construcción, cabe resaltar que en la construcción de viviendas en nuestro país se obvian los estudios de suelos para conocer su propiedades físicas, los cuales conllevan a múltiples consecuencias como pueden ser los colapsos, fisuramientos y construir en lugares no apropiados, motivo el cual es muy importante que todo proyecto de urbanización realice estudios previos

correspondientes a suelos, determinando sus propiedades, los cuales nos brindarán información sobre las capacidad de soportar cargas, para lo cual se realizarán una serie de ensayos obligatorios en todo tipo de edificación, con los cuales se avalará un proceso constructivo correcto garantizando la seguridad de los propietarios.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación que se realizará en el terreno Zegarra, por su ubicación en la región de Puno ha sido un tanto dificultoso encontrar laboratorios especializados en mecánica de suelos, cercanos a la ciudad, por lo que se tuvo que llevar la data a la ciudad de Lima.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

La tesis de pregrado de Niño (2015), "Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el km 4+180 de la vía Puente Reyes-Gameza", Colombia, tuvo como objetivo diseñar las obras necesarias para la estabilización de dicho sector, considerando el tipo de proceso y las propiedades geotécnicas del subsuelo. La metodología empleada consistió en realizar actividades como la recopilación de la información, reconocimiento del campo, exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio y análisis de información. El objeto de estudio correspondió al sector inestable localizado en el K4+180 de la vía Puente Reyes-Gámeza (Boyacá). La problemática de inestabilidad identificada en este tramo vial demanda la implementación de intervenciones ingenieriles para la estabilización del sector y la optimización de la transitabilidad. La muestra estuvo constituida de 3 sondeos eléctricos verticales (SEV), y de dos perforaciones mecánicas de 6.00 metros de profundidad. Los resultados muestran que la

geología del sector incumbe a un depósito cuaternario coluvio-aluvial, compuesto por arcillas limosas grisáceas pertenecientes a la formación Guaduas; el análisis del material de la masa deslizada muestra la presencia de arcillas limosas de color café grisáceo. Se concluye que el suelo pertenece a un depósito cuaternario conformado por una mezcla de fragmentos con partículas laminares, formando una secuencia cohesiva de suelos fino granulares del tipo arcillas limosas cafés – grisáceas. Este material se caracteriza por baja plasticidad, una consistencia que se incrementa con la profundidad, clasificándose como ML según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Su compresibilidad se considera entre moderada y media.

Baque (2017), en su tesis de pregrado titulada "Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa" (Ecuador), efectuó una investigación con el fin de examinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo relevantes para la cimentación de edificaciones de baja categoría en el sector By Pass – John F. Kennedy de Jipijapa. Para realizar la investigación, se utilizaron métodos tanto de campo como de laboratorio. El trabajo de campo consistió en la ejecución de 6 perforaciones de 6 metros de profundidad, utilizando el ensayo de penetración estándar (SPT) conforme a la norma NTE – INEN – 689, lo que permitió la obtención de 36 muestras alteradas. En el laboratorio, se realizaron ensayos de humedad natural (NTE – INEN – 690), límite líquido (NTE – INEN – 691), límite plástico (NTE – INEN – 692), granulometría por lavado (NTE – INEN – 696) y clasificación de suelos según las normas ASTM y AASHTO, siguiendo las especificaciones del NEC - SE – DS 2015. El análisis de los datos de campo, incluyendo el número de golpes corregido del SPT, y de las muestras alteradas,

permitió determinar propiedades mecánicas como la capacidad portante (entre 0,56 y 11,09 Kg/cm²), el ángulo de fricción interna (entre 27,77 y 39,31°) y la resistencia al corte no drenado (entre 0,13 y 2,60 kg/cm²). La clasificación de suelos según ASTM arrojó los resultados MH (limos de alta plasticidad) y CH (arcillas de alta plasticidad), mientras que la clasificación AASHTO resultó en los grupos A-7-5 (con valores entre 32 y 70) y A-7-6 (con valores entre 27 y 72), ambos correspondientes a suelos arcillosos. Finalmente, se concluyó que los suelos del sector no son colapsables ni susceptibles a la licuación, y que el perfil de suelos sísmico corresponde al tipo D.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Scipión (2022), en su tesis de pregrado "Elaboración de estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos para determinar el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario", empleó una investigación no experimental de tipo descriptiva para identificar y clasificar los suelos arcillosos expansivos de alta plasticidad en la Institución Educativa 003 Nuestra Señora del Rosario del distrito de San Martín de Porres, con el fin de determinar el tipo de cimentación requerida. La población lo constituyó los suelos del distrito de San Martín de Porres en la I.E. Nuestra Señora del Rosario y la muestra estuvo representado por un total de 4 calicatas, en el cual se ejecutaron calicatas a cielo abierto, del cual se tomaron muestras para ser ensayadas en el laboratorio para determinar los parámetros geotécnicos del suelo utilizando el método de Bureau of Reclamation (Holtz y Gibbs): Este método correlaciona el contenido de partículas menores de 1 micra, con el índice de plasticidad y el límite de contracción. La determinación del porcentaje de cambio volumétrico se realizó mediante ensayos de consolidación, aplicando una presión de 0.07 kg/cm² y sometiendo las muestras

a saturación partiendo de un estado de secado al aire. Los resultados obtenidos identificaron la presencia de suelos clasificados como CL (arcillas con arena) y ML (arenas limosas), caracterizados por una participación despreciable de grava y un aporte cohesivo derivado de la presencia de arena. En función de estas características, se concluye la viabilidad de implementar diversas soluciones de cimentación, tales como zapatas aisladas, conectadas o combinadas, así como cimientos corridos para la construcción de cercos perimétricos o edificaciones. Para el caso específico de muros de contención, se propone el empleo de zapatas rectangulares corridas.

Según Baquerizo (2015), documentó en su tesis de pregrado titulada "Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco", se centró en la realización de un estudio geotécnico del suelo con el propósito de determinar las condiciones físicas mínimas que deben ser consideradas en el diseño de las cimentaciones de las estructuras proyectadas en el complejo. La metodología empleada consistió en realizar La metodología de trabajo empleado, para el desarrollo del estudio fue llevada a cabo en cuatro fases: (1) Recolección y Análisis de Datos Existentes; (2) Inspección de Campo; (3) Ensayos de Laboratorio; y (4) Trabajo de Gabinete. La población estuvo constituida por terrenos aledaños de la Laguna Piura y ubicada en el departamento de Cusco. Como resultado se obtuvo el cálculo de capacidad portante en suelos asumiendo que la falla es localizada por punzonamiento, por lo que los parámetros de resistencia al corte han sido reducidos.

Olarte (2019), en su investigación titulada "Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga para cimentaciones a emplearse en los

talleres productivos del E.P. Cuzco – Varones", cuyo objetivo principal fue realizar un estudio de mecánica de suelos para verificar la capacidad de carga de las cimentaciones de los talleres del establecimiento penitenciario Cusco – Varones, obtuvo el título profesional de ingeniero civil. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Se desarrolló una prospección a cielo abierto hasta una profundidad de 3.00 metros, determinándose la siguiente estratigrafía: de 0.00 a 1.20 metros, "relleno común", y de 1.20 a 3.00 metros, Grava limosa con arena (GM). La ejecución del ensayo de Penetración dinámica ligera (DPL) a 3.00 metros dio como resultado el rechazo del ensayo a una profundidad de 3.90 metros, atribuido a una mayor concentración de gravas. En consecuencia, se propuso un sistema de cimentación constituido por zapatas cuadradas conectadas mediante vigas de conexión continuas, con una profundidad de desplante de 2.00 metros, obteniéndose una capacidad admisible del suelo de 1.29 kg/cm^2 .

Laura (2016), en su tesis de pregrado titulada "Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la bahía de Puno, para cimentaciones superficiales", se orientó en el cálculo de la carga máxima admisible del suelo, buscando prevenir problemas de rotura o deformación que pudieran afectar la estructura proyectada. Mediante ensayos de laboratorio, se caracterizó el suelo lacustre como blando, arcilloso y con presencia de materia orgánica, presentando un ángulo de fricción de 4.1° y una cohesión de 0.27 kg/cm^2 . El autor comparó la carga última obtenida mediante los métodos de Terzagui, Meyerhof, Hansen y Vesic para zapatas cuadradas de 1m y 1.5m con una profundidad de desplante (D_f) de 1.0m, obteniendo valores de 26.69 ton/m^2 y 25.8 ton/m^2 , respectivamente. La

conclusión principal fue que las edificaciones con zapatas de 1m x 1m pueden soportar un piso, mientras que aquellas con zapatas de 1.50m x 1.50m pueden soportar dos pisos.

Pajuelo, A. (2018) presentó la investigación de pregrado "Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón, distrito de Ancón", enfocada en un área de 8,065.13 m² donde se proyecta un mercado de 4 niveles. El estudio evaluó la influencia del análisis geotécnico para proponer el tipo de cimentación. Se realizaron seis calicatas a cielo abierto con profundidades entre 3.60 y 4.00 metros, identificando un suelo de arena mal graduada (SP) con una capacidad portante de 216.26 KN/m² (2.21 kg/cm²). Se analizaron cinco alternativas de cimentaciones con zapatas cuadradas de diferentes dimensiones (Z1=1.0m, Df1=1.5m; Z2=1.5m, Df2=1.5m; Z3=2m, Df3=1.5m; Z4=2.50m, Df4=2m; Z5=3m, Df5=2.5m), calculando la capacidad de carga admisible mediante los métodos de Meyerhof, Vesic, Hansen y Terzaghi. Finalmente, se seleccionó una losa de cimentación con una profundidad de desplante de 1.5 metros, la cual fue modelada en el programa SAFE 2014 para verificar que cumpla con los asentamientos permisibles.

Teniente, A. (2016) publicó la investigación titulada "Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta" (Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura), se enfocó en la determinación de la capacidad admisible del suelo estudiado. Para ello, se realizó un estudio de suelos previo con el fin de conocer los parámetros necesarios para el diseño de cimentaciones superficiales. Los resultados de los ensayos permitieron obtener

un indicador del comportamiento del suelo bajo carga, lo que a su vez facilitó la determinación del valor de la capacidad admisible y la elección del factor de seguridad por parte del calculista, según las características específicas del suelo.

Cruz (2016), en su tesis de maestría en Ingeniería Civil ("Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona Nor – Oeste de la Ciudad de Juliaca"), se planteó determinar las causas de los daños estructurales y deterioros en las cimentaciones de las viviendas de la urbanización residencial Villa Médica en Juliaca. El análisis concluyó que las construcciones en la urbanización Villa Médica se emplazaron sobre terrenos con características propias de humedales, condición geotécnica desfavorable para la cimentación de estructuras. Los suelos naturales presentan una baja capacidad portante, y los rellenos utilizados no cumplen con los parámetros mecánicos requeridos, lo que explica la presencia de daños estructurales. El sistema de cimentación implementado, consistente en zapatas aisladas de 1.00 x 1.00 metros con cuatro barras de acero de ½" por columna, presenta una capacidad de carga admisible entre 0.12 kg/cm² y 0.48 kg/cm², valores que resultan insuficientes. Se verificó la necesidad de implementar un sistema de cimentación más robusto, como zapatas combinadas y/o conectadas, según lo establecido en los planos y la inspección in situ. Los ensayos de laboratorio realizados a los rellenos revelaron la ausencia de diámetro efectivo (D₁₀), imposibilitando la determinación de los coeficientes de curvatura (C_c) y uniformidad (C_u). El índice de plasticidad (I_p) supera el 9.24%, clasificando los suelos como SC, CH y CL, además de presentar bajos niveles de compactación.

Alarcón, A. (2013). El estudio titulado "Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación en la Av. Costanera II etapa – Puno" (Universidad Alas

Peruanas), se enfocó en la realización de un estudio geotécnico para determinar el tipo de cimentación adecuado. Como resultado, se identificó una estratigrafía compuesta por una intercalación de suelos arcillosos de consistencia blanda y suelos areno-limosos de compacidad.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010). Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. La presente norma tiene por objeto establecer los criterios y procedimientos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) destinados al diseño de cimentaciones de edificaciones y otras obras de ingeniería contempladas en su alcance. Los EMS se llevarán a cabo con la finalidad de garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras, así como de promover la optimización en el aprovechamiento de los recursos. El ámbito de aplicación de la norma se extiende a todo el territorio nacional, con la salvedad de que no contempla los efectos de fenómenos de geodinámica externa ni se aplica en zonas que presenten ruinas arqueológicas, galerías u oquedades subterráneas, ya sean de origen natural o antrópico. En tales situaciones, se requerirá la realización de estudios complementarios orientados a la caracterización y solución de las problemáticas específicas.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Teoría de la mecánica de suelos

De acuerdo con Terzaghi (1996), la mecánica de suelos se define como la disciplina que aplica los principios de la mecánica y la hidráulica a los problemas ingenieriles que involucran sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración mecánica o química de las rocas, independientemente de la presencia de componentes orgánicos. El campo de estudio de la mecánica de suelos comprende: (a) el desarrollo de modelos teóricos

que describen el comportamiento de los suelos ante la acción de cargas, basados en simplificaciones inherentes al estado actual del conocimiento; (b) la caracterización de las propiedades físicas de los suelos mediante ensayos de laboratorio; y (c) la aplicación del conocimiento teórico y empírico a la solución de problemas prácticos de ingeniería geotécnica. Los ensayos de laboratorio constituyen una práctica fundamental en la mecánica de suelos. A diferencia de materiales como el acero y el concreto, los suelos exhiben una mayor complejidad debido a su inherente variabilidad y a la naturaleza incontrolable de los procesos geológicos que los originan. El adecuado tratamiento de las muestras de suelo (tanto inalteradas como alteradas) reviste gran importancia. La mecánica de suelos ha desarrollado sistemas de clasificación basados en criterios como el color, el olor, la textura, la granulometría y la plasticidad. El muestreo y la clasificación de los suelos se constituyen como prerequisites indispensables para la correcta aplicación de los principios de la mecánica de suelos en los problemas de diseño geotécnico.


Origen formación y constitución del suelo

Se considera imprescindible que el profesional de la geotecnia posea un conocimiento exhaustivo del contexto geológico del suelo, incluyendo sus características climatológicas y agrológicas. La ausencia de esta comprensión integral puede generar un alto grado de incertidumbre en su labor, lo cual podría redundar en la pérdida de oportunidades al desconocer las propiedades inherentes del material y, fundamentalmente, en la introducción de elementos de riesgo en el diseño, como consecuencia de la omisión de circunstancias intrínsecas y ambientales de carácter fundamental.

Generalidades del suelo

Se especifica como suelo a los sedimentos no consolidados compuestos por partículas sólidas, ocasionados por la alteración de las rocas y transportados por agentes como el agua, el hielo o el viento, con la influencia de la gravedad como fuerza direccional selectiva. Estos sedimentos pueden contener materia orgánica. El suelo se caracteriza por ser un cuerpo natural heterogéneo. La mecánica de suelos, por su parte, es la aplicación de los principios de la mecánica a los problemas geotécnicos. Esta disciplina estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural, con el objetivo de que las deformaciones y la resistencia del suelo garanticen la seguridad, la durabilidad y la estabilidad de las estructuras construidas sobre él. La estructura del suelo puede presentarse de forma natural, como la de un talud o un canal en tierra (suelo "in situ"), o de forma artificial, cuando el suelo se utiliza como material de construcción, como en el caso de un terraplén o un relleno.

Figura 1 Perfil del suelo

MECÁNICA DE SUELOS		VI	Suelo con humus	Fábrica textural heredada. Zona de
		V	Suelo sin humus	lixiviación susceptible a la erosión.
MECÁNICA DE GRANOS GRUESOS		IV	Completamente descompuesto	Fábrica textural y estructural. Zona de
		III	Altamente descompuesto	acumulación. Inicia el control estructural.
MECÁNICA DE ROCAS		II	Parcialmente descompuesto	Fábrica estructural heredada.
		I	Roca sana	Falla planar, en cuña o por caída.

Fuente: Tomado de *Gonzalo Duque E. y Carlos E. Escobar (2016)*

Exploración del suelo

La exploración geotécnica del suelo constituye el proceso mediante el cual se identifican las distintas estratigrafías presentes en el subsuelo,

específicamente bajo la ubicación proyectada para una estructura. Dicho proceso se lleva a cabo a través de la ejecución de exploraciones de campo, la obtención de muestras representativas y la realización de ensayos de laboratorio, con el objetivo principal de predecir el comportamiento geotécnico del suelo ante las solicitaciones inducidas por la estructura. La relevancia de la exploración del suelo radica en que los datos obtenidos a partir de los estudios realizados proporcionan indicadores fundamentales sobre la estabilidad del terreno y condicionan decisiones de diseño y construcción orientadas a garantizar la seguridad y la calidad del proyecto. Es importante destacar que numerosas patologías estructurales tienen su origen en una caracterización geotécnica deficiente. La información resultante del estudio de suelos proporciona una base sólida para las actividades del ingeniero, tales como: (Das, 2015)

- Selección de la cimentación adecuada
- Determinar la profundidad de la roca base
- Determinar el espesor y ubicación de los estratos del suelo
- Evaluación de capacidad de carga de la cimentación
- Estimación del asentamiento en el suelo
- Ubicación del nivel freático

Existen diversas técnicas de investigación del suelo, incluyendo métodos de sondeo y muestreo, cuya selección depende de las características del suelo en cuestión. Tras una primera caracterización general, se puede proceder a una exploración más exhaustiva o bien evaluar la compacidad mediante ensayos de penetración que no implican la extracción de muestras.

2.2.2. Teoría de cimentaciones

La ingeniería de cimentaciones constituye una rama especializada de la ingeniería civil que se ocupa del análisis de las propiedades geotécnicas del suelo con el propósito de aplicarlas al diseño de los sistemas de cimentación de diversas tipologías estructurales, tales como puentes, edificios, presas, entre otras. Los sistemas de cimentación son los elementos estructurales encargados de transferir las cargas provenientes de la superestructura al terreno subyacente, garantizando la estabilidad del conjunto y resistiendo los esfuerzos de flexión inducidos en el terreno, la presión hidrostática ejercida por el agua contenida en el suelo y los desplazamientos laterales del mismo. Se define a la cimentación como una parte fundamental de la estructura, generalmente ubicada bajo la superficie del terreno, a través de la cual se transmite al suelo tanto su propio peso como las cargas que recibe de la superestructura, confiriendo estabilidad al sistema. Una función esencial de la cimentación consiste en resistir las cargas verticales y mantener la estabilidad de la estructura frente a acciones horizontales, tales como las generadas por el viento y los eventos sísmicos, preservando su integridad estructural. La interacción suelo-estructura se encuentra condicionada por la naturaleza del suelo, la geometría y las dimensiones de la cimentación, así como por la flexibilidad de la estructura.

La estabilidad de una estructura depende en gran medida del diseño de su cimentación, el cual debe prevenir problemas como grietas y colapsos. Un diseño adecuado exige una exploración exhaustiva del suelo, incluyendo la toma y análisis de muestras (alteradas o inalteradas) para determinar parámetros clave. Los estudios de Coulomb, Terzaghi, Casagrande y Skempton han sentado las bases de este campo. El ingeniero debe clasificar y estudiar los diversos tipos de

suelo mediante ensayos de laboratorio, ya que el comportamiento de la cimentación está directamente ligado a las propiedades del suelo, incluyendo su composición estratigráfica, nivel freático y capacidad de resistencia, lo que influirá en la estimación de asentamientos y la definición de las solicitaciones de elementos en contacto con el terreno. (Peck, Hanson, & Thornburn, 2011)

2.2.3. Caracterización estratigráfica del suelo

La caracterización se define como una fase descriptiva cuyo propósito es la identificación de los elementos constitutivos de una experiencia, un hecho o un proceso. Dicha identificación abarca, entre otros aspectos, los componentes que lo integran, la secuencia temporal de los acontecimientos (incluyendo la determinación de hitos relevantes), los actores que participan, los procesos que se desarrollan y el contexto en el que se inscribe. En atención a lo expuesto, se procede a destacar algunos conceptos de importancia:

Estratigrafía

La Estratigrafía constituye la disciplina geológica que se encarga del estudio e interpretación de los estratos, independientemente de su litología, abordando sus relaciones espaciales en el plano vertical y horizontal (mediante la correlación de unidades estratigráficas) y sus relaciones temporales (a través de la datación de las rocas). El objeto de estudio de la estratigrafía comprende el análisis de las rocas estratificadas, con el fin de comprender el orden de deposición y las condiciones ambientales que dieron origen a la formación de los estratos. Asimismo, considera la correlación entre unidades estratigráficas presentes en diferentes localizaciones dentro de una misma cuenca sedimentaria, o entre distintas cuencas, lo que permite obtener un conocimiento exhaustivo de la naturaleza de las rocas, incluyendo su litología, propiedades geoquímicas y

geofísicas, así como su geometría y disposición tridimensional en el subsuelo (Arellano & Vásquez , 2011).

Perfil estratigráfico

El perfil estratigráfico proporciona una visión vertical del subsuelo, mostrando el espesor y la secuencia de los estratos, que son capas de suelo con características propias que las diferencian de las capas contiguas. Esta representación es fundamental para comprender la historia geológica del sitio (Arellano y Vásquez, 2011).

2.2.4. Dinámica de suelos

Alva (2019) define la Dinámica de Suelos como la rama de la ingeniería geotécnica que estudia el comportamiento de los suelos bajo la acción de cargas dinámicas, caracterizadas por su rápida aplicación, como las inducidas por sismos, explosiones, vibraciones de maquinaria o compactación dinámica (como se menciona en los snippets). El análisis de un sistema masa-resorte, considerando la inercia de la masa y las características constitutivas esfuerzo-deformación-tiempo del resorte, incluyendo su respuesta ante cargas cíclicas o repetidas, constituye un modelo conceptual fundamental para comprender el comportamiento dinámico. La idealización de este sistema mediante una masa puntual, un resorte lineal sin masa y un amortiguador lineal simplifica el análisis matemático. La consideración de las relaciones constitutivas esfuerzo-deformación-tiempo es un aspecto común a los problemas de ingeniería geotécnica, tanto estáticos como dinámicos. Sin embargo, los modelos matemáticos empleados difieren, particularmente en la inclusión de términos que representan los efectos de la carga repetida y las fuerzas de inercia en los problemas dinámicos. Si bien el comportamiento esfuerzo-deformación-tiempo

del suelo presenta similitudes cualitativas en ambos casos, existen diferencias cuantitativas. La consideración de las fuerzas de inercia, proporcionales a la aceleración, introduce una diferencia cualitativa fundamental entre la Dinámica de Suelos y la Mecánica de Suelos estática. Por consiguiente, el estudio de la Dinámica de Suelos debe enfatizar el rol de la inercia. En síntesis, la Dinámica de Suelos abarca: (a) la evaluación de las propiedades constitutivas esfuerzo-deformación del suelo bajo solicitaciones dinámicas; (b) el desarrollo de metodologías para calcular o estimar la influencia de las fuerzas de inercia durante la carga dinámica; y (c) la aplicación de estos conocimientos y la experiencia a la resolución de problemas prácticos de ingeniería geotécnica.

2.3. Definición de términos básicos

Asentamiento: hundimiento gradual de una estructura. (Hoyos, 2001)

Capacidad portante: Se refiere a la habilidad del terreno para resistir las cargas impuestas por el tráfico que circula en una vía.

Capacidad de carga: esfuerzo vertical al que puede ser sometida una masa de suelo, por efecto de la construcción de estructuras sobre ella, sin que presenten asentamientos que pongan en peligro la integridad o funcionalidad de dichas estructuras. (Hoyos, 2001)

Calidad de los suelos: Se hace mediante estudios de campo y laboratorio de Mecánica de Suelos.

Calicatas: Consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Cimentación: parte de una estructura que transmite la carga directamente al suelo (Hoyos, 2001)

Suelos: según su acepción en ingeniería geológica, son agregados naturales de granos minerales unidos por fuerzas de contacto normal y tangencial a las superficies de las partículas adyacentes, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua.

Sismicidad: Término que describe la actividad sísmica en una cierta área geográfica.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El estudio de mecánica de suelos permite definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Las características mecánicas del suelo y de sismicidad permiten definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.
- b) Los perfiles estratigráficos del terreno permiten definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno.
- c) La capacidad portante admisible de las cimentaciones con fines de habilitación urbana es viable del proyecto terreno Zegarra en el distrito Juliaca de la Región Puno.

2.5. Identificación de variables

Se identifican las siguientes variables:

2.5.1. Variable independiente

Propiedades físicas y mecánicas del suelo

2.5.2. Variable dependiente

Cimentación

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente: Propiedades físicas y mecánicas del suelo	Son las características que describen el comportamiento del suelo en diferentes situaciones y condiciones, tales como estructura, porosidad, humedad densidad, de la misma manera su resistencia a la compresión y tensión.	Se refiere a las propiedades que se miden y evalúan de manera práctica y específica en un estudio a través de ensayos estandarizados.	Características geológicas y de sismicidad. Perfiles estratigráficos	Clasificación de suelos. Porcentaje de porosidad. Porcentaje de peso en seco. Densidad del suelo kg/m ³ Resistencia al corte Kpa.	Registro de excavaciones. Tabla de ensayos de corte directo. Factores de las zonas sísmicas. Norma Técnica de edificación E-030-Diseño Sismo resistente.
Variable dependiente: Cimentación	La cimentación es el conjunto de elementos estructurales que transmiten las cargas de una edificación o estructura al terreno, asegurando su estabilidad y resistencia. Su objetivo principal es distribuir las cargas de manera uniforme y segura, evitando asentamientos o movimientos excesivos que puedan comprometer la integridad de la estructura. (NT E.050, 2018)	Se realizará el análisis y diseño de la solución de cimentación, incluyendo memorias de cálculo que detallen los parámetros utilizados y los resultados obtenidos.	Capacidad de carga Capacidad admisible	Kg/cm ² Kg/cm ²	Tabla de cálculos de capacidades

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2006) definen la investigación descriptiva y exploratoria como aquella que presenta la información de manera objetiva, mostrando la situación actual del fenómeno estudiado a través del análisis, la interpretación y la evaluación de los datos.

La investigación es de tipo descriptivo porque describe las propiedades de los suelos para luego clasificarlos y finalmente emplearlos en el diseño de la cimentación en obras de construcción.

3.2. Nivel de investigación

Según Hernández Sampieri et al. (2014), el nivel descriptivo y exploratoria, es aquel que busca especificar las propiedades de un fenómeno que sea objeto de estudio. En este nivel, se busca responder a preguntas sobre quiénes, qué, cuándo y dónde, mediante la recolección y presentación de datos que describan las características observables del fenómeno estudiado.

El nivel de investigación se centra en explorar, describir y caracterizar las propiedades del suelo y los desafíos de cimentación específicos del área del proyecto terreno, sin necesariamente proponer soluciones o intervenciones. Las actividades en este nivel podrían incluir la realización de pruebas de campo y laboratorio para determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo, la elaboración de mapas geotécnicos del área de estudio, y la documentación detallada de observaciones en el sitio.

3.3. Métodos de investigación

Se empleará el método de investigación lógico-deductivo porque, se empleará el razonamiento, análisis, asimismo es deductivo porque se encontrará conocimientos que consiste en desarrollar aplicaciones a partir de principios generales que en nuestro caso son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos considerando sus respectivos parámetros.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación descriptiva es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un fenómeno sin influir sobre él de ninguna manera (Shuttleworth, 2009).

Se aplicará un diseño descriptivo no experimental transversal, porque se observará y describirá el comportamiento de un evento sin influir sobre ella de ninguna manera y luego ser analizado y procesado, teniendo en cuenta el siguiente diseño:



Donde:

M₁= número muestras tomadas en que se realiza el estudio

O₁= información relevante

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estará conformada por el área de estudio que comprende el terreno Zegarra desde la etapa 4 hasta la etapa 13 ubicada en el departamento de Puno provincia de San Román en la ciudad de Juliaca que comprende el estudio de mecánica de suelos para el servicio de agua potable, alcantarillado y cámaras de bombeo.

3.5.2. Muestra

La muestra representativa del estudio comprendió la exploración de 30 calicatas a cielo abierto, dispuestas estratégicamente con el objetivo de lograr una cobertura adecuada del área de investigación. La profundidad máxima de excavación alcanzada en las calicatas fue de 3.00 m. Para la obtención de las muestras, se aplicó una técnica de muestreo no probabilístico.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

En la investigación se empleó las siguientes técnicas:

- Revisión documental

Se considerará a la recopilación de información existente tanto geológica, de sismicidad y las propiedades físicas y mecánicas del suelo que posteriormente serán analizadas e interpretadas.

- Observación de campo

Se considerarán las observaciones directas efectuadas en el campo, tales como la geología y la exploración de calicatas describiendo las características del suelo tomadas in situ.

- **Técnica cartográfica**

La representación cartográfica de la superficie a través de mapas geológico-geotécnicos tiene como finalidad la descripción, el análisis y el estudio de los fenómenos que ocurren en ella, buscando generar nuevos conocimientos sobre sus características e interrelaciones espaciales.

- **Técnica del muestreo por calicatas**

Es una técnica que consiste en la exploración del suelo mediante la excavación o perforación a profundidad relativamente baja a media para realizar el muestreo del suelo.

Los instrumentos a utilizar serán:

- Guías de revisión documental
- Guías de observación
- Tabla de descripción de parámetros.
- Mapas geológicos-geotécnicos
- Norma técnica de edificación E-030-diseño sismo resistente
- Registro de excavaciones
- Tabla de cálculos de capacidades

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El flujo de procesamiento de datos seguirá las siguientes etapas: primero, se ordenará, clasificará y registrará la información; luego, se procesará con MS-Excel 2016 para su análisis e interpretación. Finalmente, se utilizarán ArcGIS v.10.5 y AutoCAD para complementar el análisis.

3.8. Tratamiento estadístico

Se aplicaron fórmulas empíricas reconocidas para el tratamiento estadístico de los datos utilizados en el estudio de la mecánica de suelos. Además,

se empleó estadística descriptiva y herramientas informáticas, como la última versión del Excel, para procesar los datos obtenidos en el ensayo de corte directo, conforma a la norma ASTM D 380 (ver pág. 40 – pág.50).

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Se asume un compromiso con la honestidad y la transparencia en el desarrollo de la investigación, garantizando la rectitud en la recolección de datos, el análisis e interpretación de los resultados y la presentación de las conclusiones.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para los trabajos de campo se efectuaron las siguientes etapas:

4.1.1. Fase de Campo

Se identificaron las características generales del área de estudio, como topografía, vegetación, accesibilidad, y uso actual del suelo. De la misma manera se efectuaron trabajos de exploración con el fin de conocer el tipo y características resistentes del sub-suelo, registrando la ubicación y profundidad de cada muestra, así como cualquier observación relevante sobre su apariencia y consistencia.

Las investigaciones de campo estuvieron íntimamente ligados al suelo encontrado. La exploración se realizó mediante 30 calicatas, a cielo abierto ubicadas estratégicamente, lo cual cubre razonablemente el área a investigar.

Las profundidades máximas alcanzadas fueron de 3.00m., en la exploración de calicatas, computados a partir del terreno natural, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar de cada uno de los estratos de suelos encontrados, de las muestras

disturbadas representativas. Finalmente, el nivel freático fue encontrado a profundidades variables evidenciadas en el anexo1 registro de excavaciones pagina 110 de la presente investigación.

4.1.2. Fase de Laboratorio

Las muestras obtenidas en el campo fueron llevadas al laboratorio con el objeto de determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

Se efectuaron los siguientes ensayos estándar de Laboratorio, siguiendo las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norte América. Los ensayos comprenden Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422), Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216), Gravedad Específica de los Sólidos (ASTM D-854), Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico: ASTM-D-424 y Ensayo Proctor Modificado (ASTM-D-698-70) el laboratorio pertenece a la empresa Eddy Scipión Ingenieros E.I.R.L.

4.1.3. Fase de Gabinete

A partir de los resultados en Campo y Laboratorio, se ha elaborado el análisis del perfil estratigráfico, investigación de resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones.

Se incluye además anexos que contienen los resultados obtenidos en Campo y Laboratorio, ábacos y un plano de ubicación de calicatas (ver anexo 3 página 127); así como un panel fotográfico que corroboran la estratigrafía encontrada y los ensayos "in situ" efectuados (ver anexo1 página 96).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Ubicación y descripción del área en estudio

El área en estudio se encuentra ubicada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román y departamento de Puno con una extensión aproximada de 42 hectáreas. Delimitada por los siguientes vértices:

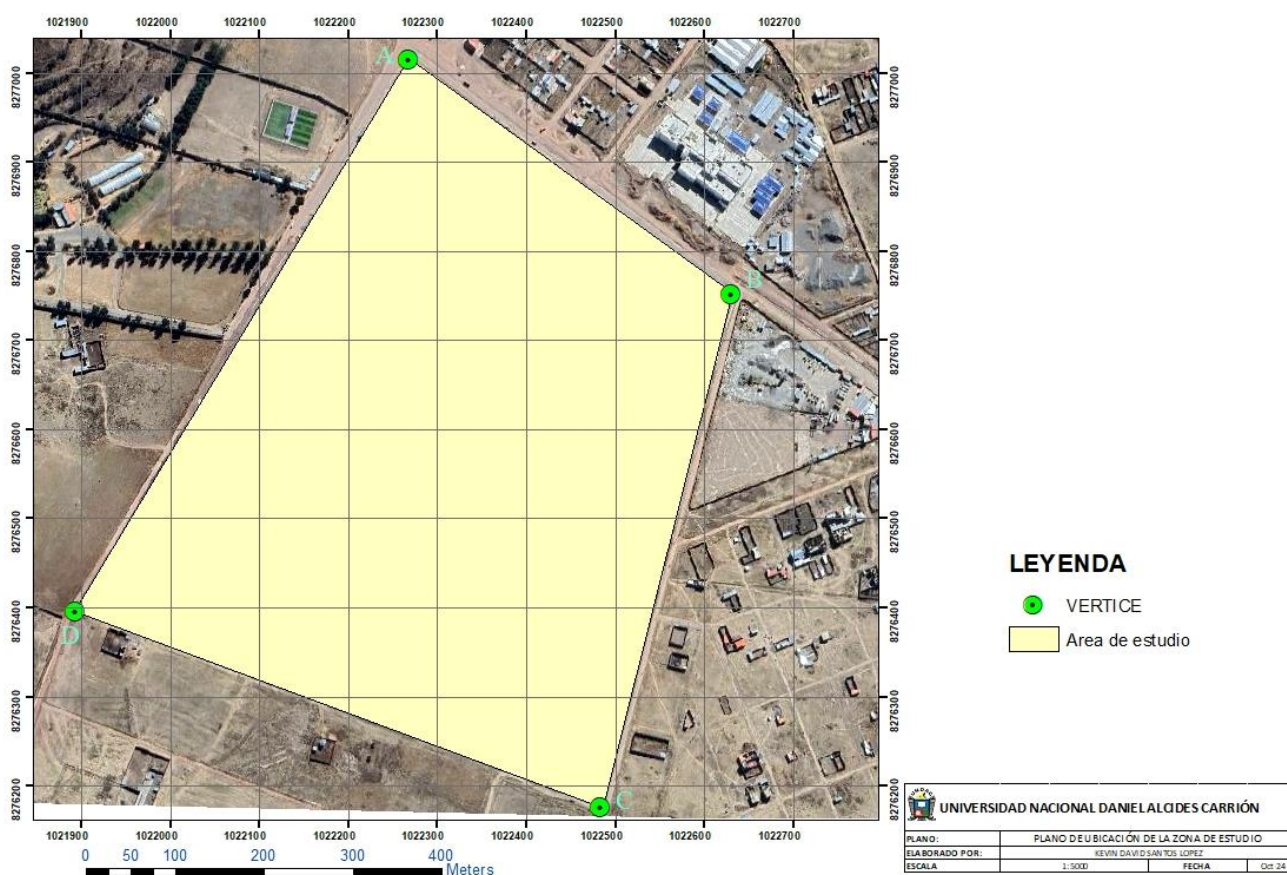
A. N-8277012.811– E - 1022273.941.

B. N-8276750.781– E-1022636.391.

C. N-8276179.649– E-1022484.192.

D. N-8276404.022– E-1021897.372. (Ver figura 2).

Figura 2 Plano de ubicación de la zona de estudio



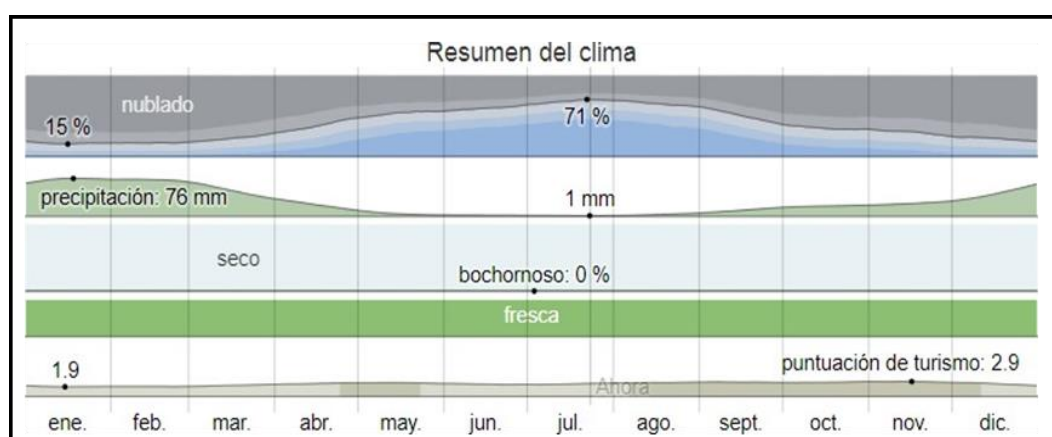
Fuente: elaboración Propia

Condición Climática.

En Juliaca, los veranos son cortos, frescos y nublados; los inviernos son cortos, muy frío y mayormente despejados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -5°C a 18°C y rara vez baja a menos de -6°C o sube a más de 20°C .

En base a la puntuación de turismo, las mejores épocas del año para visitar Juliaca para actividades de tiempo caluroso son desde finales de abril hasta finales de mayo y desde principios de agosto hasta mediados de diciembre.

Figura 3 Condición climática de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia

4.2.2. Características geológicas y de sismicidad

Geología

Las características geológicas de la provincia de San Román se vinculan a la evolución geológica del altiplano, influenciada por eventos tectónicos de tensión y compresión que resultaron en un intenso fallamiento y erosión, con una orientación paralela a la cordillera de los Andes. La región se caracteriza por la presencia de depósitos aluviales del Cuaternario reciente (Qr-al), constituidos principalmente por limo, arena y grava, originados por procesos de intemperismo,

erosión y transporte fluvial. Adicionalmente, en las zonas de mayor altitud, próximas al área del proyecto de agua y desagüe, se identifican materiales pertenecientes al grupo Puno (KTi-gpu), una secuencia sedimentaria del Mioceno (Sistema Terciario) compuesta por areniscas arcósicas, localmente tufáceas, conglomerados de andesitas, lutitas yesíferas y lechos de tufos.

De acuerdo a las cartas geológicas presentado por el INGEMMET, la Ciudad de Juliaca se encuentra ubicado en el cuadrángulo de Juliaca Hoja 31-V (ver figura 4).

Litoestratigrafía

Paleozoico

- a) ***Formación Calapuja. (O-ca).*** Según la descripción de Laubacher, la sección tipo de la Formación Calapuja presenta una composición que incluye lutitas arenosas con numerosas intercalaciones de cuarcitas masivas, blancas y rojizas; areniscas finas y limolitas poco estratificadas y alteradas que contienen nódulos de trilobites; y lutitas grises con delgadas capas de areniscas en la base, además de abundantes concreciones dolomíticas con pelecípodos. Esta formación aflora en el cuadrángulo de Juliaca con una orientación NW, caracterizándose por la presencia de capas de arenitas cuarcíferas en la parte superior de la secuencia, que alcanzan espesores de 50 a 100 metros, con forma de lentes a lo largo del rumbo y una estratificación interna de 1 a 1.5 metros. (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.14)
- b) ***Formación Lampa (D-la).*** “La Formación Lampa se adscribe litológicamente al modelo de la secuencia de Bouma de Walker. Su litología principal consiste en areniscas con estratificación gradada, que se presentan

en estratos con espesores que oscilan entre 12 y 60 cm, caracterizados por bases erosivas y la presencia eventual de estructuras de compactación. La formación exhibe una signatura fotogeológica distintiva, representada por una cobertura vegetal constituida por maleza y arbustos bajos de la especie *Queñua*”. (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.22)

- c) **Grupo Ambo (MA).** “El nombre de Grupo Ambo fue aplicado inicialmente por Newell para designar una secuencia de capas continentales de edad Misisipiana, compuestas esencialmente por areniscas cuarcíticas con intercalaciones de lutitas negras. En la localidad de la Hacienda Tariachi, el Grupo Ambo se manifiesta como una arenisca cuarcífera gruesa que se apoya con una discordancia angular sobre lutitas que se han asignado a la Formación Chagrapi. En ciertos lugares, estas areniscas presentan características guijarrosas, con capas que varían entre 0.50 y 1.50 metros de espesor, y frecuentemente muestran fragmentos de material carbonoso amorfo en la parte superior. Las unidades carbonosas que se encuentran en la parte superior de la secuencia contienen clastos limolíticos desgarrados”. (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.24)
- d) **Grupo Mitu (PM).** Desde el punto de vista litológico, el Grupo Mitu se distingue por la presencia de areniscas arcósicas a subarcósicas con granulometría fina a media. Se observan estructuras de sobrecarga en las unidades de fangolitas infrayacentes. La naturaleza laminada de las areniscas, aunada a la ausencia de un desarrollo conspicuo de estratificación cruzada, indica un ambiente de depositación en una llanura aluvial con condiciones lacustres, que dio origen a la depositación de las fangolitas finamente laminadas. (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.26)

- e) **Grupo Iscay (Pls).** El Grupo Iscay se compone de dos unidades litológicas principales: una secuencia volcánica inferior de lavas de tonalidad pálida y una unidad superior de carácter rojizo, que presenta fina estratificación, intemperiza generando pináculos y sustenta una densa cobertura vegetal. La litología dominante corresponde a arenitas arcósicas líticas con granos angulosos de cuarzo y feldespato en una matriz limolítica, con intercalaciones de brechas volcánicas y arenitas tobáceas. La unidad basal, con un espesor estimado de 50 metros, está cubierta por lavas afaníticas fíricas con plagioclasas alteradas y reemplazadas por calcita. En la región al oeste de Juliaca, cerca de la Hacienda Tariachi, las lavas del Grupo Iscay se apoyan directamente sobre el Grupo Ambo. (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.27)

Mesozoico

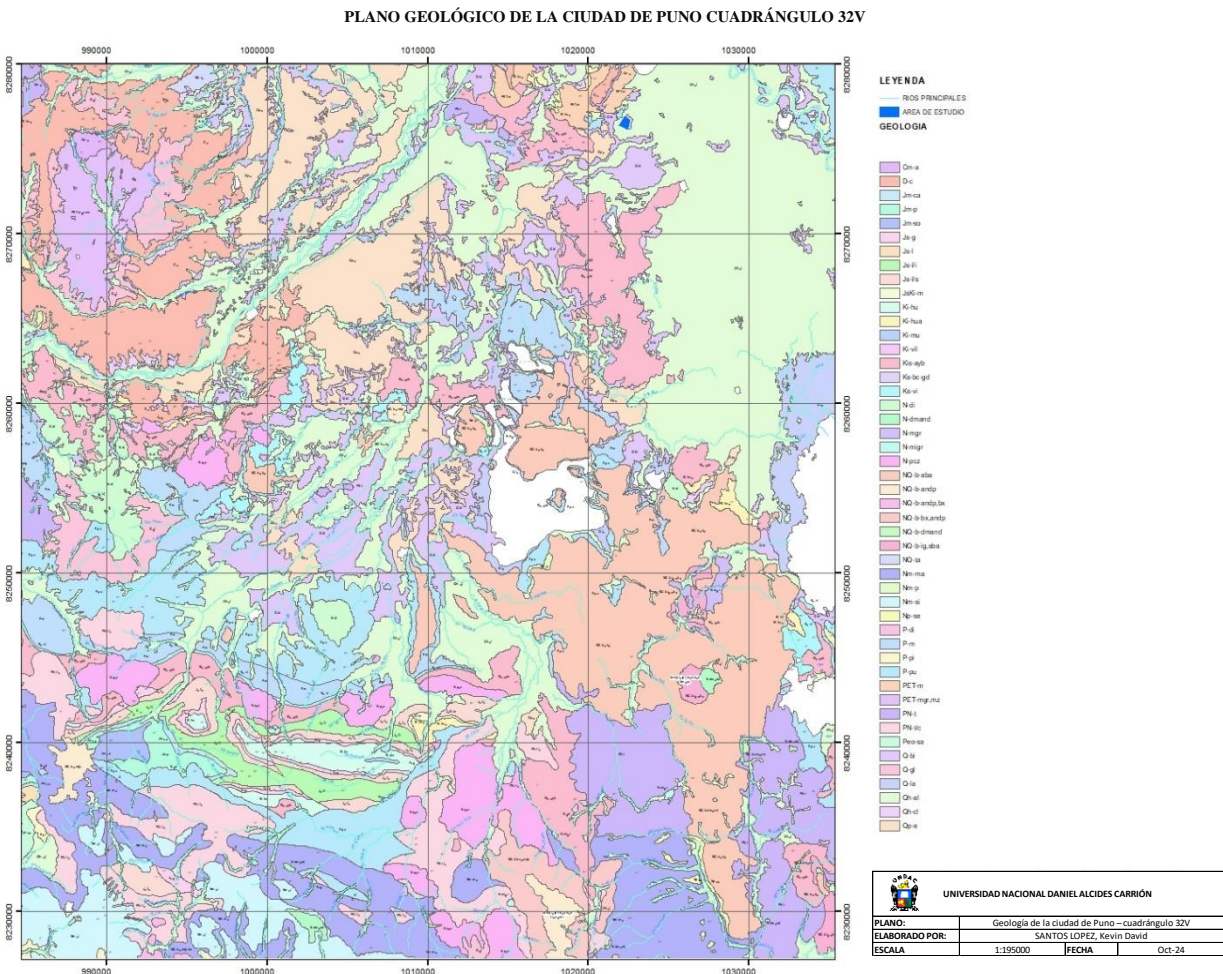
- a) **Formación Ayavacas (K-ay).** La sección tipo de la Formación Ayavacas, según la descripción de Newell, se compone de: lutita limolítica de color rojo con presencia de caliza impura; una caliza muy masiva de tonalidad grisácea, caracterizada por la presencia de numerosos huecos tabulares y una superficie muy áspera debido a la intemperización; caliza de grano fino dispuesta en bloques con estratificación regular y escasos fósiles; lutita limolítica de color rojo-ladrillo; arenisca de grano fino de color rojo-ladrillo oscuro; y finalmente, lutita limolítica de color marrón-rojizo oscuro. En la hacienda Huañon Cora, las unidades de caliza se caracterizan por el predominio de tres litologías principales: caliza finamente laminada, compuesta por cristales euhedrales de dolomita y calcita; caliza lajosa; y

caliza masiva, que contiene pelmicrita con lutitas de tamaño inferior a 0.50 mm.” (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.52)

Cenozoico

- a) ***Grupo Puno (T-pu)***. “El Grupo Puno está constituido por una variedad de litologías, incluyendo areniscas con conglomerados frecuentes, limolitas en menor proporción, calizas y horizontes de tufos. Las areniscas que lo componen son consistentemente feldespáticas, presentando generalmente una coloración que varía entre rosado y marrón rojizo. Se caracterizan por estar bien clasificadas, mostrando una estratificación que puede ser desde masiva hasta bien definida, y exhibiendo una gran variabilidad en el tamaño de grano. Los granos que las componen, principalmente feldespato potásico y plagioclasa, se encuentran parcialmente alterados a sericita o minerales de arcilla. Estas areniscas suelen presentar baja porosidad, debido a que los espacios intergranulares se encuentran ocupados por una matriz de grano fino compuesta por minerales de arcilla, cuarzo secundario, calcita o clorita, además de la presencia común de fragmentos líticos.” (INGEMMET-Proyecto Integrado del Sur, 1993, p.79)
- b) ***Depósitos Aluviales (Q-al)***. Los depósitos en cuestión se originan a partir de la acumulación de materiales sedimentarios en el lecho de ríos y quebradas, mostrando una distribución más destacada a lo largo de los cursos fluviales de mayor envergadura, así como en las quebradas principales. Los depósitos aluviales presentes en la zona de investigación se componen de materiales de una amplia gama de tamaños, que abarcan desde arcillas hasta gravas, presentando un grado de clasificación moderado.

Figura 4 *Plano geología de la ciudad de Puno*



Fuente: Elaboración propia

Geomorfología

Según Gonzales A. (2015) esta unidad morfoestructural, de 65 km de ancho por 127 km de largo y una altitud entre 3825 y más de 4500 m.s.n.m., se ubica entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental. El altiplano en esta región es drenado por los ríos Coata, Suches y Ramis, que atraviesan depósitos erosionados no consolidados del Cuaternario.

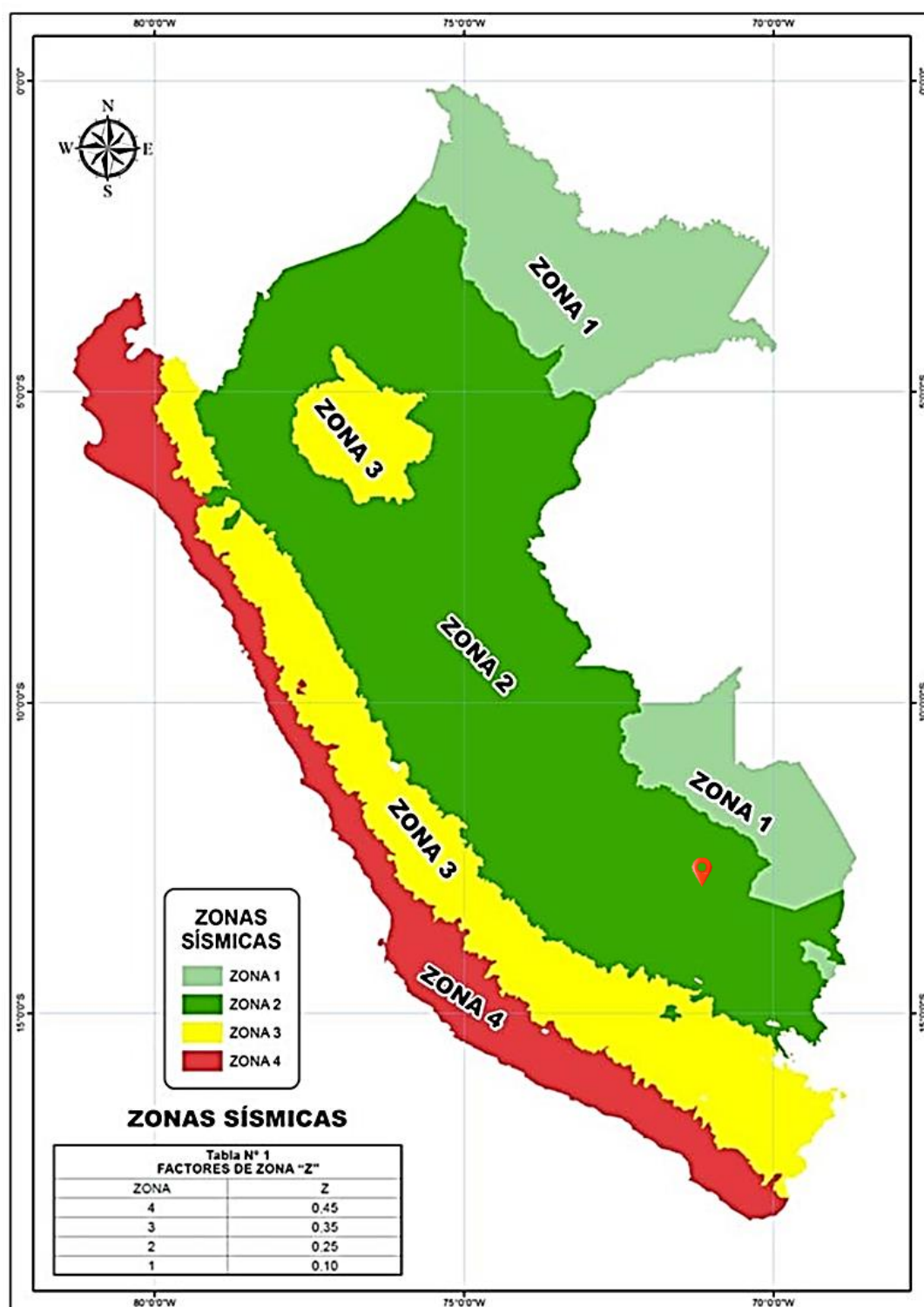
La ubicación de Juliaca en un terreno relativamente plano, sin grandes accidentes geográficos, ha propiciado un crecimiento urbano horizontal en los últimos años. Este crecimiento se ha dado a través de una trama regular de

manzanas que se han ido añadiendo a las ya existentes, sin prever la creación de espacios necesarios para áreas verdes y otros equipamientos esenciales para el desarrollo sostenible de la ciudad. Los datos muestran que el 94.67% del área urbana de Juliaca se localiza en una zona plana conocida como Meseta, mientras que el 3.04% se asienta en los valles formados por los cerros circundantes, y solo el 2.29% se ubica en los propios cerros. La pendiente del terreno, que oscila entre 0% y 5%, limita la capacidad de evacuación natural de las aguas, tanto las provenientes de las precipitaciones como las generadas por la actividad urbana. Esta baja pendiente también dificulta la instalación de sistemas de desagüe en varios sectores de la ciudad. Las características físicas del entorno han determinado que el crecimiento urbano se oriente de noroeste a sureste, teniendo como límites naturales los cerros al oeste y este, y el río Coata al norte, ocupando principalmente la planicie de Huata y los humedales presentes en la zona. Este patrón de crecimiento responde principalmente a criterios económicos, ya que la topografía plana reduce los costos de construcción al no requerir grandes movimientos de tierra para adecuar los terrenos a las edificaciones.

Sismicidad

Debido a su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, una región que concentra la mayor actividad sísmica a nivel mundial, el territorio peruano está expuesto a movimientos telúricos con relativa frecuencia. No obstante, existen diferencias en la actividad sísmica entre las diversas zonas del país, presentando algunas mayor o menor recurrencia de estos fenómenos, así tenemos que las Normas Sismo - resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones, divide al país en cuatro zonas, las cuales se ubican en el siguiente plano:

Figura 5 Plano de zonas sísmicas del Perú



Fuente: Mapa GEO GPS PERU

Parámetros de Diseño Sismo Resistente del proyecto terreno Zagarra

De acuerdo al reglamento nacional de construcciones y a la Norma Técnica de edificación E-030-Diseño Sismo resistente, se deberá tomar los siguientes valores:

(a) Factor de Zona $Z = 0.35$ (*)

(b) Condiciones Geotécnicas

El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S3, que corresponde a un suelo Flexible

(c) Periodo de Vibración del Suelo $T_p = 1.0, T_L = 1.6$

(d) Factor de Suelo $S = 1.20$

(e) Factor de Amplificación Sísmica (C)

Se calculará en base a las siguientes expresiones:

$T < T_p \quad C = 2.5$	$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$	$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p T_L}{T^2} \right)$
-------------------------	------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

Para T = Factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo

(f) Categoría de la Edificación A

(g) Factor de Uso $U = 1.5$

(h) Para cada una de las direcciones horizontales por analizar se utilizará la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} * g$$

Para:

S_a = Espectro de pseudo aceleraciones

Z= Factor de zona

U= Factor de uso

S	=	Factor de amplificación del suelo
C	=	Factor de amplificación sísmica
R	=	Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
G	=	Aceleración de la gravedad

En la zona 3, el factor de zona representa la aceleración horizontal máxima esperada en suelo flexible, con una probabilidad del 10% de ser superada en un período de 50 años.

Resultados de laboratorio de las propiedades físico mecánicas y químicas del suelo del área de estudio

Se presentan los resultados del estudio geotécnico para el proyecto de agua potable, alcantarillado y cámaras de bombeo. Los ensayos de laboratorio se ejecutaron en conformidad con las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) de los Estados Unidos.

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422)

El ensayo en cuestión implica el paso de una muestra de suelo seca a través de un conjunto de mallas con aberturas de tamaño estandarizado. El objetivo es determinar las proporciones relativas de las partículas que componen la muestra, según su tamaño.

Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216)

Este ensayo de laboratorio rutinario mide la cantidad de agua en una muestra de suelo, expresándola en relación al peso seco del suelo.

Gravedad Específica de los Sólidos (ASTM D-854)

El objetivo de este ensayo es la determinación del peso específico de los sólidos que conforman la matriz del suelo.

Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico: ASTM-D-424

Los ensayos descritos tienen como finalidad la cuantificación del efecto de la variación del contenido de humedad en las características de plasticidad de un suelo cohesivo. El análisis se realiza sobre la fracción de la muestra que pasa el tamiz N° 4. La determinación experimental de los límites líquido y plástico permite la obtención del índice de plasticidad. Los resultados obtenidos indican que la totalidad de las muestras de suelo analizadas presentan comportamiento no plástico.

Ensayo Proctor Modificado (ASTM-D-698-70)

Sirve para obtener la relación densidad-humedad, para un esfuerzo de compactación dado sobre un suelo.

El dato que se obtiene es:

- Máxima Densidad Seca
- Óptimo contenido de humedad

Análisis de los resultados de laboratorio

Los resultados de laboratorio se detallan a continuación

Tabla 2 *Análisis químicos de suelos de la calicata 4 muestra 1*

MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	SALES SOLUBLES (ppm)	SULFATOS (ppm)	CLORUROS (ppm)	PH
C - 4/ M -1	0.25-3.00	365.70	37.05	19.36	8.08
SULFATOS Y CLORUTOS	FACTORES PERMISIBLES		ESTADO		
	0 - 0.10		NORMAL		
	0.10 - 0.20		MODERADA		
SALES SOLUBLES		> 0.20	SEVERA		
		5000	NORMAL		
		5000-10000	MODERADA		
		>10000	SEVERA		

Nota. Elaboración propia

Tabla 3 *Análisis químico de aguas calicata 1 muestra 1*

MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	SALES SOLUBLES (mg/L)	SULFATOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	PH
C - 1/ M -1	2.6	809.00	45.15	102.92	7.81
SULFATOS Y CLORUTOS	FACTORES	PERMISIBLES	ESTADO		
		0 - 0.10	NORMAL		
		0.10 - 0.20	MODERADA		
		> 0.20	SEVERA		
SALES SOLUBLES		5000	NORMAL		
		5000-10000	MODERADA		
		>10000	SEVERA		

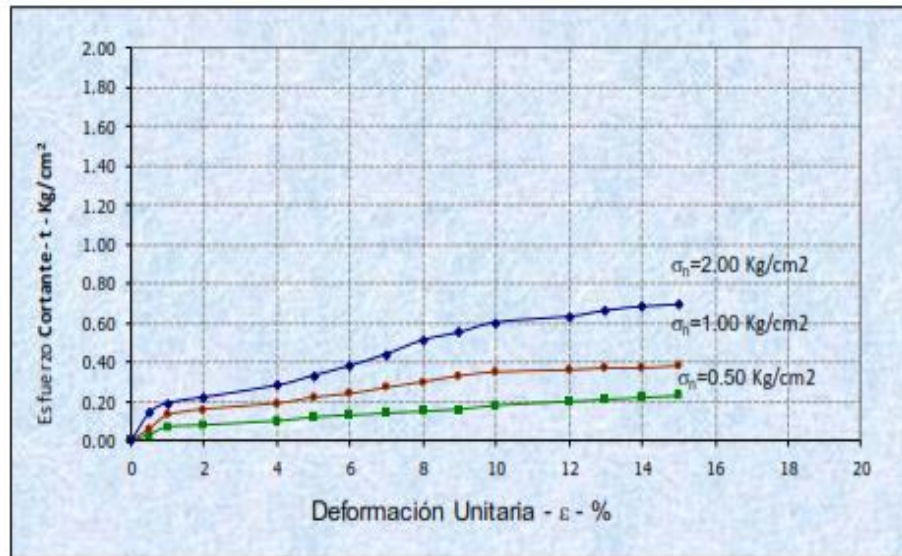
Nota. Elaboración propia

Tabla 4 *Propiedades del suelo M-1calicata 18*

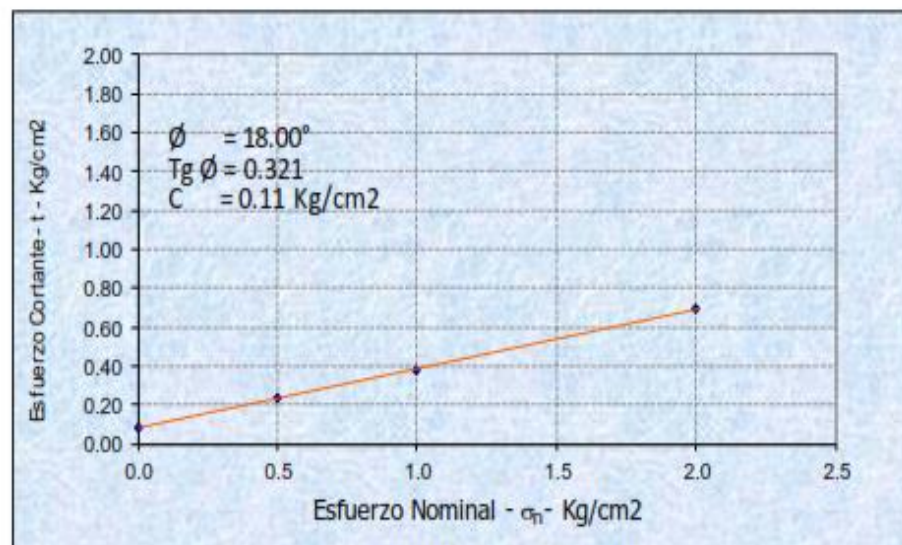
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080				
Espacinen	:	1	2	3
Lado (cm)	:	6.00	6.00	6.00
Altura (cm)	:	2.544	2.544	2.544
Densidad Saca (gr/cm ³)	:	1.501	1.501	1.501
Humedad Inicial (%)	:	20.54	20.54	20.54
Humedad Final (%)	:	26.33	24.87	22.07
Esfuerzo Nomal (Kg/cm ²)	:	0.50	1.00	2.00
Deformación Unitaria (ξ - %)		Esfuerzo Cortante (Kg/cm ²)		
0.5		0.03	0.06	0.14
1.0		0.07	0.13	0.19
2.0		0.08	0.16	0.22
4.0		0.10	0.19	0.28
5.0		0.12	0.22	0.33
6.0		0.13	0.24	0.38
7.0		0.14	0.27	0.44
8.0		0.15	0.30	0.51
9.0		0.16	0.33	0.55
10.0		0.18	0.35	0.60
12.0		0.20	0.36	0.63
13.0		0.21	0.37	0.66
14.0		0.22	0.37	0.68
15.0		0.23	0.38	0.69
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA DEL SUELO		=	18.00°	
COHESIÓN APARENTE DEL SUELO		=	0.11 Kg/cm ²	

Nota. Elaboración propia

Tabla 5 Propiedades del suelo de la M-1 muestra disturbada de la C-18



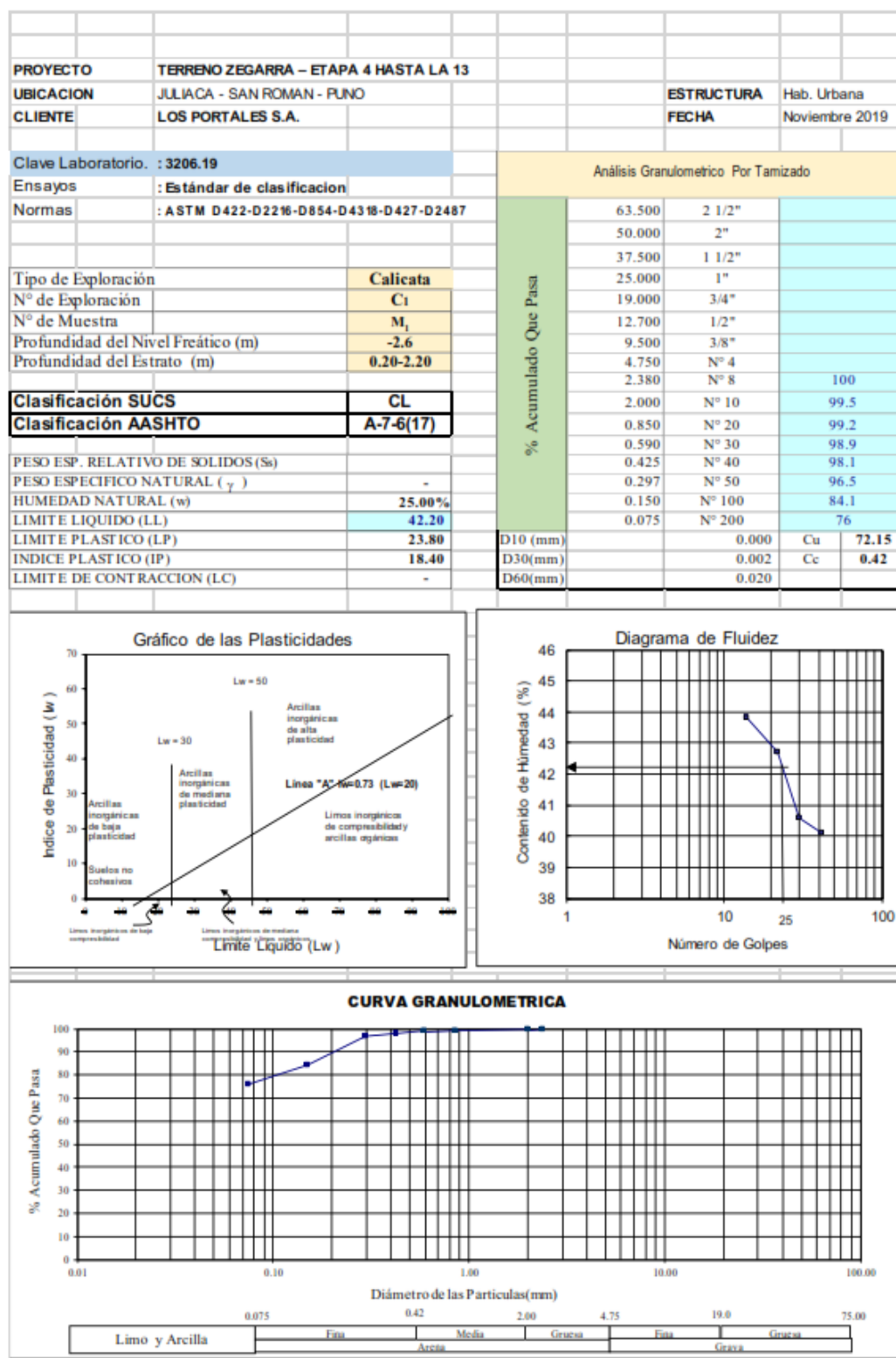
SATURADA	$\sigma_n - \text{Kg/cm}^2$	0.5	1.0	2.0
	$\delta n - \text{Kg/cm}^2$	1.501	1.501	1.501
	W - %	20.5	20.5	20.5
	W _{SAT} - %	26.3	24.9	22.1



VELOCIDAD APLICADA : 1.08 MM/MIN.

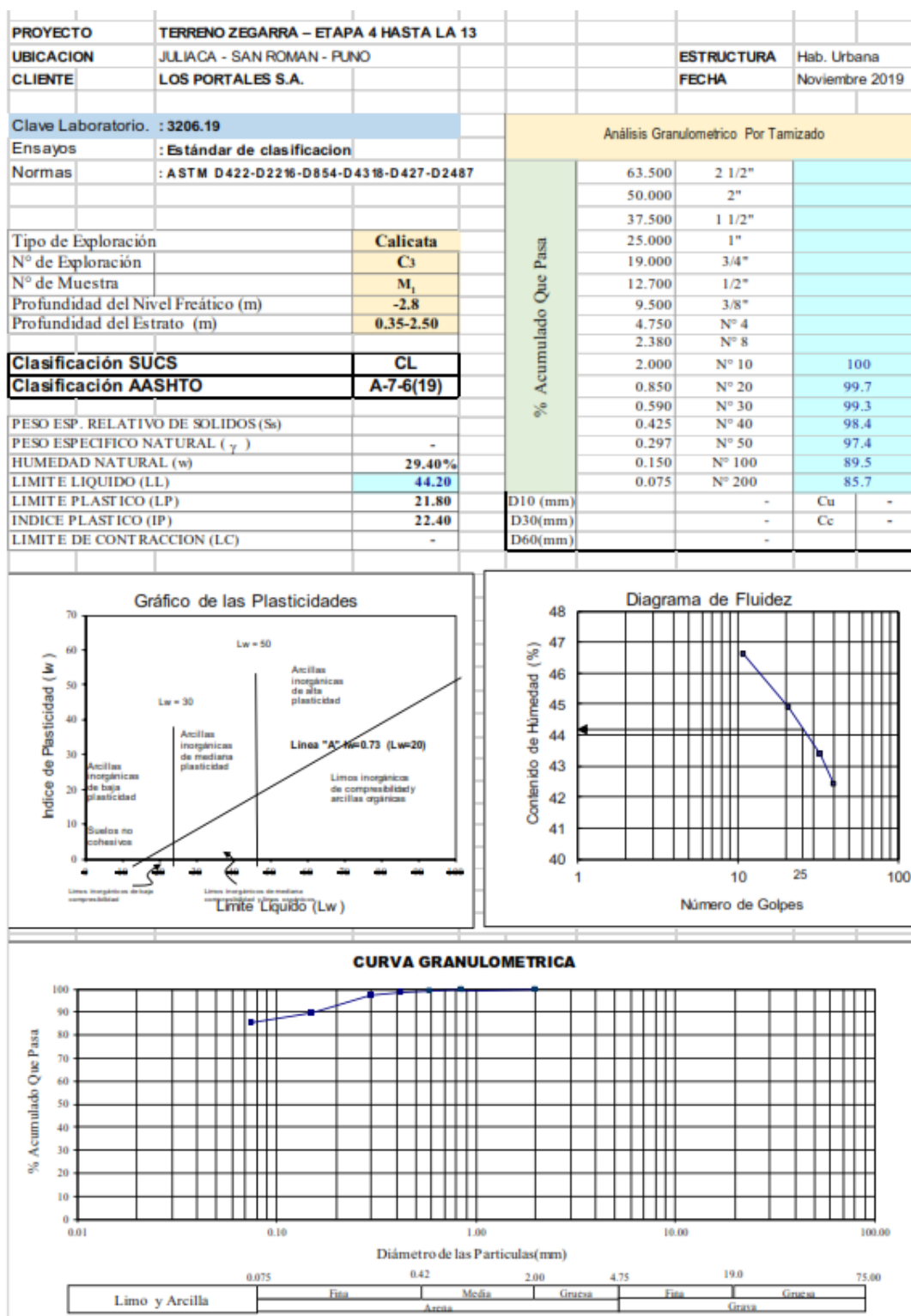
Nota. Elaboración propia

Figura 6 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 1



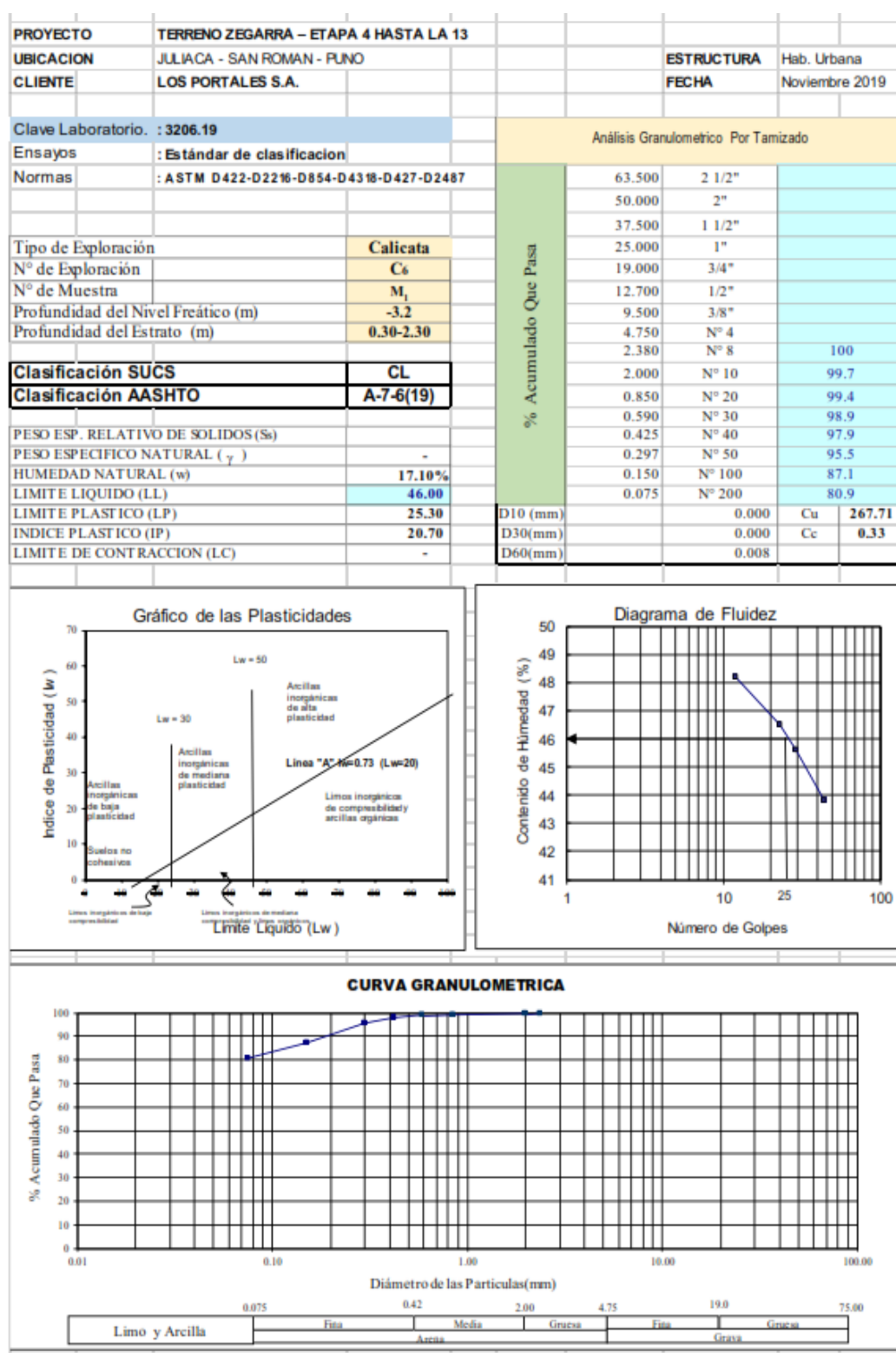
Fuente: elaboración propia

Figura 7 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 3



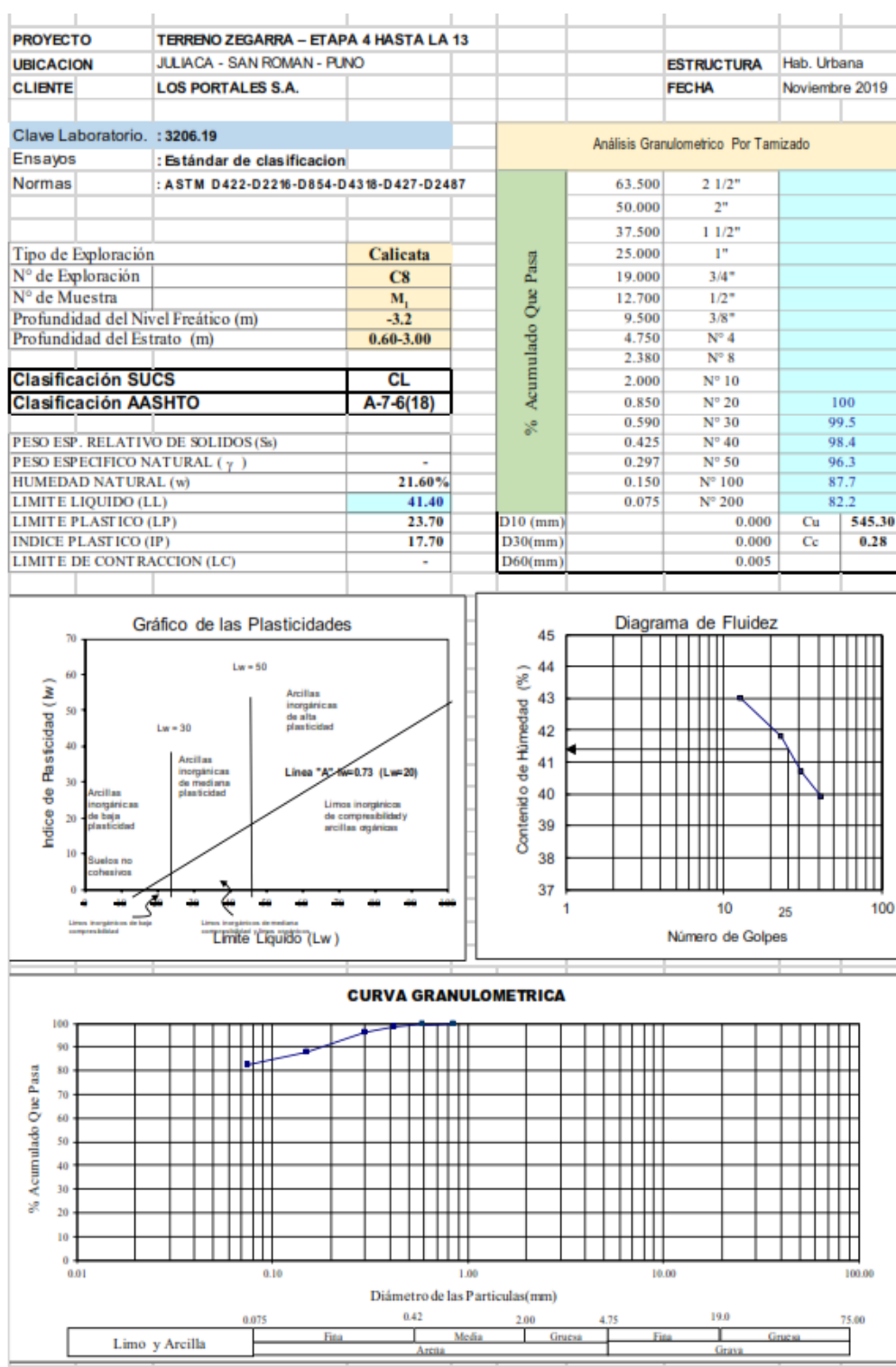
Fuente: elaboración propia

Figura 8 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 6



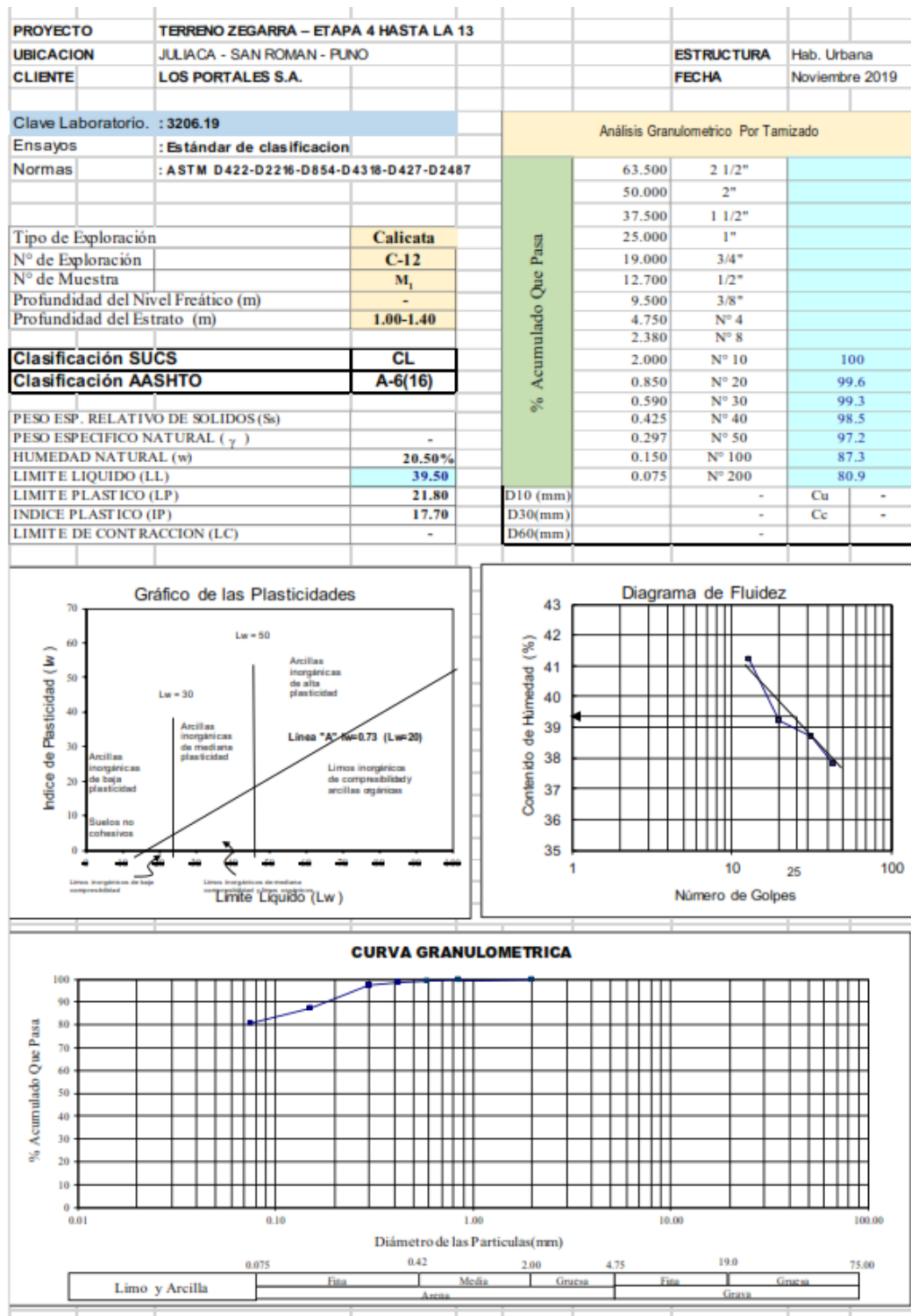
Fuente: elaboración propia

Figura 9 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 8



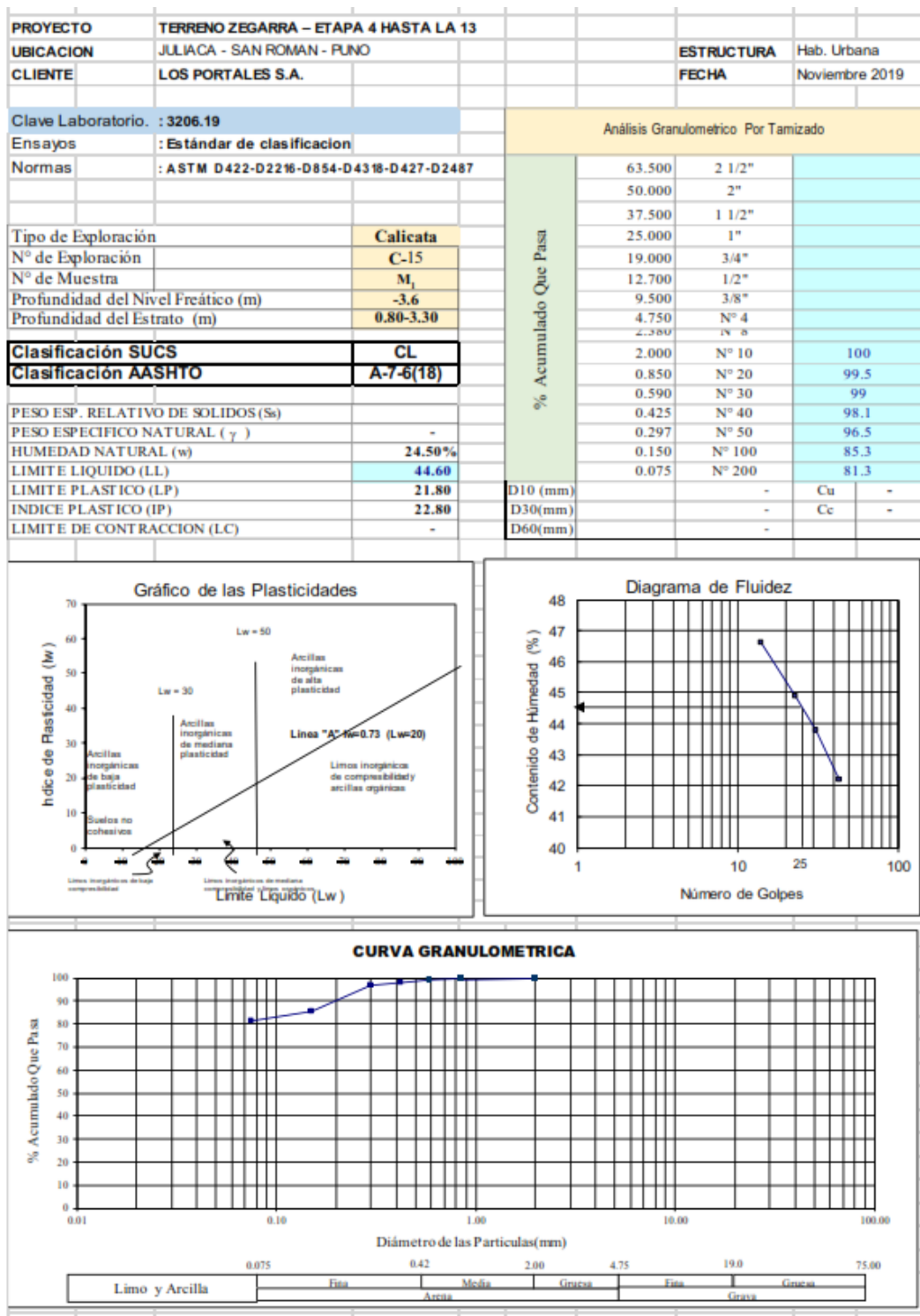
Fuente: elaboración propia

Figura 10 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 8



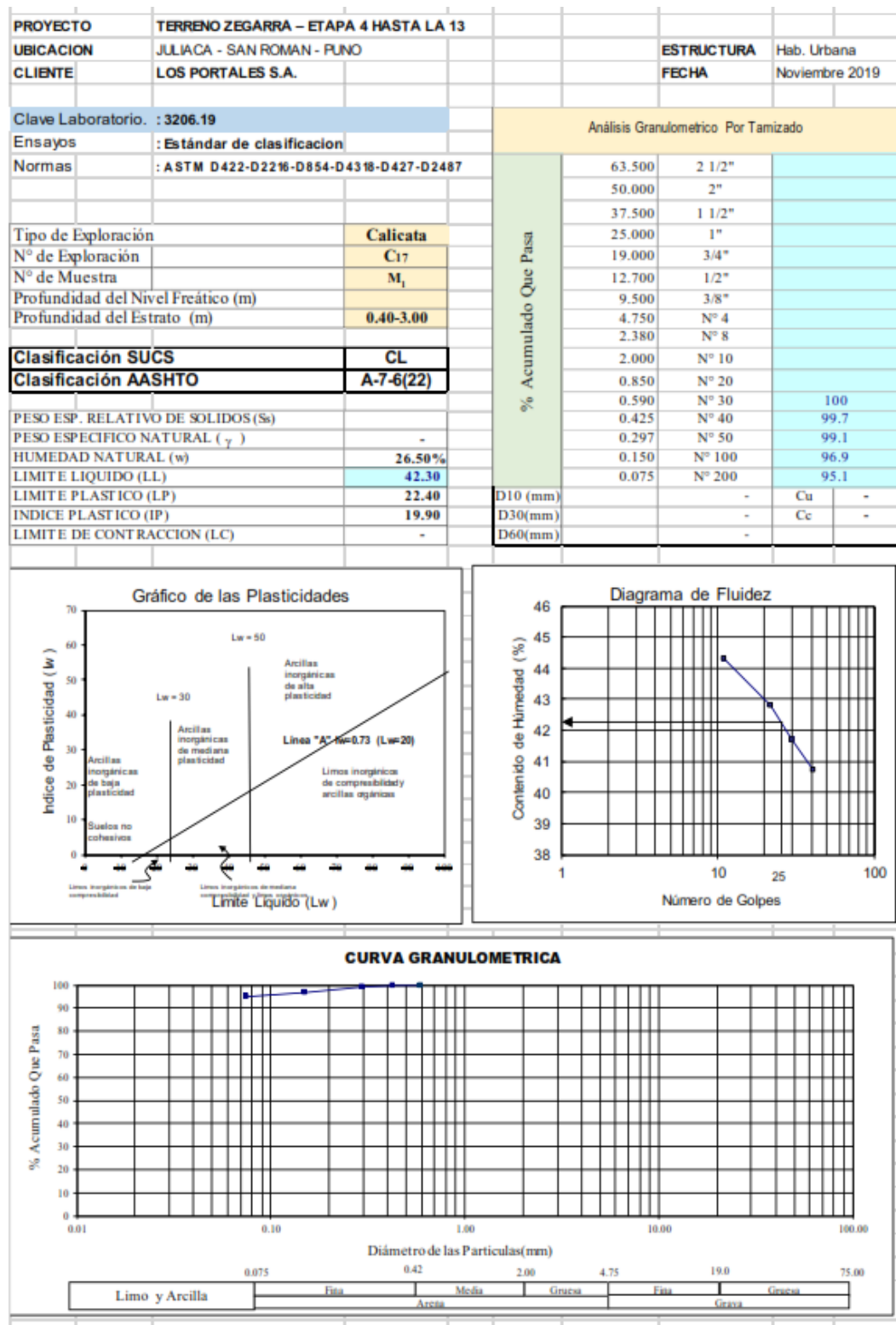
Fuente: elaboración propia

Figura 11 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 15



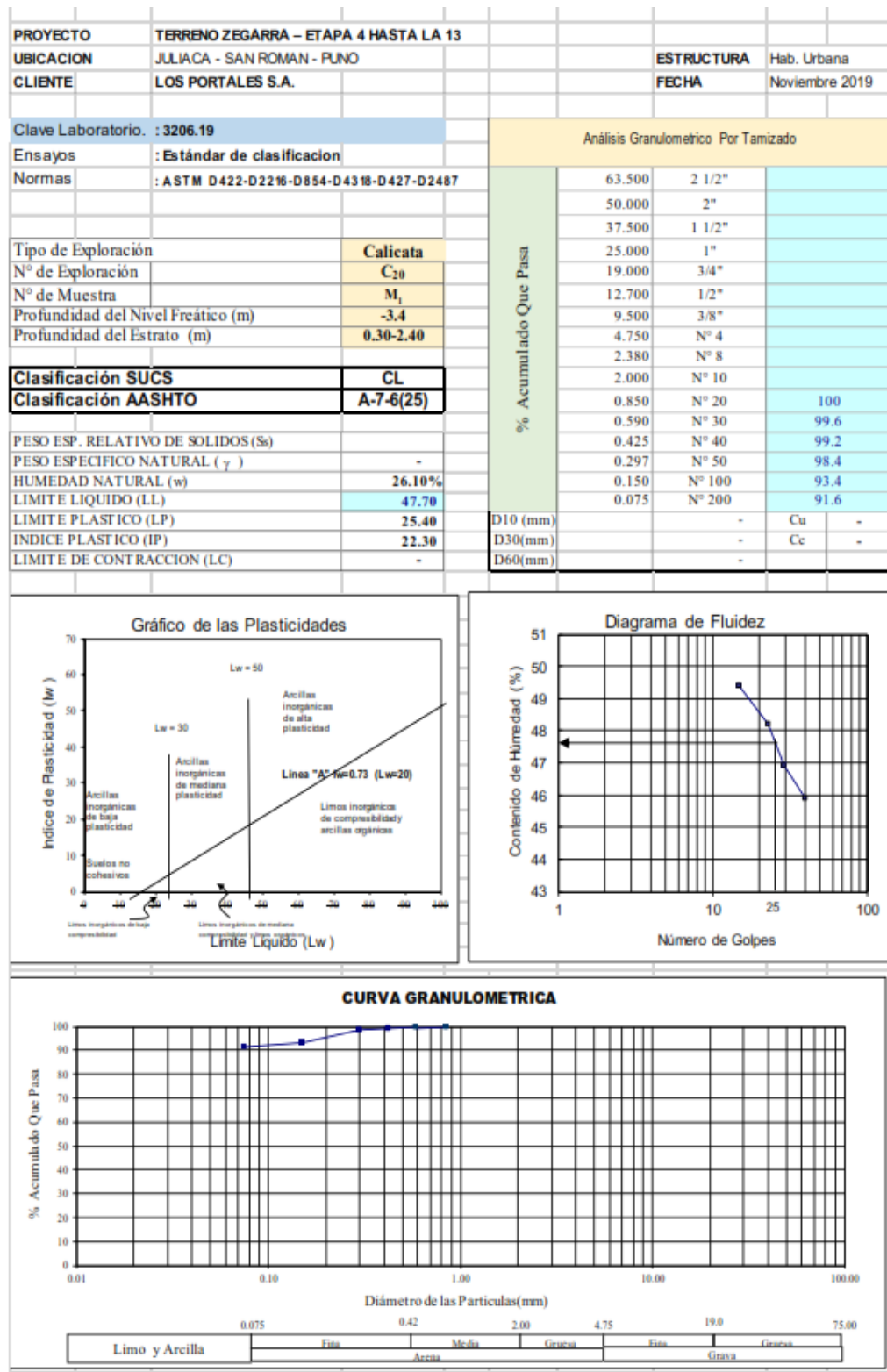
Fuente: elaboración propia

Figura 12 *Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 17*



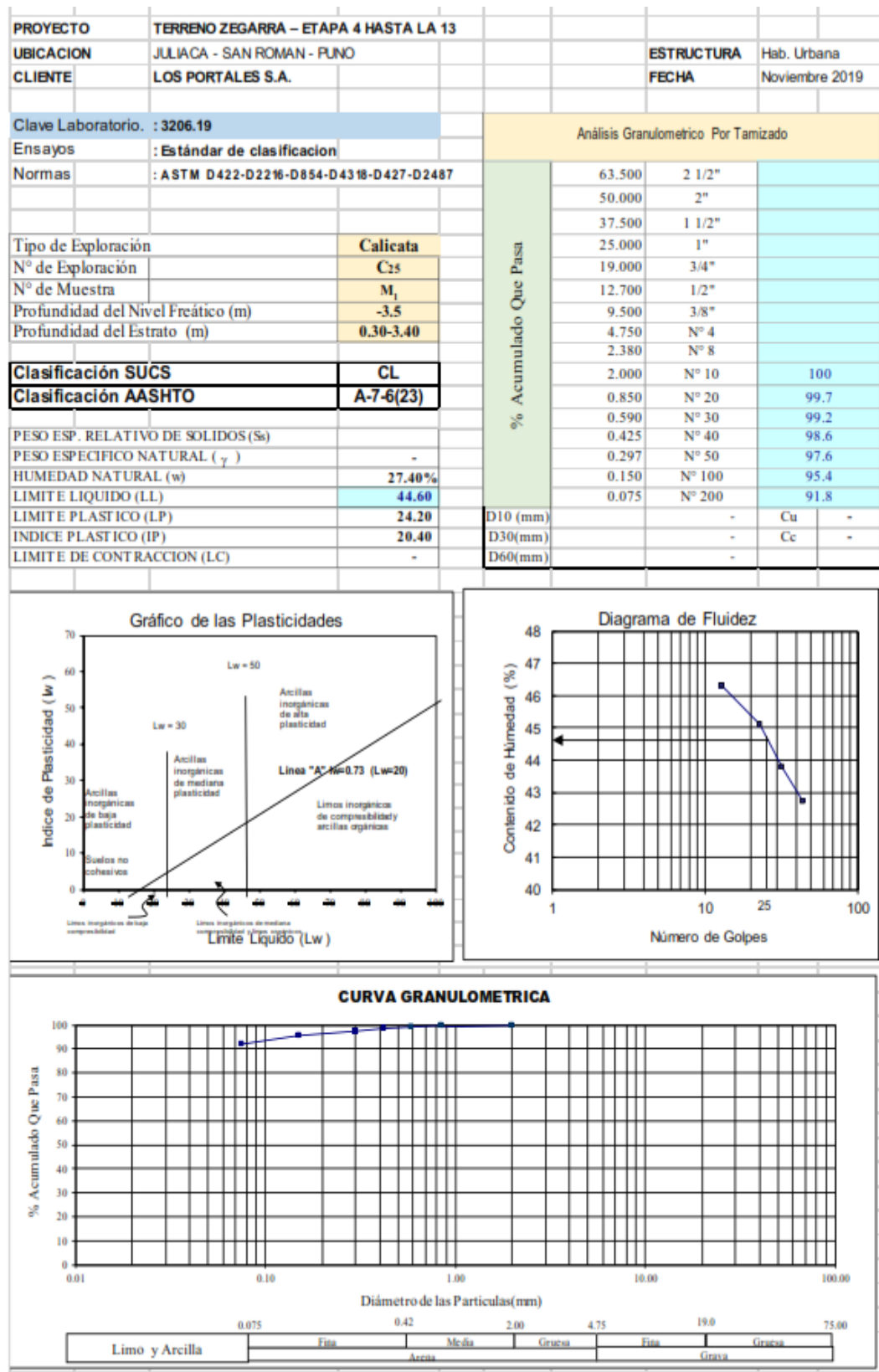
Fuente: elaboración propia

Figura 13 *Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 20*



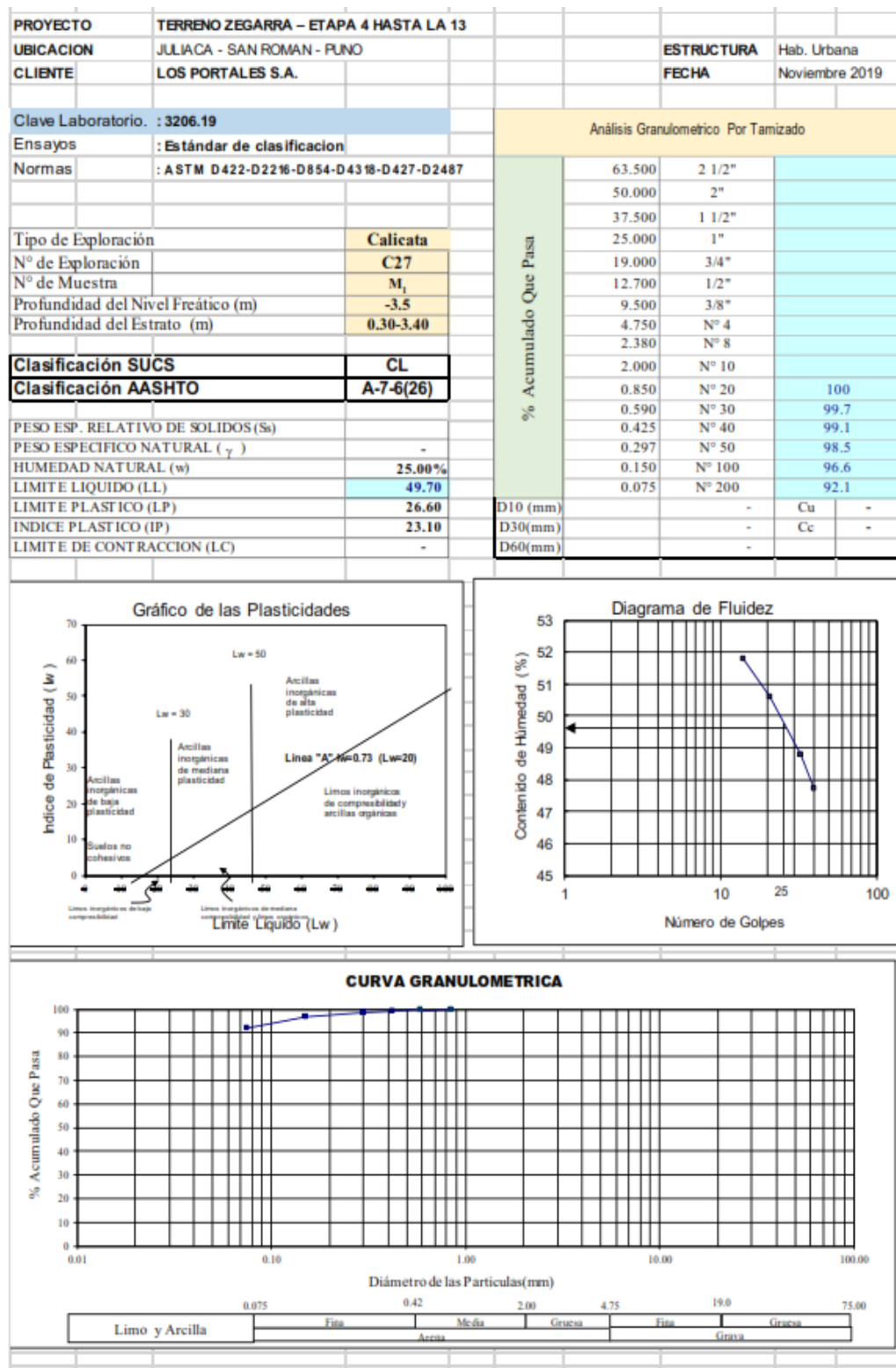
Fuente: elaboración propia

Figura 14 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 25



Fuente: elaboración propia

Figura 15 Propiedades del suelo de la muestra M-1 de la calicata 27



Fuente: elaboración propia

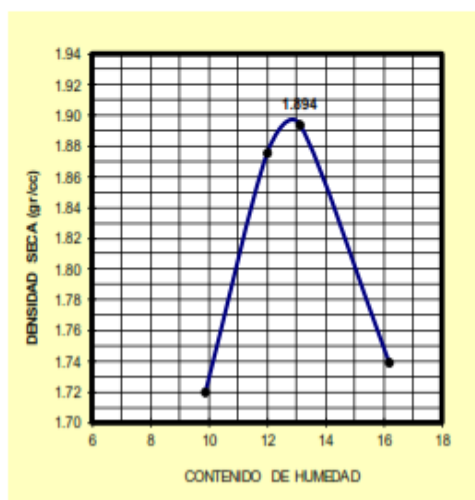
Figura 16 Curva de compactación y CBR de la calicata 7

PROYECTO TERRENO ZEGARRA – ETAPA 4 HASTA LA 13
UBICACION JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
CLIENTE LOS PORTALES S.A.

ESTRUCTURA : Pavimentación
FECHA : Noviembre 2019

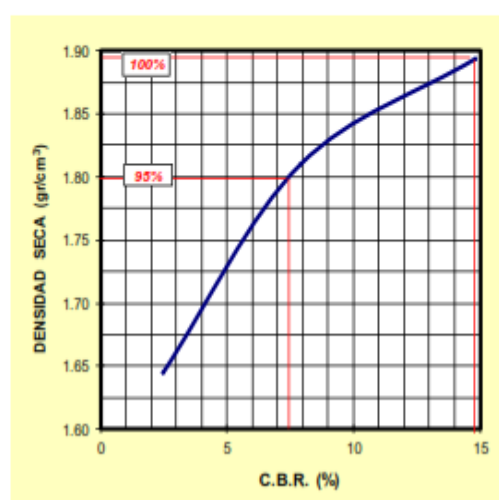
C7 - M-1 ---- Prof. 0.40-2.80m.

PROCTOR



MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)	1.894
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.00%

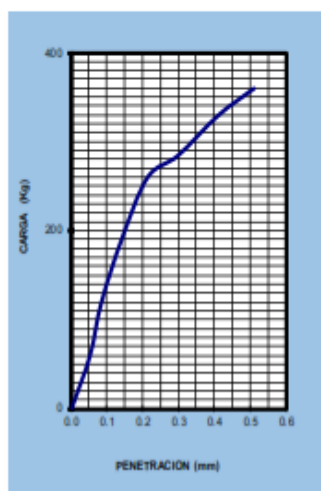
C.B.R



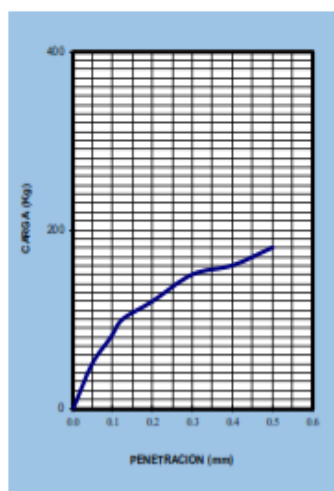
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	14.80
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	7.50

PENETRACION

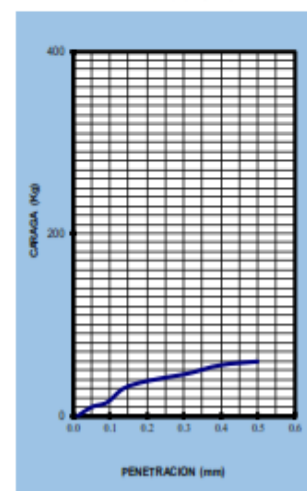
59 GOLPES



26 GOLPES



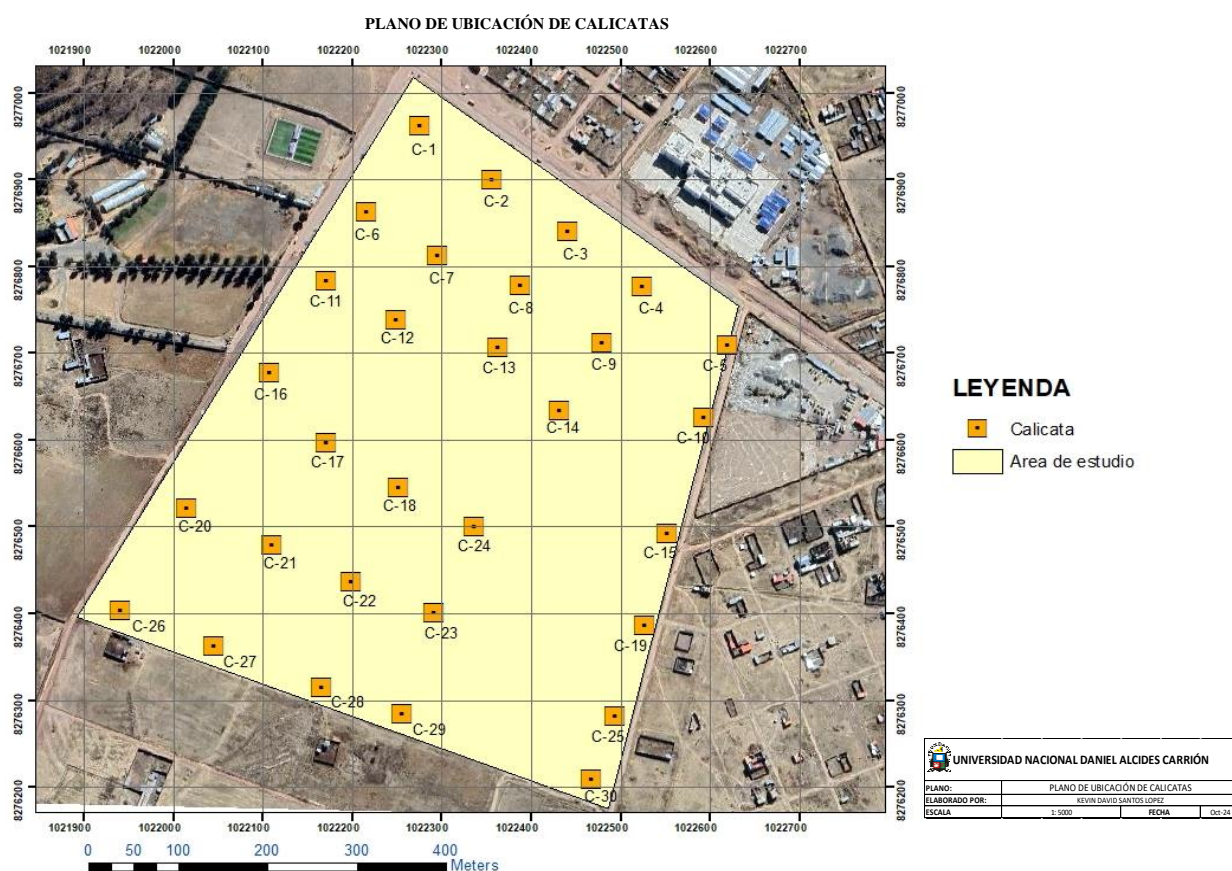
13 GOLPES



Fuente: elaboración propia

4.2.3. Perfiles estratigráficos del terreno

Figura 17 Plano de ubicación de las calicatas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la exploración efectuada mediante las calicatas C1 a C30, tal como se observa en el récord del estudio de exploración los cuales se muestran en el Anexo 1. Los registros de excavación y en los resultados de laboratorio adjuntados, el perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

CALICATA N° 01

De 0.00-0.30m.

Arcillas compactas, de baja plasticidad, ligeramente húmeda, color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-2.20m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(17)

De 2.20-2.60m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -2.60 m.

CALICATA N° 02

De 0.00-1.70m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 1.70-2.50 m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(17)

De 2.50-3.00m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.00m.

CALICATA N°03

De 0.00-0.35m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.35-2.50m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19)

De 2.50-2.80m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -2.80m.

CALICATA N°04

De 0.00-0.25m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.25-3.00m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19)

De 3.00-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°05

De 0.00-0.50m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.50-3.10m.

Arcillas de **color** marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19).

De 3.10-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.60m.

CALICATA N°06

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-2.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19).

De 2.30-3.20m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.20m.

CALICATA N°07

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-2.80m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19).

De 2.80-3.20m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.20m.

CALICATA N°08

De 0.00-0.60m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.60-3.00m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(18).

De 3.00-3.20m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.20m.

CALICATA N°09

De 0.00-0.50m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.50-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL ,Clasificado según AASHTO como A-7-6(19).

De 3.30-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°10

De 0.00-0.50m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.50-1.10m

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP.

De 1.10-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19).

De 3.30-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0).

El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°11

De 0.00-0.80m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.80-2.20m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0).

De 2.20-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19)

De 3.30-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°12

De 0.00-1.00m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 1.00-1.40m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-6(16).

De 1.40-3.30m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, no se halló.

CALICATA N°13

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-2.80m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-6(16)..

De 2.80-3.20m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.20m.

CALICATA N°14

De 0.00-0.50m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.50-2.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-6(16).

De 2.30-2.90m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -2.90m.

CALICATA N°15

De 0.00-0.80m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.80-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(18)

De 3.30-3.60m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.60m.

CALICATA N°16

De 0.00-0.70m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.70-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL Clasificado según AASHTO como A-7-6(19)

De 3.30-3.60m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.60 m.

CALICATA N°17

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-3.00m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(22). El nivel freático, no se halló.

CALICATA N°18

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-3.00m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19). El nivel freático, no se halló.

CALICATA N°19

De 0.00-0.60m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.60-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(19)

De 3.30-3.60m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.60m.

CALICATA N°20

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-2.40m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(25)

De 2.40-3.40m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40m.

CALICATA N°21

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-2.70m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(25)

De 2.70-3.40m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40m.

CALICATA N°22

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-3.00m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(25)

De 3.00-3.10m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.10m.

CALICATA N°23

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-2.60m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(25)

De 2.60-3.40m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40 m.

CALICATA N°24

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-2.80m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(25)

De 2.80-3.30m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.30m.

CALICATA N°25

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-3.40m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(23)

De 3.40-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40m.

CALICATA N°26

De 0.00-0.25m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.25-3.40m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(23)

De 3.40-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40 m.

CALICATA N°27

De 0.00-0.30m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.30-3.40m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(26)

De 3.40-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.40m.

CALICATA N°28

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-1.20m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(26)

De 1.20-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°29

De 0.00-0.50m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.50-3.20m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(26)

De 3.20-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a(0). El nivel freático, se halló a -3.50m.

CALICATA N°30

De 0.00-0.40m.

Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.

De 0.40-3.30m.

Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa., clasificadas según SUCS como CL, Clasificado según AASHTO como A-7-6(26)

De 3.30-3.50m.

Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plumizo, clasificadas según SUCS como SP, Clasificado según AASHTO como A-1-a (0). El nivel freático, se halló a -3.50m. (Ver anexo 1 registro de excavaciones).

4.2.4. Capacidad portante admisible de las cimentaciones

Parámetros e Hipótesis de Cálculo (Cámara de Bombeo, Pozo)

Se trata de una cimentación sobre suelos flexibles, arcillas de mediana a plasticidad, aumentando su porcentaje de humedad con respecto a la profundidad,

debido principalmente por la presencia de nivel freático a profundidades variables que van desde los -2.60m a -3.60m.

El contenido de humedad de los materiales y la densidad superficial permiten realizar las excavaciones manuales.

El nivel freático fue hallado a profundidades variables.

Por el Tipo de material aplicaremos las fórmulas de capacidad de carga dadas por el Dr. Karl Terzaghi de su teoría de rotura por corte general,

$$q_a = \frac{2}{3} C * N_c + \gamma * (D_f * N_q + 0.5 * B * N_\gamma) / FS$$

En donde:

q_a = Capacidad Admisible del terreno (kg/cm²).

γ = Densidad húmeda natural del terreno (1.600 kg/m³)

D_f = Profundidad de desplante de la estructura (-0.400m) para las cámaras de bombeo, cimentación para plateas.

B = Ancho menor de Cimiento (m) (4.00)

N_q = Factor unidimensional de capacidad de carga, dependiente del ancho y de la zona de empuje pasivo función del ángulo de fricción interna (ϕ), considera la influencia del peso del suelo.

N_γ = Factor adimensional de capacidad de carga debido a la presión de la sobrecarga (densidad de enterramiento). Función del ángulo de fricción interna. La sobrecarga se halla representada por el peso por unidad de área $\gamma * D_f$, del suelo que rodea la zapata.

FS = Factor de seguridad, que toma en consideración lo siguiente:

(a) Variaciones naturales en la resistencia al corte de los suelos.

(b) Las incertidumbres que como es lógico, contienen los métodos o fórmulas para la determinación de la capacidad última del suelo.

(c) Disminuciones locales menores que se producen en la capacidad de carga de los suelos colapsibles, durante o después de la Construcción.

(d) Excesivo asentamiento en suelos compresibles que haría fluir el suelo cuando éste, está próximo a la carga crítica o a la rotura por corte.

Por lo expuesto adoptaremos FS igual a 3 valor establecido para estructuras permanentes.

Así mismo se ha realizado un ensayo de corte directo en para muestra típica en arcilla en la calicata C-8

$$C = 0.11 \text{ Kg/cm}^2 \quad \phi = 18^\circ$$

$$N_c = 13.10 \quad N_q = 5.26 \quad N_\gamma = 4.07$$

Valor de la Capacidad de Carga

Asumiendo cimentación superficial, se podrá tomar el siguiente valor:

* Valor acorde con la verificación por corte de los suelos

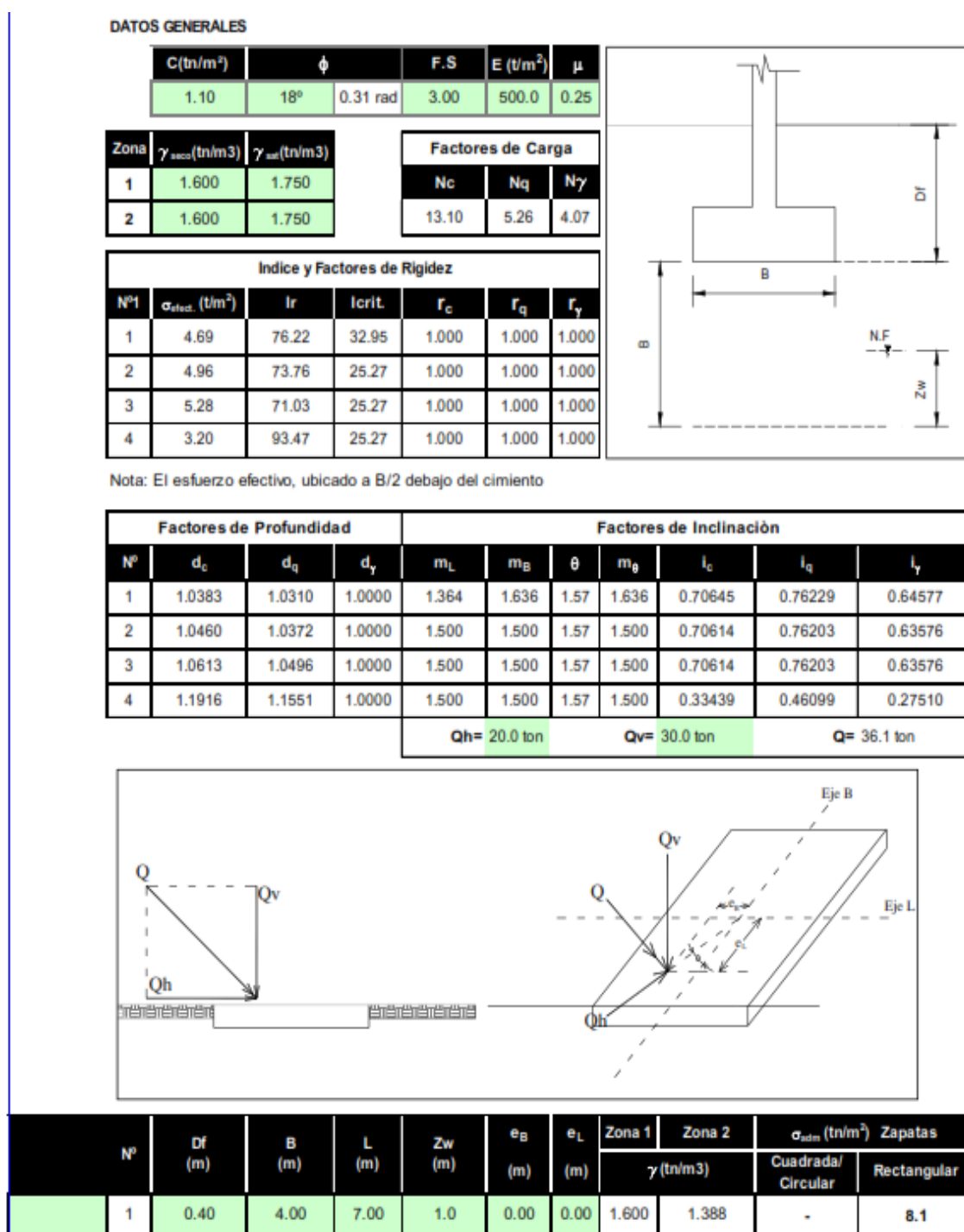
$\text{CAPACIDAD DE CARGA } (q_a) = 8,100 \text{ Kg/m}^2 \quad *$

* Valor acorde con la verificación por corte de los suelos.

Los estudios mediante muestreo de calicatas son herramientas indispensables en la evaluación geotécnica del suelo. Proporcionan datos fundamentales para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras al diseñar cimentaciones que se ajustan a las condiciones específicas del terreno.

Así mismo nos ayuda evaluar las características físicas del suelo. Diferenciando capas más resistentes y débiles, también proponen métodos de mejoramiento del suelo cuando una capacidad portante sea insuficiente.

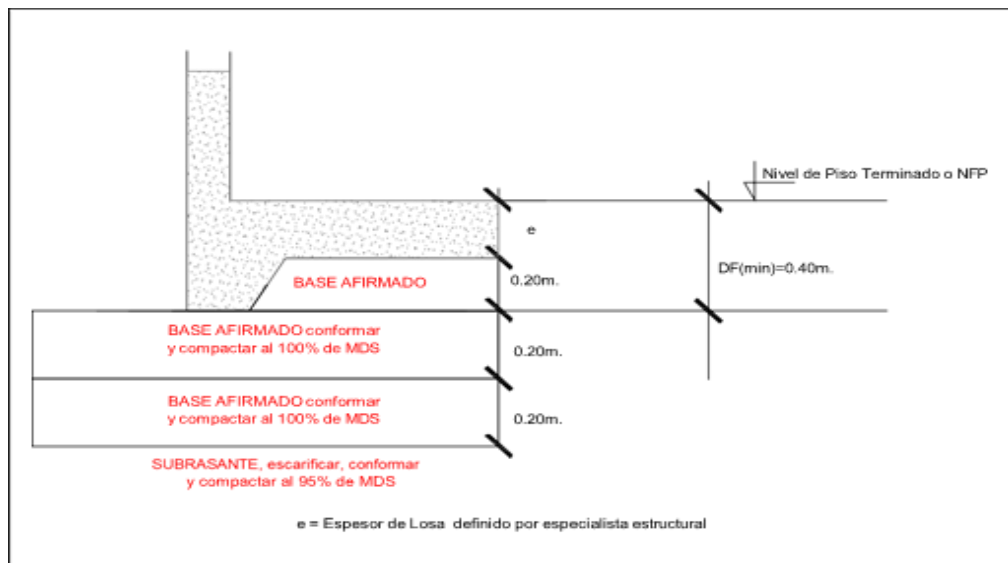
Figura 18 Cálculo de la capacidad de carga por corte Método de Vesic de la calicata 8



Capacidad admisible: 8100 kg/m²

Fuente: elaboración propia

Figura 19 Corte de la zapata



Fuente: elaboración propia

Cálculo de asentamientos

En los análisis de cimentación, se distinguen dos clases de asentamientos, asentamientos totales y diferenciales, de los cuales, estos últimos son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura.

La presión admisible por asentamiento, es aquella que al ser aplicada por una cimentación de tamaño específico, produce un asentamiento tolerable por la estructura, que en nuestro caso, no debe sobrepasar 1" (2.54 cm).

Los asentamientos totales por consolidación pueden determinarse por medio de la siguiente relación:

$$\Delta H = \left(\frac{C_c * H}{1 + e_0} \right) \log \left(\frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \right)$$

Donde:

$$C_c = 0.009 * (LL - 10)$$

$$LL = 58.0\%$$

$$C_c = 0.432 \text{ (Índice de Compresibilidad)}$$

$H = 2.50\text{m.}$ (Potencia del Estrato Compresible)

$$e_0 = S_s / \gamma_d - 1 = 0.631$$

$$S_s = 2.610$$

$$\gamma_d = 1.600$$

P_0 = Presión Geostática en el Centro del Estrato (Teoría Boussinesq)

$$\Delta P = 300 \text{ Kg/cm}^2. \text{ (Promedio)}$$

Reemplazando Valores:

$$\Delta H = 1.50\text{cm.}$$

Siendo el asentamiento diferencial.

$$\delta H = 1.18 \times 0.5 = 0.59\text{cm.}$$

por lo tanto: $0.59 < 2.54$

Diseño de pavimento

Evaluación de La Subrasante

La Subrasante en su mayoría la conforman arcillas de mediana plasticidad, desde el punto de vista de pavimentos, corresponde a un material de mala calidad, como sustentación de la estructura del pavimento. Se ha efectuado 03 ensayos de CBR, en la muestra típica arcillas cuyo resultado, se adjunta en el cuadro siguiente:

Tabla 6 *Ensayos CBR de la subrasante calicata 7*

CALICATA	Prof.(m)	MAXIMA DENSIDAD (gr/cc)	OPTIMA HUMEDAD (%)	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS
C-7	0.40-2.80	1.894	13	14.8	7.50

Nota. Elaboración propia

La sub rasante debe ser escarificada, conformada y compactada al 95% de sus MDS.

Con equipo tipo rodillo pata de cabra o similar.

10.2 Métodos para el Diseño del Pavimento.

Pavimento Flexible

Para efectos de determinar el espesor de pavimento requerido para una estructura nueva a nivel de carpeta asfáltica, se utilizará el método para diseño de pavimentos flexibles de la American Associations of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Método AASHTO

El método de la AASHTO permite calcular el espesor de pavimento necesario para satisfacer un valor estructural determinado. Este valor o número estructural (SN) asegura que la estructura diseñada será capaz de soportar un flujo determinado de tráfico (N18), sin que los esfuerzos inducidos excedan la capacidad de soporte del suelo de subrasante (S). Un aspecto sui generis en este método es el requisito de serviciabilidad, por el cual el pavimento debe brindar, a lo largo del periodo de diseño considerado, un servicio adecuado, cuyo nivel final puede controlarse a través de un parámetro denominado serviciabilidad final (pt).

Parámetros de Diseño

A. Número de Ejes Equivalentes (N18)

El dimensionamiento de un pavimento se efectúa en función del número y peso de los vehículos que circularán durante su vida útil de diseño. A mayor jerarquía de la vía, tanto en términos de volumen como de carga de tráfico, se aplican mayores coeficientes de seguridad en la proyección del tráfico futuro. Ante la previsión de altas probabilidades de congestión vehicular, se recomienda seleccionar estrategias de diseño que contemplen un periodo de diseño extendido, asociado a bajos requerimientos de mantenimiento, con el

objetivo de minimizar las afectaciones a los usuarios. La ausencia de información precisa sobre las cargas actuales y futuras impone, en ocasiones, la necesidad de estimar dichos valores, lo cual introduce riesgos significativos, entre los que se destaca la posibilidad de un sobredimensionamiento de la estructura del pavimento como consecuencia de la incertidumbre inherente al proceso de estimación.

B. C.B.R. de Diseño

El dimensionamiento del espesor de la estructura del pavimento considera primordialmente este valor, el cual representa el dato inicial para el análisis del tipo de estructura a proponer, en conjunto con los parámetros intrínsecos de cada uno de los materiales que la componen.

De acuerdo a lo señalado se asume como valor de diseño establecido en la subrasante el cual corresponde a $\text{CBR (diseño)} = 7.50\%$. (CBR mínimo del material de sustitución)

C. Suelo Subrasante

El comportamiento del suelo de subrasante (suelo de fundación) ejerce una influencia significativa en el desempeño de las estructuras de pavimento, dado que constituye la base de soporte y recibe la totalidad de las solicitudes transmitidas por la superestructura. En el ámbito del diseño estructural de pavimentos, la representación del suelo de fundación se realiza a través del Módulo de Resiliencia (M_r), parámetro que permite definir la tipología de pavimento a implementar en la vía proyectada. Cabe destacar que la determinación del módulo resiliente (módulo dinámico) presenta un grado de complejidad debido a la variabilidad de sus valores en función de factores tales como las condiciones climáticas y el drenaje, lo cual introduce

incertidumbre en los resultados de los diseños calculados. En consecuencia, se opta por emplear el valor promedio de los valores de Mr obtenidos. Adicionalmente, debido a la complejidad inherente a la ejecución del ensayo de Mr y la frecuente indisponibilidad de los equipos requeridos, se recurre a relaciones matemáticas que lo vinculan con el CBR (California Bearing Ratio) de la subrasante, las cuales gozan de amplia aceptación en la práctica de la ingeniería de pavimentos debido a las mínimas distorsiones que introducen en los resultados; la expresión de conversión es la siguiente:

$$MR(\text{psi}) = 1500 \times \text{CBR}$$

$$MR(\text{Mpa}) = 10.3 \times \text{CBR} \quad MR(\text{Mpa}) = 8 + 3.8 \times \text{CBR}$$

D. Materiales de Construcción

El conocimiento de los materiales de construcción disponibles en las cercanías del proyecto tiene un impacto significativo en los costos y en el comportamiento de la estructura del pavimento. Además, para el cálculo preciso de los espesores del pavimento, es esencial contar con las características bien definidas de los materiales que lo conforman, como la base granular y la carpeta asfáltica, considerando a su vez las propiedades de sus componentes, tales como cemento, filler, suelos con granulometría adecuada, asfaltos y aditivo.

E. El Clima

El clima afecta tanto a la subrasante como a la capa de rodadura. El calor disminuye la estabilidad de las mezclas asfálticas, el frío causa fisuras, y en zonas altas y tropicales se produce oxidación del asfalto. Los suelos expansivos o con riesgo de heladas también sufren por el clima. La

temperatura y el agua son los principales agentes climáticos que dañan los pavimentos, requiriendo protección contra ambos.

F. Drenaje

En la práctica tradicional de la ingeniería de pavimentos, el diseño de las capas de base y subbase granular se enfocaba primordialmente en criterios de resistencia mecánica, otorgando escasa relevancia a las consideraciones de drenaje. No obstante, una base granular eficiente debe ser diseñada para facilitar la rápida evacuación del agua infiltrada en la estructura del pavimento. La capacidad de drenaje del material, también conocida como drenabilidad, es función de diversos parámetros, entre los cuales se encuentran la permeabilidad del material, su distribución granulométrica, el porcentaje de material fino (fracción que pasa el tamiz N°200) y las características geométricas de la superficie y la subrasante del pavimento.

G. Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a la probabilidad de que una estructura de pavimento cumpla con su vida útil durante el período de análisis previsto. Este concepto considera las posibles variaciones tanto en el tráfico estimado como en el modelo de comportamiento establecido por AASHTO, garantizando un nivel de confiabilidad que asegure que las secciones del pavimento se mantengan funcionales durante el tiempo para el cual fueron diseñadas.

H. Costo y Ciclo de Vida

Después de los espesores mínimos de las capas del pavimento, han sido establecidas de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente y luego de

ser verificado de acuerdo a limitantes debe ser minimizado para proveer una alternativa de diseño para cada combinación de materiales considerados

Figura 20 *Diseño de pavimento flexible Terreno Zagarra Etapa 4 hasta la Etapa 13*

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Datos de diseño

Periodo de diseño: 10 años

CBR*: 7 %

EAL de diseño: 5.00.E+04

PSIo: 4.2

PSIf**: 2.25

*Cbr Minimo

METODO AASHTO 1993

Modulo Resiliente

$MR = (CBR) \cdot 1500$

Comportamiento de serviciabilidad

$\Delta PSI = PSIo - PSIf$

Confiabilidad

Desviación Normal Estándar

Desviación Estándar

Número Estructural

Coeficientes de Drenaje

Drenaje de Base Granular $m_2 = 1.00$

Drenaje de Subase Granular $m_3 = 1.10$

Coeficientes Estructurales de los materiales

Carpeta Asfáltica $E = 430000 \text{ lb/pulg}^2$ $a_1 = 0.170 / \text{cm Base Granular}$ CBR = 80%

Subase Granular CBR = 40% $a_2 = 0.052 / \text{cm}$

$a_3 = 0.047 / \text{cm}$

Determinación de los espesores

carpeta **D1 = 5.0 cm**

base **D2 = 20.0 cm**

<= Min. Para vías Norma C.010

$NS = a_1 \times D1 + a_2 \times m_2 \times D2 + a_3 \times m_3 \times D3$

1.69 = $0.17 \times 6.0 + 0.052 \times 1.00 \times 15.0 + 0.047 \times 1.00 \times D3$

sub-base **D3 = -3.9 cm**

Carpeta Asfáltica :	D1 =	5.0	cm	5	cm
Base Granular :	D2 =	20.0	cm	20	cm
sub Base Granular :	D3 =	0.0	cm	-	cm

Nota: No se toma en cuenta la capa de separacion, o esesor de material de cambio

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento

☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

80 % $Z_r = -0.841$ So 0.42

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2 PSI final 2.25

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 10500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)

Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis

☒ Calcular SN **W18 = 50000**

☐ Calcular W18

Número Estructural

SN = 1.69

Calcular

Salir

$MR = 10500.00 \text{ psi}$

Diseño de Pavimento Rígido

Para determinar el espesor del pavimento por la fórmula de AASHTO es:

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left[\frac{M_r C_{dk} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right]$$

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_{dk} = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

Resolviendo:

K=	57.60	Mpa/m	So	0.32		
Ec =	24820	Mpa	R =	80 % =>	ZR =	-0.841
S'c = Mr =	4.35	Mpa	Pt =	2		
J =	4.20		ΔPSI =	2.5		
Cd =	0.80		W80 =	0.05 x 10 ⁶		
			D =	150.00	mm	por tanteo
			D =	125.00	mm	
4.70	=	-0.26912	+	5.612771596	+	-0.013752333
4.70	=	4.782				-0.54825951

Diseño de pavimento peatonal

Norma de pavimentos peatonales, Norma C010 (veredas)

Tabla 7 Requisitos de las características de pavimentos

4.4 PAVIMENTOS ESPECIALES

4.4.1 Se consideran como pavimentos especiales a los siguientes:

- Aceras o Veredas.
- Pasajes Peatonales.
- Ciclovías.

4.4.2 Estos pavimentos deberán cumplir los siguientes requisitos:

TABLA 33

Elemento \ Tipo de Pavimento	Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
	Espesor compactado: ≥ 150 mm		
Base	CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60 %
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm	
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm	
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)	
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*	
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 17,5$ MPa (175 kg/cm ²)	
	Adoquines	$f_c \geq 32$ MPa (320 kg/cm ²)	N.R. **

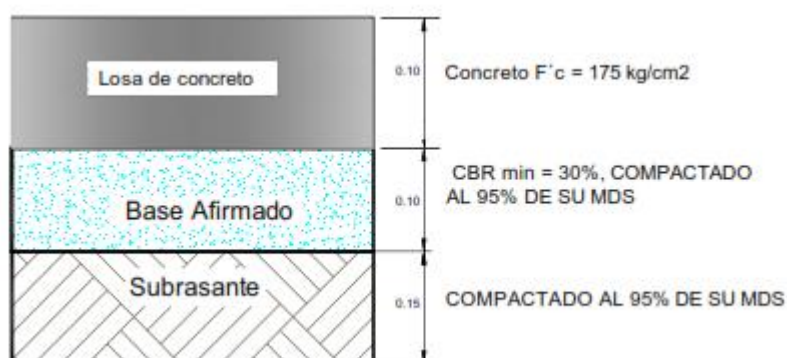
* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

** N.R. : No Recomendable.

Fuente: SENCICO

El diseño es:

Figura 21 Diseño de las veredas



Fuente: elaboración propia.

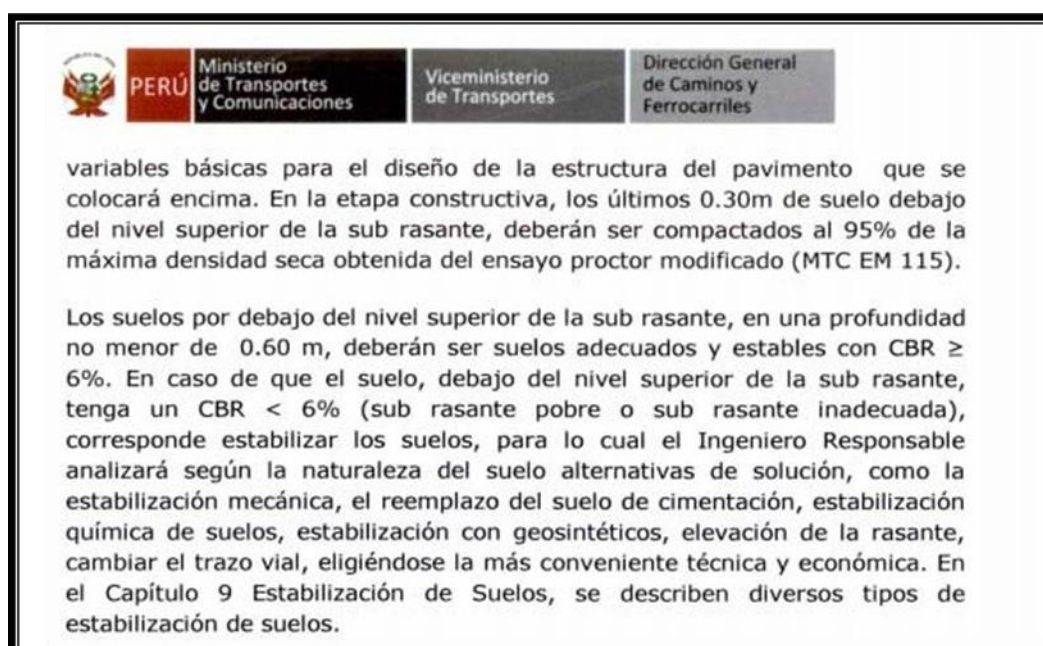
Materiales seleccionados

Sub – Rasante

La sub rasante debe ser escarificada, conformada y compactada al 95% de sus MDS, esta capa tendrá un espesor mínimo de 25 cm.

Cambio de material por CBR de la capacidad portante, esto basado en la normatividad vigente

Figura 22 *Normativa peruana vigente de la capacidad portante, ministerio de transportes y comunicaciones.*



Fuente: MTC EM 115.

Se recomienda la colocación de una capa de pedraplén en un espesor mínimo de 30 cm debajo de la estructura del pavimento.

Tabla 8 *Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos*

3% ≤ CBR ≤ 6%		
Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0

Nota. Elaboración propia.

Base

El espesor compactado de la base granular deberá ser de 0.20m. para pavimento flexible y de 0.15m para pavimento rígido. El material a emplearse en la base granular deberá ser de cantera preferentemente. La compactación que debe alcanzar esta capa debe ser no menor del 100% de la obtenida en laboratorio, mediante el Ensayo Proctor A.A.S.H.T.O. T-180-A; asimismo, los materiales deben cumplir las siguientes exigencias:

Tabla 9 *Requerimientos granulométricos para base granular*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241.

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas que a continuación se indican:

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y	Mín 80%
------------------------------------	------------------	---------

La franja por utilizar será la Gradación C o en su defecto la que determine el supervisor en campo.

Con el fin de prevenir la segregación de los agregados y garantizar el cumplimiento de los niveles de compactación y resistencia exigidos por esta especificación, el material suministrado por el Contratista debe presentar una curva granulométrica uniforme, que se mantenga sensiblemente paralela a los límites de la franja granulométrica establecida, evitando variaciones abruptas entre los porcentajes que pasan de un tamiz a otro adyacente.

Agregado Grueso

Se denominarán de esta manera a los materiales que quedan retenidos en la **Malla N° 4**, compuestos por partículas pétreas durables y trituradas, capaces de resistir los efectos del manipuleo, extendido y compactación sin generar finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

Tabla 10 *Requerimientos de agregado grueso*

Nota. (1) La relación ha emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud),

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< Menor de 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	.-	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	.-	18% máx.

elaboración propia.

Agregado Fino

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrá provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Tabla 11 *Requerimientos agregado fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3 000 m.s.n.m.	> 3 000 m.s.n.m
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx	2% máx
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín	45% mín
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx	0,5% máx
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín

Nota. Elaboración propia

Carpeta Asfáltica

Mezcla Asfáltica en Caliente (2”)

La mezcla asfáltica en caliente es el tipo de mezcla asfáltica más utilizado.

Se define como la combinación de un ligante hidrocarbonado (como el asfalto), agregados pétreos (incluyendo el polvo mineral o filler) y, en algunos casos, aditivos. El objetivo principal es lograr que todas las partículas de los agregados

queden completamente recubiertas por una película homogénea del ligante. Para su fabricación, se calientan tanto el ligante como los agregados (con la posible excepción del polvo mineral añadido posteriormente), y su aplicación en obra requiere una temperatura considerablemente superior a la temperatura ambiente.

Aplicación

La capa correspondiente a la superficie de rodadura deberá ser de concreto asfáltico tipo laminar y tendrá un espesor compactado de 5cm (2”).

Previo colocación de la capa de rodadura de concreto asfáltico, una vez aprobada la base granular se aplicará un riego de “imprimación” de asfalto líquido del tipo “Cutback”

Se utilizará asfalto líquido de curado rápido MC-30 La capa de concreto asfáltico (que es una mezcla en caliente de cemento asfáltico, agregados debidamente graduados y relleno mineral, colocada sobre la base imprimada.

El relleno mineral (“Filler”) estará compuesto por partículas muy finas de caliza, cal apagada, cemento portland u otra sustancia mineral no plástica que se presentará seca y sin grumos. El material cumplirá con los siguientes requisitos mínimos de granulometría.

Tabla 12 *Requisitos mínimos de granulometría*

Malla	% que pasa (en peso seco)
N°30	100
N°100	90
N°200	65

Nota. Elaboración propia

La fracción del “Filler” y de los agregados que pase la malla N°200, que se denomina polvo mineral, no tendrá características plásticas.

El agregado que resulte de combinar o mezclar los agregados gruesos fino y el “Filler”, debe cumplir con la gradación de cualquiera de las mezclas tipo IVa, IVb ó IVc de las recomendadas por el Instituto de Asfalto que son las siguientes:

Tabla 13 *Gradación de las mezclas según tipo*

Tamaño de la Malla Abertura Cuadrada	% que pasa		
	Tipo IVa	Tipo IVb	Tipo IVc
1”		-	100
¾”		100	80-100
½”	100	80-100	-
3/8”	80-100	70-90	60-80
Nº4	55-75	50-70	48-65
Nº8	35-50	35-50	35-50
Nº30	18-29	18-29	19-30
Nº50	13-23	13-23	13-23
Nº100	8-16	4-16	7-15
Nº200	4-10	4-10	0-8

Nota. Elaboración propia

Equivalente de arena en el agregado combinado: 50 mínimos.

El asfalto en la mezcla del concreto asfáltico será determinado utilizando el método “Marshall”, con los siguientes requisitos básico.

Numero de golpes de compactación

- En cada extremo de la probeta: 75
- Estabilidad; en libras :750
- Fluencia, en 0.01” 8 Mín. 16 Máx.
- Vacíos en la mezcla, en % 3 Mín 5 Máx.
- Vacíos llenos de asfalto, en %75 Mín. 85 Máx. La tolerancia admitida en las mezclas son las siguientes:

Tabla 14 *Tolerancias en las mezclas*

Tamaño de la Malla	Variación permisible en % En peso de la mezcla total.
N° 4 ó mayor	5.0 aprox.
N°8	4.0 aprox.
N°30	3.0 aprox.
N°200	1.0 aprox.
Asfalto	0.3 aprox.

Nota. Elaboración propia.

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas continuas o intermitentes. La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado, también calentado. La mezcla a la salida de la planta tendrá una temperatura comprendida entre 125°C y 165°C y será transportada o obra en vehículos adaptados convenientemente para garantizar su homogeneidad (no segregación) y una mínima pérdida de calor (baja de temperatura) hasta el lugar del destino. La temperatura de colocación de la mezcla asfáltica en la base imprimada, será de 120°C mínimo.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentación autopropulsada de tipo y estado adecuados para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen, espesor y densidad de capa uniformes. El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual cuando se comprueben irregularidades a la salida de la pavimentadora.

Diseños finales de pavimentos

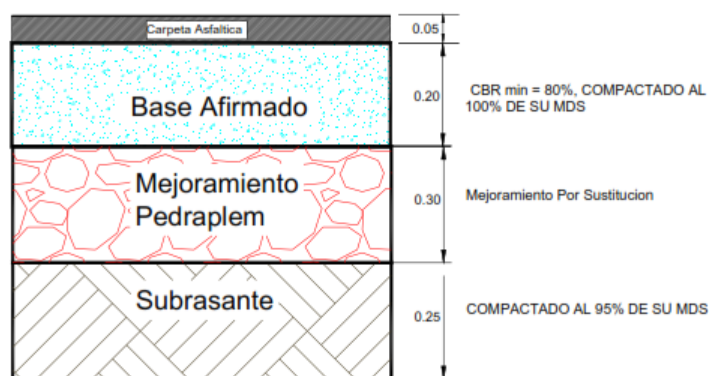
La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas continuas o intermitentes. La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado, también calentado. La mezcla a la

salida de la planta tendrá una temperatura comprendida entre 125°C y 165°C y será transportada o obra en vehículos adaptados convenientemente para garantizar su homogeneidad (no segregación) y una mínima pérdida de calor (baja de temperatura) hasta el lugar del destino. La temperatura de colocación de la mezcla asfáltica en la base imprimada, será de 120°C mínimo.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentación autopropulsada de tipo y estado adecuados para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen, espesor y densidad de capa uniformes. El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual cuando se comprueben irregularidades a la salida de la pavimentadora.

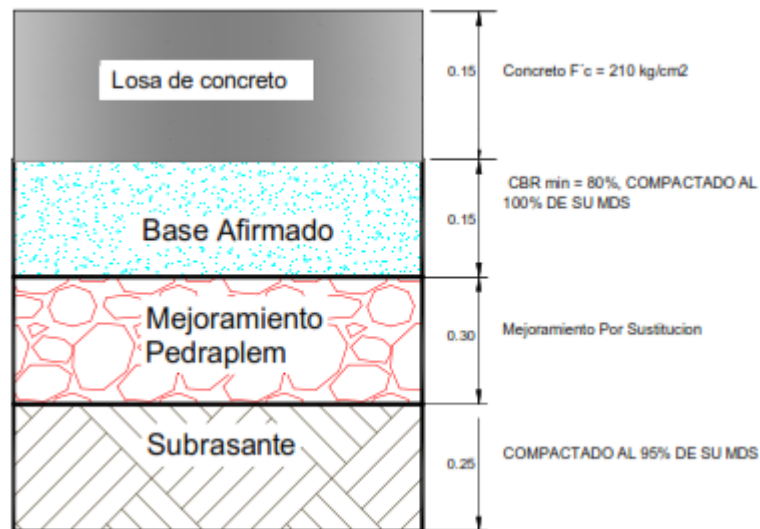
Se obtuvieron los siguientes diseños: Diseño pavimento flexible y Diseño pavimento Rígido

Figura 23 *Diseño pavimento flexible*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24 *Diseño pavimento rígido*



Fuente: elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis específicas

Para demostrar que las características geológicas y de sismicidad permiten definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra, se describió la geología local de la zona de estudio indicando las diferentes formaciones geológicas que afloran en la zona de estudio. A continuación, se determinó las diferentes propiedades físicas y mecánicas del subsuelo en base a las muestras tomadas en el campo y llevadas al laboratorio basado en las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norte América. Entre los ensayos realizados se consideró el análisis granulométrico por tamizado, el contenido por humedad, la gravedad específica de los sólidos los límites de consistencia límite líquido, plástico y el ensayo proctor modificado que sirve para obtener la relación densidad-humedad, para un esfuerzo de compactación dado sobre un suelo. Respecto a la sismicidad se determinó los diferentes parámetros de diseño sismo-

resistente, encontrando el factor de zona. Por lo tanto, estos resultados permiten definir la cimentación de la zona de investigación. Finalmente, por todo lo mencionado se demuestra la hipótesis planteada.

Al realizar los perfiles estratigráficos del terreno se conoció la composición y características del suelo y se evaluó la estabilidad del suelo entendiendo su distribución y las propiedades de los diferentes estratos del subsuelo, los cuales permitió definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra. Con ésta información se demuestra la hipótesis planteada.

Se determinó la capacidad portante admisible, porque su importancia define las cimentaciones que se utilizaron en la habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra, el cual garantiza la seguridad estructural, previene los asentamientos excesivos, optimiza los costos y asegura la compatibilidad con el entorno urbano. Con la información obtenida se demostró la hipótesis planteada.

4.3.2. Prueba de hipótesis general

Realizar el estudio de mecánica de suelos permite estudiar las propiedades y el comportamiento del suelo en relación con las estructuras que se construyen sobre él. En el contexto de la habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra, el estudio de mecánica de suelos fue esencial para definir una cimentación por lo que se evaluó la capacidad de carga y se seleccionó el tipo de cimentación dependiendo de las características del subsuelo. Lo cual en general se confirma la hipótesis general planteada.

4.4. Discusión de resultados

Teniendo como objetivo determinar las características geológicas y de sismicidad que permita definir una cimentación adecuada con fines de

habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra. En tal sentido la investigación realizada por Niño (2015) que realiza el estudio de suelos y análisis geotécnico del puente Reyes y como resultado determinó la geología se enmarca en un depósito cuaternario de características coluvio-aluviales, compuesto por material rocoso y arcillas limosas grisáceas y que presentan granulometría baja y de plasticidad muy firme, de la misma manera presenta comprensibilidad moderada a media laminares. Comparando con la presente investigación se muestra que la geología la zona de estudio es una meseta del altiplano se caracteriza por la presencia de materiales aluviales del Cuaternario reciente (Qr-al), específicamente conformaciones de limo, arena con grava, también en las proximidades al proyecto de agua y desagüe, principalmente en las partes altas, se ubican materiales del grupo Puno (KTi-gpu) serie sedimentaria de Mioceno, consta de areniscas arcósicas, localmente tufáceas, conglomerados de andesitas, lutitas yesíferas, con lechos de tufos, perteneciente al Sistema Terciario. De la misma manera la presencia de arcillas son de mediana plasticidad (CL). Dado la similitud de propiedades entre ambas investigaciones se cumple con el objetivo trazado.

Los perfiles estratigráficos del terreno que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra. Según Arellano y Vázquez (2011) menciona que es una sección vertical que muestra espesores y orden de sucesión de estratos. Asimismo, en relación al estudio según Scipión (2022) en el estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos para determinar el tipo de cimentación, los resultados demostraron que los suelos encontrados son arcillas con arena, y arenas limosas, con los cuales se deben considerar diferentes cimentaciones con zapatas aisladas, conectadas o

combinadas. Relacionando al presente estudio se determinó la presencia de arcillas de mediana plasticidad, con los cuales se determinó el tipo de cimentación que consiste en losas o plateas de cimentación de concreto reforzadas con contratraveses entrecruzadas en la parte inferior han sido usadas exitosamente como cimentaciones en suelos expansivos de estructuras.

La capacidad portante admisible de las cimentaciones con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra es un factor fundamental en la habilitación urbana, ya que garantiza la seguridad estructural, la estabilidad del terreno, la eficiencia del diseño y el cumplimiento normativo en el desarrollo de proyectos de construcción en entornos urbanos. Al respecto Skempton (1950) manifiesta investigó que los suelos pueden soportar cargas estructurales y cómo diseñar cimentaciones seguras y eficientes. Los resultados de la presente investigación muestran una capacidad de carga (q_a) = 8,100 Kg/m², el factor de seguridad tendría un valor de (FS) = 24,300 Kg/m² que garantiza que la carga aplicada es significativamente igual que la capacidad admisible del suelo para prevenir posibles fallos y garantizar la estabilidad del proyecto.

Finalmente, se comprueba que con los resultados de estudio de mecánica de suelos se definió una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra

CONCLUSIONES

1. Se logró determinar las características mecánicas del suelo y de sismicidad que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno. La cimentación a proyectar será dimensionada de tal forma que apliquen al terreno una carga no mayor de 8100 kg/m^2 . Para pozos, reservorios para todo el caso han sido calculados sobre las arcillas de mediana plasticidad y húmedas. La profundidad de cimentación deberá encontrarse siempre a mínimo - 0.60 m. Computados a partir del nivel de terreno natural. Se colocará cuando mínimo 3 capas de afirmado con un grado mínimo de compactación del 100% de MDS. La subrasante debe ser conformada y compactada al 95% de sus MDS.
2. Se logró determinar los perfiles estratigráficos del terreno que permita definir una cimentación adecuada con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito de Juliaca de la Región Puno. La descripción del perfil del suelo que presenta, están basados en el programa de exploración de campo descrito de acuerdo a la práctica usual de la Ingeniería de Suelos, dicho programa se considera adecuado, tanto en el número de sondajes como en la profundidad de éstos, para la ubicación del terreno estudiado, su extensión y el tipo de estructura de la que se trata.
3. Se consiguió determinar la capacidad portante admisible de las cimentaciones con fines de habilitación urbana del proyecto terreno Zegarra en el distrito Juliaca de la Región Puno. Capacidad de carga (q_a) = 8100 Kg/m^2 , el factor de seguridad tendría un valor de (FS) = 24,300 Kg/m^2 que garantiza que la carga aplicada es significativamente igual que la capacidad admisible del suelo para prevenir posibles fallos y garantizar la estabilidad del proyecto, la zona presenta una capa de arcilla de mediana plasticidad, las losas de cimentación son de concreto reforzadas con

contratraves entrecruzadas en la parte inferior y han sido usadas exitosamente como cimentaciones en suelos expansivos de estructuras.

RECOMENDACIONES

1. Se debe reforzar con contratraveses para darle mayor rigidez. La arcilla se remueve en un cierto espesor, se recomienda que el espesor del suelo excavado no sea menos que 0.60 m. y se sustituya a ese suelo por un material de mejoramiento, de baja plasticidad medianamente compactada, que sirva para “amortiguar” las expansiones de la arcilla.
2. Tomar precauciones especiales el diseñador y el constructor de la obra como consecuencia de las características particulares del terreno investigado debido al efecto de la capa freática, contenido de sales agresivas al concreto, cloruros.
3. Usar cemento tipo I, debido a los resultados de los ensayos químicos de los suelos por la agresividad hacia el concreto.
4. Bajo ningún concepto deberá permitirse el ingreso de humedad en exceso al subsuelo debajo de las cimentaciones, pues ello reduciría los valores de la capacidad de carga.
5. Se deberá utilizar los equipos adecuados para la compactación de los suelos arcilloso, como son los rodillos pata de cabra u otro que se estime necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM. (s. f.). ASTM D422-63. *Método de análisis del tamaño de las partículas de suelo*.
- Anadón, R. (2021). *Características, Origen y Tipos de Suelo*. Universidad de Oviedo. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/edafologia/suelos-lec-6/24115439>
- Alva-Hurtado, J. (2020). *Dinámica de suelos*. Universidad Nacional de Ingeniería
- Arellano, & Vásquez. (2011). *Historia de la estratigrafía*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Claases/Clase%2011%20Historia%20de%20la%20Estratigrafia.pdf>
- Alarcón, A. (2013). “*Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación en la Av. Costanera II etapa*” (Tesis de pregrado) – Puno. Universidad Alas Peruanas.
- Baque, G. (2017). *Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa, Ecuador* [Tesis de ingeniero civil]. Repositorio institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí
- Baquerizo, C. (2015). *Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco* [Tesis de ingeniero geólogo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Bowels, J. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. (pp. 189- 199) McGraw-Hill.
- Burt, R. (2004). *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Laboratory Investigations Report No. 42. USDA-NRCS, National Soil Survey Center, 4(42).

- Das, B. (2015). Principios de ingeniería geotécnica. México: cengage Learning.
- Cruz, N. (2016). “*Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona nor – oeste de la Ciudad de Juliaca*” (Tesis de Posgrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Duque Escobar, G y Escobar Potes, C. (2016). Geomecánica. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Hanna A. M. and Meyerhof G.G. (1981) *Experimental evaluation of bearing capacity of footings subjected to inclined loads*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 18 N° 4, p:599-603.
- Harr M. E. (1966) *Foundations of theoretical soil mechanics*. McGraw-Hill. New York. 381p.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación. (4 ed)*. McGraw-Hill
- Hoyos, F. (2001). Geotecnia diccionario Basico . Medellin
- Jiménez Salas, J. A. et al., (1980). *Geotecnia y Cimientos III*. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la Geotecnia. (2 volúmenes).
- Juárez, E. y Rico, A. (1985). Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos (T. 1). Limusa. <https://bit.ly/3ntZBrm>
- Lambe, T. y Whitman, R. (2012). Mecánica de suelos. Limusa.
- Laura, S. (2016) “*Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la bahía de Puno*”, para cimentaciones superficiales (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Martínez, A. (1990). *Geotecnia para ingenieros, principios básicos*. Lluvia Editores. Perú

Meyerhof, G.G. (1963) *Some recent research on the bearing capacity of foundations*.
Canadian

Geotechnical Journal, Vol. 1, pp. 16-31.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010). Norma E.050 Suelos y
Cimentaciones

Niño, J. (2015). *Estudio de Suelos y analisis geotécnico del sector ubicado en el K4+180
de la via puente Reyes-Gameza, Colombia* [Tesis de geólogo]. Repositorio
institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Olarte, L. (2019). *Mecánica de suelos aplicada a la verificación de capacidad de carga
para cimentaciones a emplearse en los talleres productivos del E.P. Cusco –
Varones. Lima*: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal].
Repositorio Institucional. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3208>.

Pajuelo, A. (2018) “*Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de
Ancón, distrito de Ancón*” (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de
Porres, Lima, Perú.

Peck, R., & Thornburn, T. (2011). *Ingeniería de cimentaciones / Ralph B. Peck; Walter
E. Hanson y Thomas H. Thornburn* (1a. edición). Jalisco: Limusa Wiley.

Scipión, A. (2022). *Elaboración de estudio de mecánica de suelos en suelos arcillosos
para determinar el tipo de cimentación en la I.E. Nuestra Señora del Rosario*
[Tesis de ingeniero civil]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del
Norte

Shuttleworth, M. (2009). *Diseño factorial*. Obtenido de:
Explorable.com: <https://explorable.com/es/disenio-factorial>

Skempton, A. W. "The bearing capacity of clays." *Géotechnique*, vol. 1, no. 1, 1950, pp.
17-26





Terzaghi, K. (1996) *Theoretical Soil Mechanics*, John Wiley and Sons, New York. 510 p.

Teniente, A. (2016). “*Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta.*” En la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Anexo 1: Registro de excavaciones

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: left;">  <div> eddy scipión ingenieros E.I.R.L. <small>topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica</small> </div> </div> <div style="text-align: right;"> www.scipioneddy.com </div> </div>							
REGISTRO DE EXCAVACIONES						CALICATA N° C-1	
PROYECTO		TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13			SOLICITANTE	LOS PORTALES S.A.	
LUGAR		JULIACA - SAN ROMAN - PUNO					
	Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
					Arcillas compactas, de baja plasticidad, ligeramente húmeda, color marrón oscuro, con presencia de raíces	CL	
	1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5	1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(17)	
	2.00m.						
					Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo.	SP A-1a(0)	
	3.00m.	~					



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-2




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscura, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(17)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo.	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-3




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific.	Vistas Fotograficas
					SUCS AASHTO	
				Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces	ML	
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Ø=1.5	1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
2.00m.						
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-4




FECHA: NOVIEMBRE 2019

PROYECTO: TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE:

LOS PORTALES S.A.

LUGAR: JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-5




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
				Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5					
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.						
				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-6




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TALUD ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-7

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific.	Vistas Fotograficas
					SUCS AASHTO	
	A TAJADO ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-8





FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific.	Vistas Fotograficas
					SUCS AASHTO	
	A TAJADO ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(18)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-8




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific.	Vistas Fotograficas
					SUCS AASHTO	
	A TAJU ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(18)	
3.00m.						
				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.

topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-10








FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJADO ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-8(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.

topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-11





FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJU ABIERTO Φ-1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-12




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJU ABERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-6(16)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-13




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJU ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-6(16)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-14




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJU ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-6(16)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-15




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJU ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(18)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica





www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-16

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO	TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13	SOLICITANTE	LOS PORTALES S.A.
LUGAR	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO		

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJU ABIERTO Φ-1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(18)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1s(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - Ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-17




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ-1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(22)	
3.00m.						



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-18

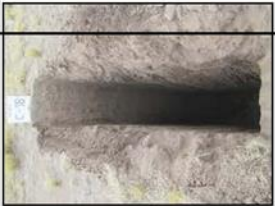


FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.						
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(10)	
3.00m.						



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-19




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(19)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-20

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5	1		Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(25)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica




www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-21

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO	TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13	SOLICITANTE	LOS PORTALES S.A.
LUGAR	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO		

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(25)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-22




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(25)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica




www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-23

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO	TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13	SOLICITANTE	LOS PORTALES S.A.
LUGAR	JULIACA - SAN ROMAN - PUNO		

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Ø=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(25)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-24




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(25)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-25




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(23)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmeda a saturada con la profundidad, de color piazoso	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-26




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(23)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-27




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.		1		Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(26)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.

topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-28








FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Símbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJADO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(26)	
2.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color pizarro	SP A-1a(0)	 
3.00m.						



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.

topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-29

FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
1.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(28)	
2.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	
3.00m.						



eddy scipión ingenieros E.I.R.L.
topografía digital - ingeniería de transporte - geotécnica

www.scipioneddy.com

REGISTRO DE EXCAVACIONES

CALICATA N° C-30




FECHA NOVIEMBRE 2019

PROYECTO TERRENO ZEGARRA ETAPA 4 HASTA LA 13

SOLICITANTE

LOS PORTALES S.A.

LUGAR JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

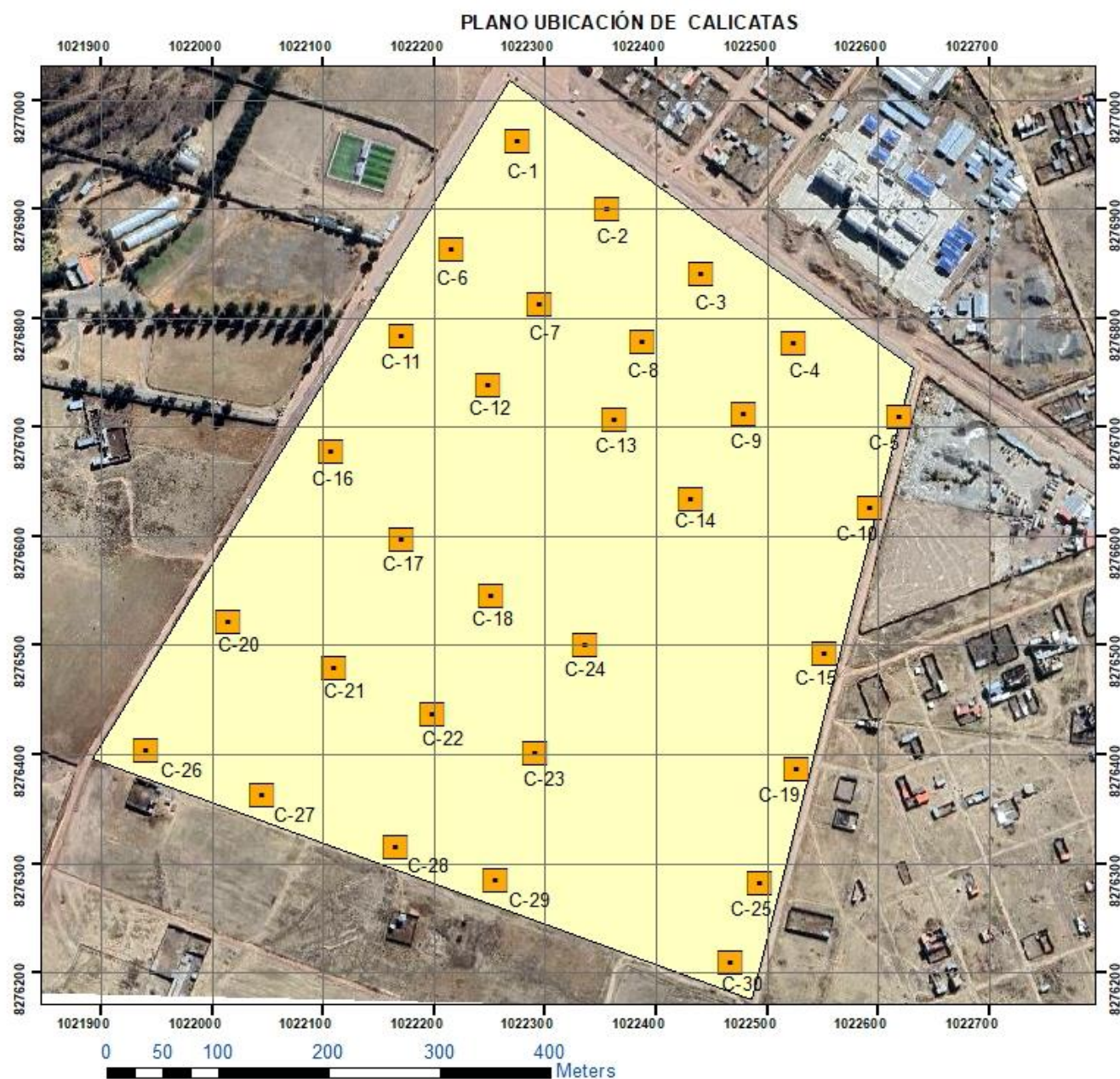
Prof.(m)	Tipo Excavación	Muestra	Simbolo	Descripción Del Material	Clasific. SUCS AASHTO	Vistas Fotograficas
1.00m.	A TAJADO ABIERTO Φ=1.5			Limo arenoso, ligeramente húmedo, de baja plasticidad, de color marrón oscuro, con presencia de raíces.	ML	
2.00m.				Arcillas de color marrón oscuro, de mediana plasticidad, húmeda, semidensa.	CL A-7-6(26)	
3.00m.				Arenas de granulometría media, semidensa, cambia de húmedo a saturado con la profundidad, de color plomizo	SP A-1a(0)	

Anexo 2: Panel fotográfico

Vista panorámica de la zona de estudio



Anexo 3



LEYENDA

- Calicata
- Area de estudio

 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			
PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS		
ELABORADO POR:	KEVIN DAVID SANTOS LOPEZ		
ESCALA:	1: 5000	FECHA:	Oct-24