

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSIÓN URBANA DEL
CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE
QUISPICANCHI – CUSCO 2023**

PRESENTADO POR:

Br. MIGUEL ANGEL HUAMAN CUSIQUISPE

Br. STIP SURCO ESCALANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "ZONIFICACION GEOLOGICA - GEOTECNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI - CUSCO 2023"

presentado por: STIP SURCO ESCALANTE con DNI Nro.: 73583130 presentado por: MIGUEL ANGEL HUAMAN CUSQUISPE con DNI Nro.: 76964639 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 23 de MAYO de 2024

Firma

Post firma JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor 0000-0001-9359-0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:356300261

NOMBRE DEL TRABAJO

Zonificación Geologica Geotecnica para l
a Expansion Urbana del Centro Poblado
de Huasao,

AUTOR

Huaman,M.-Surco,S.

RECUENTO DE PALABRAS

26876 Words

RECUENTO DE CARACTERES

159805 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

217 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

30.6MB

FECHA DE ENTREGA

May 21, 2024 9:40 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 21, 2024 9:43 PM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados


Dra. Josefina Escalante G.

Dedicatoria

A mis hermanos Richard y David, por motivarme y darme ánimos en los momentos más difíciles.

A mi padre Valentín Huamán, por el apoyo incondicional y estar al pendiente del cuidado de mis hermanos menores.

A mi amigo Wilde Buenaventura Arque Cahuana, por todo el soporte en el trabajo de campo y todas las pautas recomendadas.

A mi amigo Rai Ronaldo Ttito Toribio, con tus consejos y recomendaciones he podido concluir este trabajo.

Y en especial dedico con todo mi corazón este trabajo a mi madre Felicitas Cusiquispe Torres, por el gran amor y la devoción que tienes a tus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has brindado, por eso te doy este trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía.

Miguel Ángel Huamán Cusiquispe

Dedicatoria

A mi querida hermanita Mileydi Surco Escalante por brindarnos alegría, cuidar y estar al lado de mis padres que son el sustento de nuestras vidas.

A mis amigos Jimmy Gabriel Tijera Ccorimanya, Jhon Peredo Quispe por el apoyo brindado en los trabajos de campo, así como los consejos que nos dedicaron durante el desarrollo de este trabajo.

A mi padre Americo Surco Ccorimanya, por el apoyo incondicional que siempre nos ha brindado durante todos estos años.

A Wendy Escalante y a mi abuelita Patricia Aucchahuaqui que, aunque no estén físicamente con nosotros, desde el cielo siempre me cuidan y me guían para que todo salga bien.

Y con todo mi corazón a mi madrecita querida Nancy Escalante Aucchahuaqui, que con su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

Stip Surco Escalante

Agradecimiento

Brindamos nuestra mayor gratitud a nuestro primer asesor de tesis, el Mgt. Jorge Henry Cuenca Sánchez, por su dedicación y apoyo en el trabajo de investigación.

Brindamos nuestra mayor gratitud a nuestra segunda asesora de tesis, la Dra. Josefina Escalante Gutiérrez, por su dedicación y apoyo en el trabajo de investigación.

A nuestro distinguido amigo, el Ing. Wilde Arque Cahuana, por todo la dedicación y soporte en los trabajos de campo y gabinete, y por la motivación constante para finalizar este trabajo.

A nuestro futuro colega y gran amigo José Carlos Hancco Calla, por el apoyo incondicional en las etapas finales de nuestro trabajo de investigación.

A nuestro futuro colega y gran amigo Jefferson Chara Holguin, por brindarnos el soporte en la asesoría externa y apoyo en realizar los ensayos geotécnicos en su laboratorio.

Al Dr. Ronald Luis López Zapana, por todo el apoyo, las recomendaciones y tiempo brindado en las correcciones del trabajo de tesis.

Al Mgt. Luis Antonio Meléndez Morveli, por las observaciones y revisión del trabajo de tesis.

Al Mgt. Iván Cáceres Angulo, por las observaciones y revisión del trabajo de tesis.

Y, por último y no menos importante, agradecemos de todo corazón a los distinguidos docentes de nuestra escuela profesional por todos los conocimientos brindados a lo largo de toda nuestra formación profesional.

Presentación

La zonificación geológica - geotécnica es una herramienta que sirve para determinar las características geológicas y geotécnicas del terreno, además que también sirve para demarcar determinadas áreas con características físicas y mecánicas similares, en donde se pueden identificar zonas con similares comportamientos del suelo de acuerdo con el uso que se les pueda dar a futuro. También este estudio tiene la finalidad de identificar posibles amenazas naturales que pueden influir de manera negativa en una construcción, basándose en sus características geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio.

Según los datos del último censo del 2018 del centro poblado de Huasao tiene una población de 1437 habitantes que ocupan la zona urbana y rural, teniendo un crecimiento poblacional relevante en los últimos años, por lo que en consecuencia esto conlleva al acrecimiento en las construcciones de viviendas a lo largo de su extensión de 162.100 Has. Haciéndose preciso saber de qué está constituido el suelo, teniendo en cuenta que para la ejecución de este tipo de estructuras se rigen a la norma E.050-SUELOS Y CIMENTACIONES, para lo cual se necesitará realizar estudios previos en el área de investigación, asumiendo que requerimos detallar con una herramienta a constatar la distribución de los suelos, facilitando así la toma de decisiones para mitigar el mencionado problema de expansión territorial latente.

En este trabajo de investigación, mediante el uso de un mapa de zonificación geológica – geotécnica busca determinar las zonas favorables y óptimas para el diseño de futuras viviendas; basándose en una sistemática que parte de la descripción geomorfológica y geológica, seguido del cálculo de los parámetros físicos y mecánicos de los distintos tipos de suelo, y como resultado final obtener los mapas de zonificación en base a la información recolectada en cada proceso. Estos resultados que se obtendrán aportarán más información que servirá para establecer nuevos lineamientos para futuros proyectos de expansión urbana en el centro poblado de Huasao.

Resumen

El centro poblado de Huasao se encuentra al sureste de la ciudad imperial del Cusco, situado entre el distrito de Saylla y el centro poblado de Tipón perteneciente al distrito de Oropesa, la zona de estudio tiene un área de 1.52 km², un perímetro de 6.41 km con coordenadas UTM en el centro de la zona de estudio: 195544E, 8497947N, y una altitud promedio de 3150 m.s.n.m cuya problemática principal en la zona de estudio es el acrecimiento poblacional excesivo que causa que los pobladores construyan sus viviendas por intuición en zonas que no son adecuadas para su habitabilidad por eso es indispensable realizar un mapa de zonificación geotécnica, donde se detalle todas las características geológicas y geotécnicas de los suelos.

El trabajo de investigación titulado “Zonificación Geológica-Geotécnica para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao, Distrito de Oropesa, Provincia de Quispicanchi – Cusco 2023” tuvo desarrollo en el distrito de Oropesa, provincia de Quispicacanchi, región del Cusco, con el objetivo de determinar la zonificación geológica-geotécnica para la expansión urbana de la zona de estudio, además de también brindar un mapa de zonificación geotécnica con el fin de aportar información geológica-geotécnica y contribuir al plan de ordenamiento territorial y desarrollo urbano de todo el centro poblado de Huasao.

Los objetivos específicos determinados en este trabajo de investigación han sido los siguientes: Caracterizar la geomorfología local, caracterizar la geología local y determinar las características geotécnicas de los suelos presentes en el centro poblado de Huasao, todo ello con la finalidad de delimitar zonas aptas para la expansión urbana latente del centro poblado de Huasao, para la recolección de estos objetivos se realizó una metodología que se divide en varias etapas que se desarrollaron sistemáticamente a lo largo de la investigación.

La zona de estudio geomorfológicamente presenta llanuras aluviales, planicies deluviales, terrazas aluviales medias, cimas, montañas, laderas, quebradas, cárcavas, abanicos aluviales, piedemontes y lomas que han sido originado debido a procesos de geodinámica y a la posición de los macizos rocosos, en cambio la geología local está conformada por las formaciones: Pisac, Pachatusan, Huancané, Kayra y los depósitos cuaternarios recientes: aluvial, deluvial, coluvial y fluvial, donde según la orientación de los estratos se definen zonas con dirección suroeste y noreste debido al sistema de plegamientos correspondientes a los anticlinales de Saylla-Lucre y anticlinal de Rondobamba.

Para determinar las características geotécnicas de la zona de estudio se realizaron un total de 22 calicatas, con lo que se determinó sus propiedades físicas y mecánicas. Así mismo se realizaron trabajos tanto en campo (DPL y densidad natural del suelo) y ensayos de laboratorio (Límites de consistencia, análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario, corte directo), y finalmente el cálculo de la capacidad de carga admisible para cada tipo de suelo, con toda la información obtenida y mediante métodos geoestadísticos y de herramientas de intersección-interpolación de datos de la plataforma SIG se propone un mapa de zonificación geológica-geotécnica para el centro poblado de Huasao, la cual consta de 05 zonas geotécnicas los cuales clasifican el comportamiento del terreno y los usos adecuadas que deben darse para realizar una mejor planificación urbana y establecer un nuevo lineamiento o protocolo para realizar una favorable expansión urbana en el centro poblado de Huasao.

Palabras clave: Zonificación Geológica-Geotécnica, Expansión urbana, Capacidad de carga admisible.

Abstract

The town center of Huasao is located southeast of the imperial city of Cusco, located between the district of Saylla and the town center of Tipón belonging to the district of Oropesa, the study area has an area of 1.52 km², a perimeter of 6.41 km with UTM coordinates in the center of the study area: 195544E, 8497947N, and an average altitude of 3150 meters above sea level whose main problem in the study area is the excessive population growth that causes residents to build their homes by intuition in areas that do not They are suitable for habitability, which is why it is essential to make a geotechnical zoning map, detailing all the geological and geotechnical characteristics of the soils.

The research work titled “Geological-Geotechnical Zoning for the urban expansion of the Populated Center of Huasao, Oropesa District, Quispicanchi Province – Cusco 2023” was developed in the Oropesa district, Quispicanchi province, Cusco region, with the objective to determine the Geological-Geotechnical Zoning for the urban expansion of the study area, in addition to also providing a geotechnical zoning map in order to provide geological-geotechnical information and contribute to the territorial planning and urban development plan of the entire Population Center from Huasao.

The specific objectives determined in this research work have been the following: Characterize the local geomorphology, characterize the local geology and determine the geotechnical characteristics of the soils present in the Huasao town center, all with the purpose of delimiting areas suitable for latent urban expansion of the Huasao Population Center, to collect these objectives a methodology was carried out that is divided into several stages that were systematically developed throughout the investigation.

Geomorphologically, the study area presents alluvial plains, floodplains, middle alluvial terraces, summits, mountains, slopes, ravines, gullies, alluvial fans, foothills and hills that have been originated due to geodynamic processes and the position of the rock masses, in change, the local geology is made up of the formations: Pisac, Pachatusan, Huancané, Kayra and the recent quaternary deposits: alluvial, deluvial, colluvial and fluvial, where depending on the orientation of the strata, areas with a southwest and northeast direction are defined due to the system of folding's corresponding to the Saylla-Lucre anticlines and the Rondobamba anticline.

To determine the geotechnical characteristics of the study area, a total of 22 pits were made, with which their physical and mechanical properties were determined. Likewise, work was carried out both in the field (DPL and natural density of the soil) and laboratory tests (consistency limits, granulometric analysis, moisture content, unit weight, direct cut), and finally the calculation of the admissible load capacity for each type of soil, with all the information obtained and through geostatistical methods and intersection-interpolation tools of data from the GIS Platform, a Geological-Geotechnical Zoning map is proposed for the Populated Center of Huasao, which consists of 05 geotechnical zones which classify the behavior of the land and the appropriate uses that should be given to carry out better urban planning and establish a new guideline or protocol to carry out a favorable urban expansion in the Populated Center of Huasao.

Keywords: Geological-Geotechnical Zoning, Urban expansion, Admissible load capacity.

CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

PRESENTACIÓN

RESUMEN

ABSTRACT

Capítulo I: Aspectos generales.....	1
1.1. Ubicación.....	1
1.2. Accesibilidad.....	2
1.3. Clima y Vegetación.....	5
1.3.1. Bofedal.....	5
1.3.2. Bosque Ribereño.....	6
1.3.3. Área de agricultura en terraza.....	7
1.3.4. Áreas de agricultura en laderas.....	8
1.4. Antecedentes.....	9
1.5. Problema.....	13
1.5.1. Planteamiento del problema.....	13
1.5.2. Formulación del problema general.....	14
1.5.3. Formulación de problemas específicos.....	14
1.6. Objetivos.....	14
1.6.1. Objetivo general.....	14
1.6.2. Objetivos específicos.....	15
1.7. Justificación.....	15
1.8. Formulación de hipótesis.....	16
1.8.1. Hipótesis general.....	16
1.8.2. Hipótesis específicas.....	16
1.9. Metodología de trabajo.....	17
1.9.1. Tipo de investigación.....	17
1.9.2. Etapas de elaboración del estudio.....	18
1.9.3. Equipos y materiales.....	20
1.9.4. Procesamiento de datos.....	21
1.10. Variables.....	21
1.10.1. Variable N°01.....	21
1.10.2. Variable N°02.....	21

1.11.	Marco teórico conceptual.....	26
Capítulo II: Geomorfología.....		70
2.1.	Geomorfología Regional.....	70
2.2.	Geomorfología local	72
2.2.1.	Cono o Abanico aluvial (Ca)	72
2.2.2.	Llanura aluvial (Lla)	72
2.2.3.	Quebrada (Q) / Cárcavas(C)	73
2.2.4.	Ladera de montaña (Ldm).....	75
2.2.5.	Cima de montaña (Cdm).....	75
2.2.6.	Lomeríos ligeramente erosionados (Lle)	77
2.2.7.	Terraza aluvial (Ta).....	77
2.2.8.	Planicie deluvial (Pd).....	78
2.2.9.	Piedemonte (Pdm).....	79
Capítulo III: Geología		82
3.1.	Geología regional.....	82
3.2.	Geología local	84
3.2.1.	Grupo Mitú (Ji-pa;Ts-pi).....	84
3.2.2.	Formación Huancané (Ki-hn)	87
3.2.3.	Formación Kayra (Peo-ky).....	89
3.2.4.	Depósitos Aluviales (Qh-al).....	90
3.2.5.	Depósitos Coluviales (Qh-cl).....	90
3.2.6.	Depósitos deluviales (Qh-dl)	91
3.2.7.	Depósitos Palustres (Qh-p)	92
3.2.8.	Depósitos Lacustres (Qh-la).....	92
Capítulo IV: Geodinámica		94
4.1.	Geodinámica interna	94
4.1.1.	Determinación de los parámetros sísmicos según la Norma E.030	94
4.2.	Geodinámica externa.....	97
4.2.1.	Caída de rocas	97
4.2.2.	Inundación.....	99
Capítulo V: Geotecnia.....		103
5.1.	Exploración geotécnica	103
5.1.1.	Apertura de calicatas.....	103
5.1.2.	Perfil Estratigráfico.....	108
5.1.3.	Toma de muestras	110
5.1.4.	Ensayos de suelos in-situ	112
5.2.	Ensayos de Laboratorio.....	116

5.2.1.	Análisis granulométrico	116
5.2.2.	Clasificación de suelos (SUCS)	118
5.2.3.	Contenido de humedad.....	120
5.2.4.	Límites de Consistencia	121
5.2.5.	Peso específico relativo de sólidos.....	123
5.3.	Ensayos especiales	126
5.3.1.	Corte Directo.....	126
5.4.	Resultados obtenidos	129
5.4.1.	Resumen de las propiedades físicas	129
5.4.2.	Resumen de las propiedades mecánicas de los suelos	130
5.5.	Cálculo de la capacidad portante de los suelos	131
5.6.	Problemas especiales de cimentación	135
5.6.1.	Suelos colapsables.....	135
5.6.2.	Suelos Expansivos.....	137
Capítulo VI: Zonificación Geotécnica		139
6.1.	Métodos de Zonificación	139
6.1.1.	Parámetros evaluados.....	140
6.1.2.	Matriz de comparación de pares	140
6.1.3.	Matriz de normalización	141
6.1.4.	Cálculo del vector priorización y porcentaje	142
6.1.5.	Cálculo de la relación de consistencia	142
6.1.6.	Matriz de Zonificación Geotécnica.....	143
6.2.	Zonificación Geotécnica	148
6.2.1.	Zona I.....	149
6.2.2.	Zona II.....	150
6.2.3.	Zona III	151
6.2.4.	Zona IV	152
6.2.5.	Zona V	153
Conclusiones.....		155
Recomendaciones		157
Referencias bibliográficas.....		158
Anexos		161

Índice de tablas

Tabla 1 : Coordenadas UTM y centros poblados de la zona de estudio	1
Tabla 2 : Accesibilidad a la zona de estudio - centro poblado de Huasao	2
Tabla 3: Resumen de las condiciones sísmicas en la zona de estudio	96
Tabla 4: Ubicación de los puntos de exploración de la zona de estudio.....	106
Tabla 5 Resumen de las densidades naturales obtenidas en cada excavación	114
Tabla 6: Resumen de los resultados del análisis granulométrico por tamizado.....	117
Tabla 7: Resumen de la clasificación SUCS de las muestras de cada calicata	118
Tabla 8: Resumen de resultados de contenido de humedad.....	121
Tabla 9: Resumen de los límites de consistencia.....	123
Tabla 10: Resumen de los resultados del ensayo peso específico relativo de los sólidos.....	125
Tabla 11: Resumen de las propiedades mecánicas de las muestras por el ensayo de corte directo	130
Tabla 12: Resumen de valores de capacidad de carga por la teoría de Meyerhof	133
Tabla 13: Resumen de resultados del potencial de colapsabilidad del suelo.....	135
Tabla 14: Resumen de cambio de potencial de volumen y actividad de los suelos expansivos	137

Índice de cuadros

Cuadro 1: Número de puntos de exploración en función del tipo de edificación.....	37
Cuadro 2: Tipos de muestreo normativos.....	39
Cuadro 3: Ensayos realizados en campo	40
Cuadro 4: Ensayos realizados en laboratorio	40
Cuadro 5: Determinación del factor de zona.....	94
Cuadro 6: Resumen de los valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo	95
Cuadro 7: Determinación del factor del suelo “S”, de acuerdo a la zona y perfil del suelo.....	95
Cuadro 8: Determinación del TP (Período que define la plataforma del factor C) y TL (Período que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante).....	96
Cuadro 9: Registro de fenómenos de inundación registrados en el distrito de Oropesa 2003 al 2022....	101
Cuadro 10: Resumen de resultados de ensayos de caracterización	129
Cuadro 11: Criterios evaluados para la matriz de zonificación geotécnica.....	140
Cuadro 12: Matriz de comparación de pares	141
Cuadro 13: Matriz de normalización	141
Cuadro 14: Vector priorización y porcentaje de los criterios evaluados	142
Cuadro 15: Cálculo de la relación de consistencia.....	142
Cuadro 16: Matriz de comparación de pares - Capacidad de carga	143
Cuadro 17: Matriz de normalización del parámetro de capacidad admisible del suelo	144
Cuadro 18: Matriz de comparación de pares - Tipo de suelo.....	144
Cuadro 19: Matriz de normalización - Tipo de suelo.....	145
Cuadro 20: Matriz de comparación de pares – Geología	145
Cuadro 21: Matriz de normalización - Parámetro geología	146
Cuadro 22: Matriz de comparación de pares – Geomorfología.....	146
Cuadro 23: Matriz de normalización – Geomorfología.....	147
Cuadro 24: Matriz de zonificación geotécnica de la zona de estudio.....	147

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación política de la zona de estudio	3
Figura. 2 : Accesibilidad a la zona de estudio - centro poblado de Huasao.....	4
Figura. 3: Bofedal del centro poblado de Huasao.....	6
Figura. 4 : Vegetación herbácea a lo largo del rio Huatanay.....	7
Figura. 5: Áreas de cultivo en terrazas medias	7
Figura. 6: Áreas de cultivos en laderas	8
Figura. 7: Ejemplo de mapa geotécnico general.....	26
Figura. 8: Cartografía geológica - geotécnica.....	27
Figura. 9: Mapa de zonificación geotécnica	29
Figura. 10: Escala de comparación de pares.....	31
Figura. 11: Zonas sísmicas en el Perú	33
Figura. 12: Mapa de ordenes espectrales del Perú.....	34
Figura. 13: Mapa de intensidades sísmicas (Mercalli)	35
Figura. 14: Mapa de zonificación de mayor concentración de sismos	36
Figura. 15: Ensayo de densidad natural mediante cono de arena	44
Figura. 16: Ensayo prospección indirecta DPL	45
Figura. 17: Ensayo de Límite Plástico	47
Figura. 18: Ensayo de Límite Líquido	48
Figura. 19: Análisis granulométrico por tamizado	49
Figura. 20: Método de clasificación SUCS del tipo de suelo	50
Figura. 21: Sistema Unificado de Clasificación (SUCS).....	53
Figura. 22: Determinación del peso específico de los sólidos	54
Figura. 23: Ensayo de corte directo drenado	56
Figura. 24: Clasificación de teorías de capacidad portante según características de la cimentación.....	58
Figura. 25: Ecuación de Terzaghi para tipos de cimentaciones.....	59
Figura. 26: Factores tomados en cuenta en la ecuación de Meyerhof	60
Figura. 27: Falla por corte general.....	62
Figura. 28: Falla local por corte.....	63
Figura. 29: Falla de corte por punzonamiento	64
Figura. 30: Criterios del potencial de colapso	66
Figura. 31: Clasificación de cambio de potencial de volumen	66
Figura. 32: Unidades Geomorfológicas de la sierra	68
Figura. 33: Geomorfología regional	71
Figura. 34: Cono aluvial en dirección a la parte baja del centro poblado de Huasao	72
Figura. 35: Llanura aluvial en la zona de estudio.....	73
Figura. 36: Quebrada en las montañas de Pachatusan	74
Figura. 37: Cárcavas (C) y quebradas (Q) centro poblado de Huasao.....	74
Figura. 38: Laderas con pendiente media	75
Figura. 39: Cimas de montaña al sur del centro poblado de Huasao	76
Figura. 40: Cimas de montaña al noreste de la zona de estudio	76
Figura. 41: Lomeríos ligeramente erosionados	77
Figura. 42: Terraza aluvial utilizado con fines agrícolas.....	78
Figura. 43: Planicie deluvial al noreste de la zona de estudio	79

Figura. 44: Piedemontes en la base de las laderas de la Formación Pachatusan	80
Figura. 45: Geomorfología local.....	81
Figura. 46 Geología regional	83
Figura. 47: Afloramiento Fm. Pisac en el sector Tiracancha.....	84
Figura. 48: Posible contacto entre las Formaciones Pisac y Pachatusan	85
Figura. 49: Brechas volcánicas de basaltos de la Fm. Pachatusan en corte de carretera	86
Figura. 50: Afloramiento de brechas y conglomerados volcánicos de la Fm. Pachatusan sector Tiracancha.....	86
Figura. 51: Afloramiento de la Fm. Huancané en la parte noreste del centro poblado de Huasao.....	87
Figura. 52: Areniscas cuarzosas de la Formación Huancané miembro inferior	88
Figura. 53: Afloramiento de conglomerados y areniscas conglomerádicas de la Fm. Huancané miembro superior sector San José de Turpo.....	88
Figura. 54: Afloramiento de la Fm. Kayra zona noroeste	89
Figura. 55: Afloramiento de la Fm. Kayra al noroeste de la zona de estudio.....	89
Figura. 56: Depósitos aluviales en inicios del cono de deyección.....	90
Figura. 57: Depósitos coluviales en corte de carretera	91
Figura. 58: Depósitos deluviales en laderas	91
Figura. 59: Depósitos palustres aledaños al bofedal de Huasao	92
Figura. 60: Geología local del centro poblado de Huasao	93
Figura. 61: Talud de pendiente abrupta con susceptibilidad a caída de rocas	98
Figura. 62: Zona susceptible a caída de rocas	98
Figura. 63: Caída de rocas cercanas a viviendas unifamiliares	99
Figura. 64: Zona susceptible a posible fenómeno de inundación fluvial en el C.P de Huasao	100
Figura. 65: Fenómeno de geodinámica externa en el centro poblado de Huasao.....	100
Figura. 66: Mapa de geodinámica externa del centro poblado de Huasao	102
Figura. 67: Técnicas de exploración normalizadas.....	104
Figura. 68: Excavación de calicata con presencia de nivel freático	105
Figura. 69: Apertura de calicata en el sector de Nuevo Huasao	105
Figura. 70: Mapa de ubicación de calicatas en la zona de estudio	107
Figura. 71: Perfiles estratigráficos - C.P Huasao.....	108
Figura. 72: Perfil estratigráfico con presencia de nivel freático	109
Figura. 73: Perfil estratigráfico con presencia de agua a menos de 1 metro	109
Figura. 74: Extracción y embalaje de muestra alterada en la zona de estudio.....	110
Figura. 75: Tallado de muestra inalterada en forma cúbica.....	111
Figura. 76: Embalaje de muestra inalterada luego de parafanido en fill	112
Figura. 77: Ensayo de densidad natural in-situ sector Nuevo Huasao A.....	113
Figura. 78: Ensayo densidad in situ en el sector Callapucyoq.....	113
Figura. 79: Ensayo DPL dentro de la calicata para alcanzar mayor profundidad.....	115
Figura. 80: Ensayo DPL en el Sector de Callapucyoq.....	115
Figura. 81: Análisis granulométrico por tamizado	116
Figura. 82: Mapa de clasificación de suelos SUCS de la zona de estudio.....	119
Figura. 83: Muestreo de suelo para ensayo de contenido de humedad.....	120
Figura. 84: Colocación de muestra de suelo en el horno por 24 horas	120
Figura. 85: Ensayo límite líquido de la muestra 01	122

Figura. 86: Ensayo límite plástico de la muestra 04	122
Figura. 87: Pesaje de fiolas para el ensayo de peso específico de la muestra 06.....	124
Figura. 88: Extracción de vacíos de la muestra saturada	124
Figura. 89: Remoldeado de muestra inalterada para ensayo de corte directo.....	126
Figura. 90: Colocación de muestra remoldeada en caja de corte.....	127
Figura. 91: Sumergido de muestras remoldeadas en caja de corte hasta que se sature totalmente.....	127
Figura. 92: Ensayo de corte directo del tipo consolidado-drenado.....	128
Figura. 93: Muestras luego del ensayo de corte directo del tipo consolidado-drenado	128
Figura. 94: Modos de falla de una cimentación de arena dependiendo de la profundidad vs densidad relativa	132
Figura. 95: Factores de capacidad de carga modificados por falla por corte local	132
Figura. 96: Mapa de capacidad portante admisible del suelo	134
Figura. 97: Mapa de potencial de colapsabilidad del suelo	136
Figura. 98: Mapa de potencial de expansión del suelo	138
Figura. 99: Mapa de zonificación geológica – geotécnica de la zona de estudio	154

Capítulo I: Aspectos generales

1.1.Ubicación

La zona de investigación se localiza al sureste de la ciudad del Cusco, entre el distrito de Saylla y el centro poblado de Tipón del distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi, región de Cusco (ver Figura 1). Con las siguientes coordenadas UTM ubicada en la Zona 19L (ver Tabla 1).

Tabla 1 : *Coordenadas UTM y centros poblados de la zona de estudio*

	Coordenada Este		Coordenada Norte
	195544.2		8497947.6
Número	Provincia	Distrito	Centro poblado
1	Quispicanchi	Oropesa	Huasao
2	Quispicanchi	Oropesa	San José de Turpo
3	Quispicanchi	Oropesa	La florida
4	Quispicanchi	Oropesa	Sector Callapucyoq
5	Quispicanchi	Oropesa	APV La sirenita
6	Quispicanchi	Oropesa	Sector Nuevo Huasao A
7	Quispicanchi	Oropesa	Sector Nuevo Huasao B
8	Quispicanchi	Oropesa	Sector Tiracancha

1.2. Accesibilidad

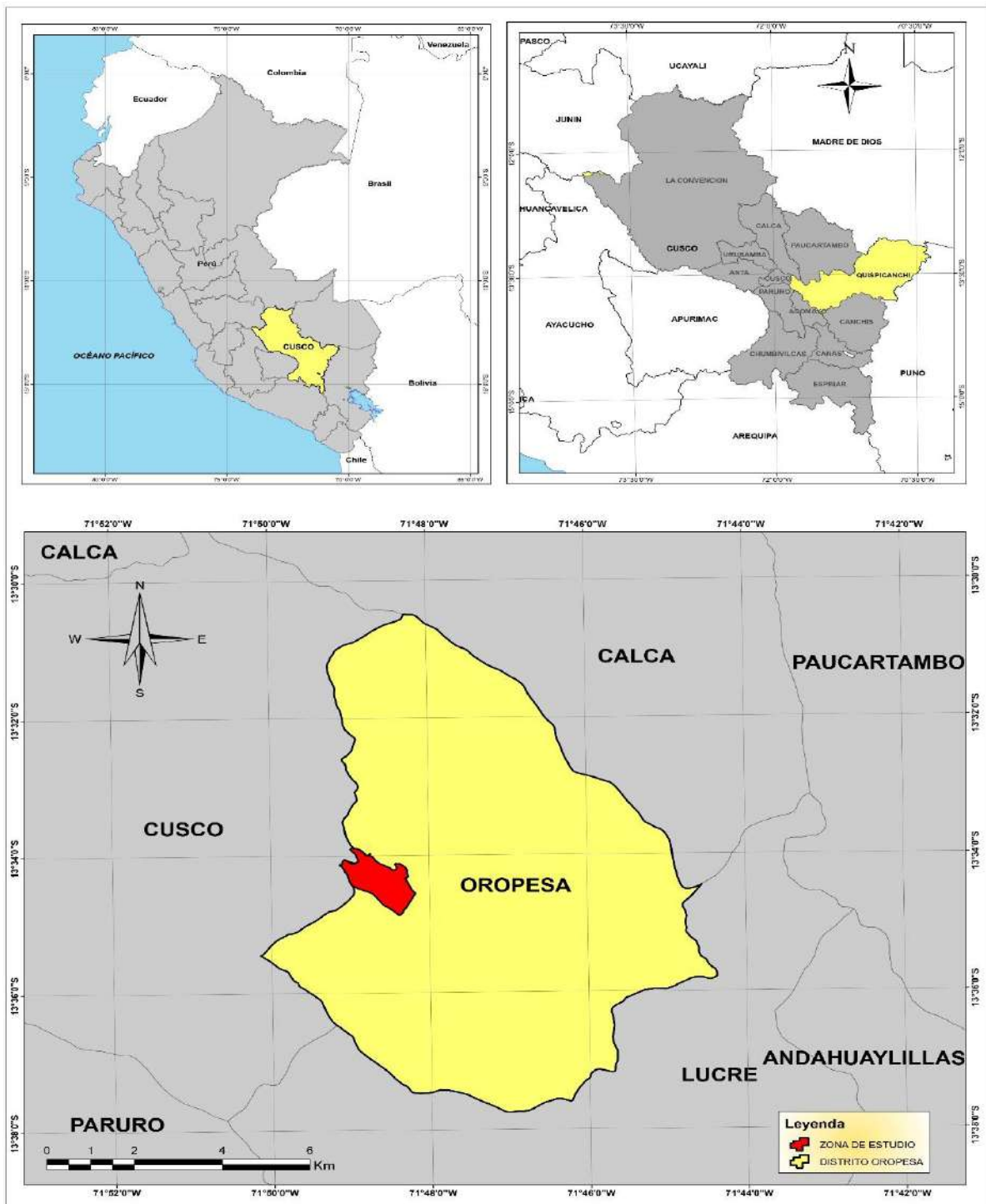
Para poder acceder a la zona de estudio tomando como inicio la ciudad del Cusco, se debe llegar al paradero Huasao-Cusco del distrito de Oropesa, luego seguir el desvío hacia la avenida principal Juan Velasco Alvarado que se dirige hacia el norte hacia el centro poblado de Huasao.

Para poder llegar al paradero Huasao-Cusco se pueden tomar los transportes públicos “Saylla-Huasao” y “Los Leones”, siendo el primero su paradero final en el mismo centro poblado de Huasao y del otro transporte público el centro poblado de Tipón. En la siguiente tabla se detalla con más detalle la ruta y el tiempo de accesibilidad.

Tabla 2 : *Accesibilidad a la zona de estudio - centro poblado de Huasao*

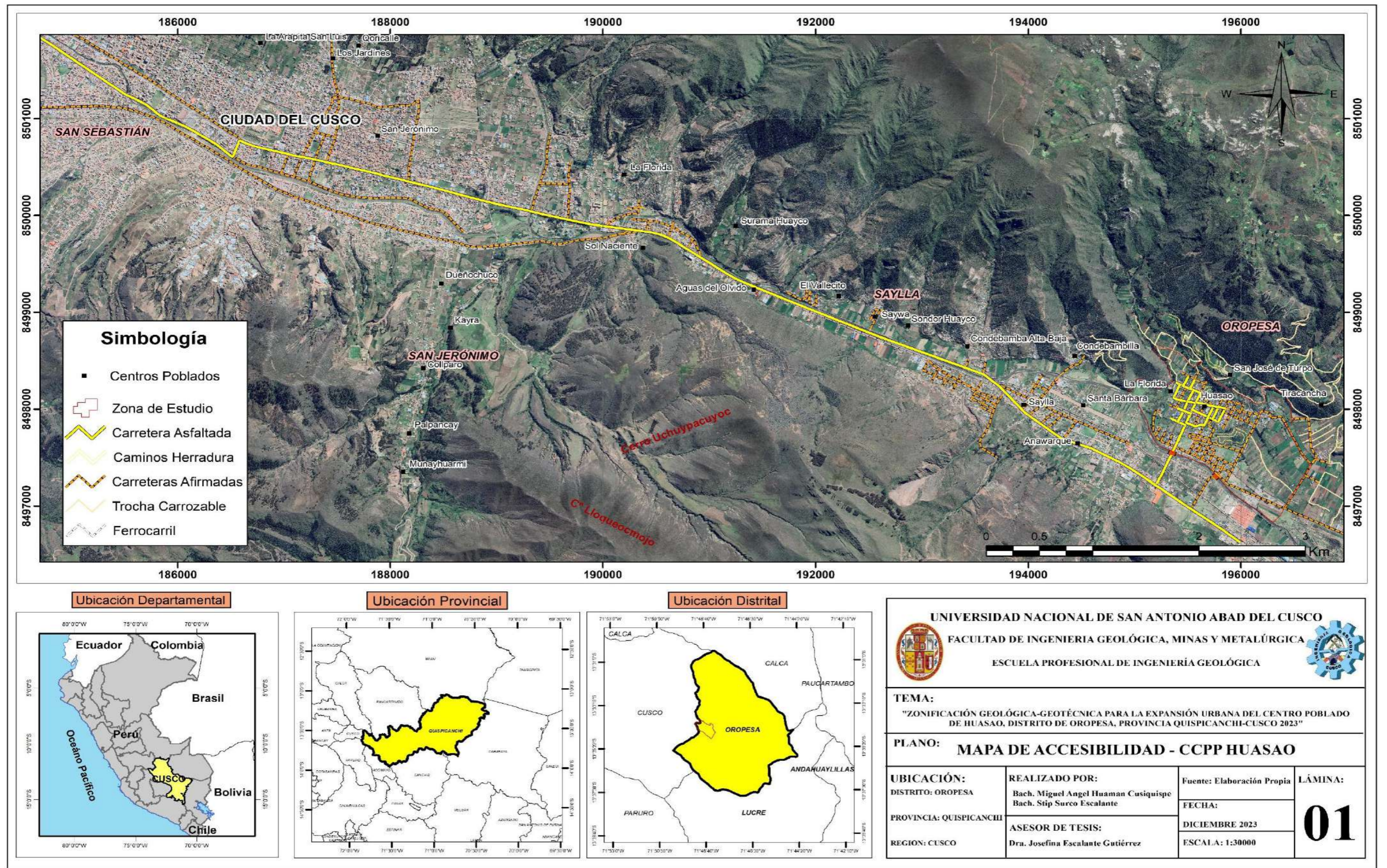
Inicio	Distancia	Tiempo	Tipo de vía
Cusco (puerta principal UNSAAC) Tomar transporte urbano “Los Leones” o “Saylla-Huasao”	18.5 Km	39 min aprox.	Concreto - asfalto

Figura 1. Ubicación política de la zona de estudio



Fuente: Propia

Figura. 2 : Accesibilidad a la zona de estudio - centro poblado de Huasao



1.3.Clima y Vegetación

La zona de estudio presenta un clima de muchos contrastes, esta diferenciado por un patrón alternado de una estación seca (abril a agosto), otra con precipitaciones fluviales (setiembre a diciembre) y por último 3 meses con precipitación fuerte (enero a marzo).

La zona de estudio posee un clima en los humedales de templado a frío con una temperatura promedio de 16°C, en el día el calor puede alcanzar los 22°C y por las noches el frío puede llegar hasta los 2°C. (Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas Saucedo, F., Ávalos, G., López, C., ... & Marín, D., 2021, pp 54-55).

Las coberturas vegetales artificiales y la capa vegetal que este encima de la superficie terrestre conforman la cobertura vegetal de toda la zona de estudio en el cual se pueden identificar las siguientes unidades.

1.3.1. Bofedal

Son un tipo de humedal que contiene vegetación del tipo hidromórfico y por lo general almacena turba, que tiene su génesis por las precipitaciones pluviales que se almacenan en planicies presentes y afloramientos superficiales de aguas subterráneas. Se encuentran dentro de la zona de estudio siendo un lugar turístico para el desarrollo del centro poblado de Huasao.

Figura. 3: *Bofedal del centro poblado de Huasao*



Fuente: <https://www.boletomachupicchu.com/humedales-huasao/>

1.3.2. Bosque Ribereño

Esta unidad se encuentra ubicado habitualmente a lo largo de los ríos y quebradas, la clasificación de suelo que generalmente lo componen son arcillo – arenosa con un pequeño contenido de materia orgánica, este tipo de vegetación es típicamente herbácea y arbustiva. (Elorrieta Agramonte et al., 2017).

Figura. 4 : *Vegetación herbácea a lo largo del rio Huatanay*



Fuente: Propia

1.3.3. Área de agricultura en terraza

Este tipo de cobertura vegetal contiene todas las actividades antrópicas que se ubican generalmente en planicies o terrazas que se formaron por actividad de geodinámica externa y agentes erosivos en el fondo de los valles.

Figura. 5: *Áreas de cultivo en terrazas medias*

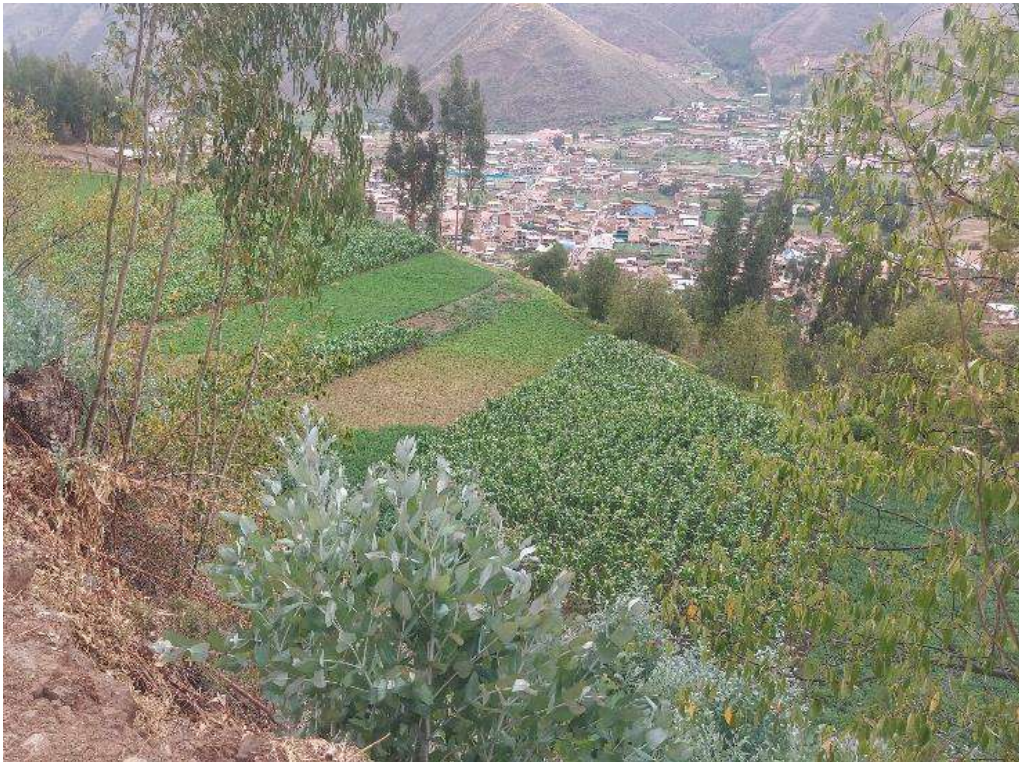


Fuente: Propia

1.3.4. Áreas de agricultura en laderas

Este tipo de cobertura vegetal son similares a las que se realizan en terrazas, con la mínima diferencia de que son cultivadas en laderas con pendientes suaves a medias, estos cultivos son utilizados en su mayoría para el pastoreo lo que causa un retroceso en el proceso de regeneración.

Figura. 6: *Áreas de cultivos en laderas*



Fuente: Propia

1.4. Antecedentes

Internacionales

1.4.1 Velásquez C. & Wifredo J. 2017; en su Tesis de investigación titulado “**Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga – Colombia**”; el objetivo de la investigación fue realizar una zonificación sismo-geotécnica de la zona de estudio; concluyeron principalmente que con el fin de mejorar la caracterización dinámica del subsuelo es necesaria la realización de algunos sondeos geotectónicos y ensayos in situ en algunas zonas de la ciudad.

Esta investigación nos ayudará a poder entender que se necesitan realizar ensayos en campo que puedan aproximarnos a determinar parámetros de deformación del suelo los cuales nos ayudarán a dar una mejor caracterización del comportamiento del suelo ante las estructuras proyectadas a construirse.

1.4.2 Moisés Juárez Camarena, Gabriel Auvinet Guichard y Edgar Méndez Sánchez, Instituto de Ingeniería 2016, UNAM; en su paper titulado: “**Experiencias en trabajos de caracterización de suelos y zonificación geotécnica**” donde este trabajo fue enfocado a la caracterización del subsuelo en un predio ubicado en Minatitlán, Veracruz, a partir de la información proveniente de exploraciones geotécnicas realizadas en el sitio, con la realización de 136 pozos a cielo abierto con profundidades de exploración variable de 2.0m a 4.70m.

Esta investigación nos ayudó a construir modelos (mapas de contornos y superficies) que facilitan la interpretación de las condiciones del subsuelo; así mismo facilita la elaboración de mapas de zonificación geotécnica y de riesgos geotécnicos estableciendo fronteras más precisas que ayuden a definir de mejor forma la ubicación de los diferentes tipos de suelo.

Nacionales

1.4.3 Huayra Canales & Paitán Ccanto, (2019); en su tesis titulado **“Zonificación geotécnica del sector de Chuñuranra del centro poblado de Callqui chico, del Distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica”**; el objetivo fue describir la zonificación geotécnica del sector de Chuñuranra. Concluyeron que de acuerdo a los valores de capacidad portante obtenidos se puede ubicar las zonas más favorables para realizar la correcta construcción edificaciones y viviendas.

Esta investigación indica que los valores de capacidad portante mayores son los más óptimos para definir el tipo de cimentación que se recomendará para las futuras edificaciones que se construirán en zonas favorables y adecuadas.

1.4.4 Cotrina Velásquez, (2017); en su trabajo de investigación titulado **“Zonificación geotécnica de los suelos de fundación, mediante el ensayo de corte directo y DPL en la urbanización Los Girasoles - Jaén”**; el objetivo fue determinar la zonificación geotécnica de los suelos de fundación en la urbanización Los Girasoles mediante el ensayo de corte directo y DPL. Se concluyó que al realizar la comparación del cálculo de la capacidad portante por el ensayo DPL y corte directo se tiene una variación del 14% y no 30% como se planteaba en la hipótesis inicial.

En esta investigación los resultados obtenidos al realizar los ensayos de DPL y corte directo permitieron la demarcación y realización de propuestas de mapa de zonificación para la expansión urbana segura y organizada de la zona de estudio. Esta información brinda una serie de valores de los parámetros mecánicos del suelo que indican si son adecuados para el diseño estructural y seguridad de la población.

Regionales

1.4.5 Martínez E. & Córdova Y. (2017); en su tesis titulada “**Zonificación geotécnica del barrio centro del distrito de Picota, provincia Picota - región San Martín**”; el objetivo de esta investigación fue realizar la zonificación geotécnica de los suelos del barrio centro del distrito de Picota según el área delimitada; concluyeron que si se pudo realizar la zonificación geotécnica, obteniéndose un mapa de zonificación por tipo de clasificación de suelos SUCS y otro mapa de zonificación por la capacidad de carga admisible del suelo.

Según a estos resultados obtenidos de la tesis mencionada se pudo obtener como aporte la realización de un mapa de zonificación por el tipo de suelo presente (Clasificación SUCS) que será de gran ayuda para poder identificar el tipo de material a diferentes profundidades, en base al perfil estratigráfico identificado, encontrándose a mayor profundidad los estratos más estables para cimentar una edificación.

Locales

1.4.6 Jurado Díaz & Yabarrena Quispe, (2022); con su tesis titulada “**Propuesta de Zonificación geotécnica en función a la capacidad portante del suelo, para el centro poblado de Oropesa, distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi-Región Cusco-2022**”; el cual tenía por objeto proponer una zonificación geotécnica en base a los valores de la capacidad portante del suelo. Es así que se concluye que se pudo realizar la propuesta de zonificación del centro poblado de Oropesa en función a valores con mayor capacidad portante, siendo estos los más adecuados para la construcción de edificaciones y en caso de no tener buenos valores se deberá realizar un mejoramiento o reemplazo del suelo.

En base a los resultados obtenidos de esta investigación que es una zona próxima a nuestro área de estudio y que tienen características geotécnicas similares, los valores de capacidad portante son adecuados para la construcción de edificaciones en su mayoría porque tiene suelos según clasificación SUCS de gravas y arenas, sin presencia de nivel freático, esta información nos proporciona un criterio más detallado a considerar, ya que la presencia de nivel freático baja los valores de la capacidad portante del suelo y en consecuencia se requieren otros tipos de diseño cimentación más estables y seguros.

1.4.7 Quispe Huanca, (2020); en su tesis titulada “**Zonificación Geotécnica del Casco Monumental Del Distrito de Yanaoca – Provincia de Canas – Cusco**”; el objetivo fue determinar la zonificación geotécnica en función de la clasificación de suelos según método SUCS y la capacidad portante del suelo para fines de cimentaciones superficiales en el casco monumental del distrito Yanaoca. Se llegó a la conclusión que si era posible realizar la zonificación geotécnica en función a los métodos propuestos.

Esta tesis nos muestra información muy relevante para realizar un adecuado ordenamiento territorial y plan de desarrollo urbano, en base a los diferentes tipos de suelo y valores de capacidad portante, en esta zona de estudio se pudo determinar la presencia de nivel freático, lo cual afecta de manera significativa a los valores de capacidad portante del suelo, esta información es importante para evaluar zonas favorables y desfavorables en donde realizar la construcción de edificaciones.

1.5.Problema

1.5.1. Planteamiento del problema

“La zonificación geotécnica se basa en la clasificación de unidades geotécnicamente homogéneas, que pueden abarcar diferentes edades geológicas; a su vez, estas pueden dividirse en subunidades. El detalle y grado de homogeneidad dependerá de la escala, objetivo del mapa y datos disponibles”. (González de Vallejo, 2002). Por lo cual se puede entender que la zonificación geotécnica radica en determinar zonas congruentemente homogéneas, con características mecánicas y físicas equivalentes, donde se logrará identificar parámetros imprescindibles para advertir sobre algún problema posterior, además permite conocer el tamaño del terreno para los distintos usos que se le puede asignar consecutivamente.

Actualmente el centro poblado de Huasao se encuentra en proceso de llegar a ser reconocido como un distrito, esto se debe al incremento de la cantidad de habitantes que en consecuencia aumenta la cantidad de edificaciones y viviendas distribuidas en toda la extensión del centro poblado de Huasao. Debido a la expansión urbana latente es necesario e imprescindible realizar un estudio de zonificación geológica-geotécnica, ya que esta área no cuenta con un estudio básico de geotecnia y la mayoría de pobladores construye sus viviendas por intuición sin un respaldo de un estudio geológico - geotécnico, por lo que realizan la construcción de edificaciones de una manera informal en algunos terrenos que puede ser no viables, con presencia de suelos potencialmente licuables y colapsables que a lo largo de los años sean afectados por fenómenos externos o internos los cuales sufren estragos en su construcción como asentamientos, grietas en las viviendas y hasta el colapso de las mismas, ignorando que para todo tipo de edificación es necesario realizar estudios de mecánica de suelos y estudios geológicos para tener un óptimo diseño estructural en las obras de construcción.

En ese sentido es imprescindible elaborar una propuesta de mapa de zonificación geológica-geotécnica que servirá como herramienta de habilitación urbana, y le permita al municipio del centro poblado de Huasao modificar o alinear parámetros con respecto al plan de ordenamiento territorial y la consecuente expansión urbana del centro poblado de Huasao en las distintas zonas donde sean adecuadas la construcción de nuevas viviendas.

1.5.2. Formulación del problema general

¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas para la zonificación geotécnica con fines de expansión urbana del centro poblado de Huasao?

1.5.3. Formulación de problemas específicos

- ¿Cuáles son las características geomorfológicas para la expansión urbana del centro poblado de Huasao?
- ¿Cuáles son las características geológicas para la expansión urbana del centro poblado de Huasao?
- ¿Cuáles son las características geotécnicas físicas - mecánicas de los suelos para la zonificación geotécnica con fines de expansión urbana del centro poblado de Huasao?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la zonificación geológica-geotécnica para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

1.6.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las unidades geomorfológicas para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.
- Determinar las características geológicas para la expansión urbana el centro poblado de Huasao.
- Determinar las características geotécnicas físicas - mecánicas de los suelos para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

1.7. Justificación

El centro poblado de Huasao, según los datos del último censo del 2018 tiene una población de 1437 habitantes que ocupan la zona urbana y rural, teniendo un crecimiento poblacional importante en los últimos años. La población de Huasao cuenta con ingresos económicos irregulares, ya que la gran mayoría no tiene estudios superiores e incluso muchos tienen nivel de estudio secundario incompleto, este proyecto de investigación nos ayudará a que haya una mejor distribución de los sectores económicos y un ordenamiento bien organizado en cada sector sin generar desorden urbanístico.

El centro poblado de Huasao presenta problemas de carácter geológico-geotécnico como consecuencia de actividades antrópicas no inspeccionadas, generalmente prácticas inconvenientes en el uso del suelo, en ausencia de un plan de ordenamiento territorial adecuado, según información de la comunidad. En nuestro proyecto de investigación estamos proponiendo establecer un procedimiento de trabajo para establecer nuevos lineamientos para una adecuada expansión urbana, planteamos una solución geológica y geotécnica, mediante una propuesta de mapa de zonificación geológica-geotécnica el cual servirá de mucho aporte a toda la comunidad, debido a

que se podrá distinguir zonas con características geológicas-geotécnicas homogéneas y en consecuencia sectorizar las áreas donde serán adecuadas la edificación de nuevas viviendas con menor probabilidad de sufrir estragos en su construcción.

Este estudio se realiza con el propósito de incrementar el conocimiento de geología en la aplicación a temas de desarrollo urbano y rural, para así evidenciar la importancia aplicativa de la Ingeniería Geológica en estudios previos a edificaciones de diversa índole. Así como, ampliar el interés y mejorar el desempeño de los estudiantes en estudios de zonificación geotécnica, ya que la geotecnia se sirve de la geología, para la aplicación de los principios geológicos de rocas y suelos. Además esta investigación se realizo con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Geólogo y sustentar los resultados determinados en el desarrollo de las evaluaciones geológicas-geotécnicas.

1.8. Formulación de hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Las condiciones geológicas, geotécnicas del centro poblado de Huasao tiene o presenta variación espacial respecto a sus parámetros geotécnicos que determinan la zonificación geotécnica diferenciada.

1.8.2. Hipótesis específicas

- Las condiciones geomorfológicas son distintas que predispone zonas de diferentes usos para realizar la expansión urbana centro poblado de Huasao.

- Las condiciones geológicas presentan diferentes características que predisponen diferentes tipos de zonas de uso para realizar la expansión urbana del centro poblado de Huasao.
- Las características geotécnicas presentan variaciones en su comportamiento geotécnico que zonifican los suelos, determinando zonas favorables y desfavorables para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

1.9. Metodología de trabajo

1.9.1. Tipo de investigación

- Enfoque de la investigación: Mixta porque “El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento” (Ruiz, Borboa & Rodríguez, 2013).
- Métodos de investigación: Mixto, Inductivo, Hipotético-Deductivo porque “parte de dos premisas, una universal (leyes y teorías científicas) y la otra empírica (observable que genera el problema y motiva la indagación) para llevarla a contrastación empírica” (Popper, 2008).
- Diseño de la investigación: Transversal porque se lleva a cabo con el mismo conjunto de variables durante un cierto periodo de tiempo.
- Nivel de la investigación: “Descriptiva Correlacional” porque según Borja S., (2016) esta investigación determina las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio como personas, viviendas, concreto armado, probetas o cualquier otro fenómeno que se quiera estudiar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así -y valga la redundancia- describir lo que se investiga. (Hernández Sampieri et al., 2014).

1.9.2. Etapas de elaboración del estudio

1.9.2.1. Etapa de pre campo

- Coordinación con la municipalidad del centro poblado de Huasao y autoridades de los sectores de la zona de estudio, explicando el plan de trabajo.
- Recopilación de data (antecedentes y bibliografía), informes de EMS, datos de campo y laboratorio, tesis, papers, artículos, mapas relacionados al trabajo de investigación.
- Digitalización de mapas base para realizar los trabajos de campo (mapa base topográfico, mapa satelital, mapa geológico y geomorfológico regional).
- Coordinación del programa de exploración de campo y ensayos de laboratorio en base a la normativa E.050.
- Primera salida de inspección a campo.

1.9.2.2. Etapa de campo

- Identificación y delimitación de la geología local y geomorfología local de la zona de estudio, reconocimiento y obtención de muestras de manos representativas de cada formación geológica.
- Realización de apertura de calicatas (auscultaciones) a una profundidad de 3 metros y descripción visual del perfil estratigráfico y posterior muestreo de cada calicata realizada (muestra alterada e inalterada), posteriormente por temas de seguridad se cierra cada calicata con su mismo material.
- Realización de pruebas de campo (densidad natural del suelo, ensayo DPL en cada calicata aperturada).
- Toma de fotos para la investigación y traslado de muestras a laboratorio.

1.9.2.3. Etapa de laboratorio

- Análisis e identificación de las muestras (alteradas e inalteradas) de cada calicata aperturada.
- Determinación de los ensayos de caracterización de cada muestra (análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de consistencia, peso unitario, gravedad específica).
- Realización de ensayos especiales de muestras inalteradas (corte directo drenado, compresión simple).
- Toma de fotos de los ensayos realizados en laboratorio para complementar la investigación.

1.9.2.4. Etapa de Gabinete

- Clasificación y organización de toda la información obtenida anteriormente.
- Realización y generación de las capas de información SIG, archivos shape, polígonos, superficies, tabla de datos, etc.
- Elaboración y digitalización de mapas geológicos, geomorfológicos y según los objetivos de la investigación.
- Procesamiento de los datos obtenidos en los ensayos de caracterización de cada muestra en laboratorio.
- Cálculo de la capacidad de carga y asentamientos inmediatos de los suelos y posterior análisis e interpretación de los resultados obtenidos.
- Uso de la metodología de jerarquías analíticas de Saaty para obtener una primera propuesta de mapa de zonificación geotécnica evaluando y comparando las dimensiones más importantes que influyen en los parámetros geotécnicos del suelo.
- Análisis geoestadísticos de los resultados obtenidos de cada muestra utilizando los softwares ArcGIS, luego se procederá a realizar la interpolación de datos y se

obtendrá como resultado el mapa de zonificación geológica - geotécnica de la zona de estudio.

- Análisis e interpretación de resultados.
- Redacción de tesis.

1.9.3. Equipos y materiales

- Mapas base: topográfico, geológico y geomorfológico
- Imágenes satelitales
- Bolsas de muestra para el suelo y roca
- Ácido clorhídrico
- Lupa, rayador, escalímetro
- Protactor
- Tablero, colores, regla
- Hojas, papel milimétrico
- Ponchos de agua, chaleco
- GPS, brújula y picota
- Cinta métrica
- Bolsas de muestra

1.9.4. *Procesamiento de datos*

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo y gabinete, se utilizarán los siguientes programas informáticos: ArcGIS, Google Earth, SAS Planet, Microsoft Office, Power Point, AutoCAD, Excel.

1.10. Variables

1.10.1. *Variable N°01*

Zonificación Geotécnica

1.10.1.1. Dimensión

- Geología
- Geomorfología
- Geotecnia

1.10.1.2. Indicador

- Geología: Litología, Estratigrafía, Geología estructural
- Geomorfología: Fisiografía, Topografía, Pendientes
- Geotecnia: Parámetros físicos y mecánicos del suelo

1.10.2. *Variable N°02*

- Expansión Urbana

1.10.2.1. Dimensión e Indicador

- Urbanismo: Población y Actividades humanas

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO	Geologico	Geomorfologia	Topografia
			Pendientes
			Fisiografia
		Litoestratigrafia	Litologia
			Estratigrafia
			Geologia Estructural
	Geodinamica interna		
	Geodinamica externa		
	Geotecnico	Prospección Directa	Calicatas
			Ensayos Insitu
			Ensayos en Laboratorio

Matriz de Operacionalización de indicadores

OPERACIONALIZACION DE INDICADORES		
INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Topografia	Observación/Documentos y Registros	Mapa topografico
Pendientes	Observación	Mapa de pendientes
Litologia	Observación	Fichas de observación petrográfica/Mapa Geológico
Estratigrafia	Observación/Documentos y Registros	Fichas de Perfiles Estratigráficos
Unidades Morfoestructurales	Observación/Documentos y Registros	Fichas de observacion de unidades geomorfologicas / Mapa Geomorfológico
Geodinamica externa	Observación/Documentos y Registros	Fichas de observacion de fenómenos de Geodinámica externa / Mapa de Zonificacion Geodinámica
Calicatas	Observación	Fichas de registros de calicatas
Dpl	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo DPL
Densidad Natural	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo DPL
Contenido de Humedad	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo contenido de humedad
Granulometria	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo granulometria
Límite Líquido	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo limite líquido
Límite Plastico	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo limite plástico
Peso Especifico	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo Peso especifico
Gravedad Especifica	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo Gravedad Especifica
Ángulo de fricción	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo Corte directo
Cohesión	Observación	Formatos de observación / registro de ensayo DPL Corte directo

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
"ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI - CUSCO 2023"							
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>El Centro Poblado de Huasao el cual pertenece al distrito de Oropesa, Provincia de Quispicanchis, Departamento del Cusco, fue seleccionado para realizar este trabajo de investigación está encaminado a ser un Estudio de Zonificación Geotécnica, ya que esta área no cuenta con un estudio básico de geotecnia y la mayoría de pobladores construye sus viviendas por intuición sin un respaldo de un estudio geológico - geotécnico, por lo que realizan la construcción de edificaciones de una manera informal en algunos terrenos que puede ser inundables, con presencia de suelos potencialmente licuables y colapsables que a lo largo de los años sean afectados por fenómenos externos o internos los cuales sufren estragos en su construcción como asentamientos, grietas en las viviendas y hasta el colapso de las mismas, ignorando que para todo tipo de edificación es requerido realizar estudios de suelos para tener un óptimo diseño estructural en las obras de construcción.</p>	<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la Zonificación Geológica-Geotécnica para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>1. ¿Cómo serán las características geomorfológicas para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao?</p> <p>2. ¿Cómo serán las características geológicas para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao?</p> <p>3. ¿Cómo serán las características geotécnicas físicas - mecánicas en los suelos para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la Zonificación Geológica-Geotécnica para la expansión del Centro Poblado de Huasao.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>1. Determinar las unidades geomorfológicas para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao.</p> <p>2. Determinar las condiciones geológicas para la expansión urbana el Centro Poblado de Huasao.</p> <p>3. Determinar las condiciones geotécnicas físicas y mecánicas de los suelos para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL La Zonificación Geológica-Geotécnica determina las zonas más aptas para la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <p>1. Las condiciones geomorfológicas son favorables para realizar la expansión urbana Centro Poblado de Huasao.</p> <p>2. Las condiciones geológicas o son propicias para realizar la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao.</p> <p>3. Las características geotécnicas físicas y mecánicas son favorables para realizar la expansión urbana del Centro Poblado de Huasao.</p>	ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO	Zonificación Geológica	Geomorfología	Topografía
							Pendientes
							Fisiografía
						Litroestratigrafía	Litología
							Estratigrafía
						Geología Estructural	Unidades Morfoestructurales
					Geodinamica interna		
					Geodinamica externa		
					Calicatas		
					Zonificación Geotécnica	Prospección Directa	Ensayos In situ (Dpl y Densidad Natural)
Ensayos en Laboratorio (Contenido de humedad, Análisis granulométrico, Límites de consistencia, Peso Específico, Gravedad específica, Corte directo)							
CRONOGRAMA							
ACTIVIDADES		2023					
		PRECAMPO	CAMPO	LABORATORIO	GABINETE		
AGOSTO							
SETIEMBRE							
OCTUBRE							
NOVIEMBRE							
DICIEMBRE							
ENERO (2024)							

Presupuesto general

ITEM	DESCRIPCION	Und	Cant	N° de Exploraciones	Precio Unitario (S/)	Precio Parcial (S/)
A) RECURSOS HUMANOS						
1	Bachiller en Ing. Geológica	GLB	2			
B) EQUIPOS DE MATERIALES Y CAMPO						S/ 310.00
1	GPS Garmin e-Trex 10	UND	1		S/ -	S/ -
2	Brújula	UND	1		S/ -	S/ -
3	Picota	UND	1		S/ -	S/ -
4	Libreta topográfica	UND	2		S/ 5.00	S/10.00
5	Sacos	UND	30		S/ 2.00	S/ 60.00
6	Picos	UND	2		S/ 30.00	S/ 60.00
7	Palanas	UND	2		S/ 50.00	S/ 100.00
8	Mapas de trabajo	UND	4		S/ 2.50	S/ 10.00
9	Escalímetro	UND	1		S/ 10.00	S/ 10.00
10	Protactor	UND	1		S/ 30.00	S/ 30.00
11	Bolsa de Muestreo	UND	2		S/ 15.00	S/ 30.00
C) EQUIPOS Y MATERIALES DE GABINETE						S/ 675.00
2	Computadora	UND	1		S/ -	S/ -
3	Impresora	UND	1		S/ 400.00	S/ 400.00
4	Calculadora	UND	1		S/ 25.00	S/ 25.00
5	Tinta para impresora	UND	2		S/ 85.00	S/ 170.00
6	Papel Bond A4	MILL	2		S/ 25.00	S/ 50.00
7	USB 8Gb	UND	1		S/ 30.00	S/ 30.00
D) SOFTWARE						S/ 90.00
1	Programas de procesamiento de datos (ArcGIS, AutoCAD, SGEMS)	GLB	3		S/ 30.00	S/ 90.00
E) ETAPA DE PRE-CAMPO						S/ 200.00
1	Recopilación de información bibliográfica (FISICO - DIGITAL)	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
2	Revisión de Antecedentes de la zona de estudio (FISICO - DIGITAL)	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
3	Elaboración de mapas para etapa de pre-campo mediante imágenes satelitales	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
4	Elaboración de mapas de ubicación y accesibilidad (E: 1/1000)	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
F) ETAPA DE CAMPO						S/ 3900.00
1	Mapeo Geológico (E:1/200)	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
2	Mapeo Geomorfológico (E:1/200)	GLB	1		S/ 50.00	S/ 50.00
3	Levantamiento de Columnas estratigráficas a detalle	GLB	1		S/ 200.00	S/ 200.00
4	Determinación de puntos GPS	GLB	1		S/ 200.00	S/ 200.00
5	Apertura de Calicatas según NTP 339.162 (ASTM D420)	UND	1	10	S/ 200.00	S/ 2000.00
6	Ensayo de densidad natural (Método cono de arena)	UND	1	10	S/ 50.00	S/ 500.00
7	Penetración Dinámica Ligera DPL	UND	1	1	S/ 200.00	S/ 200.00
8	Muestreo de material (Suelo)	UND	1	10	S/ 50.00	S/ 500.00
9	Transporte de muestras	GLB	1	1	S/ 200.00	S/ 200.00
G) ETAPA DE LABORATORIO						S/ 3950.00

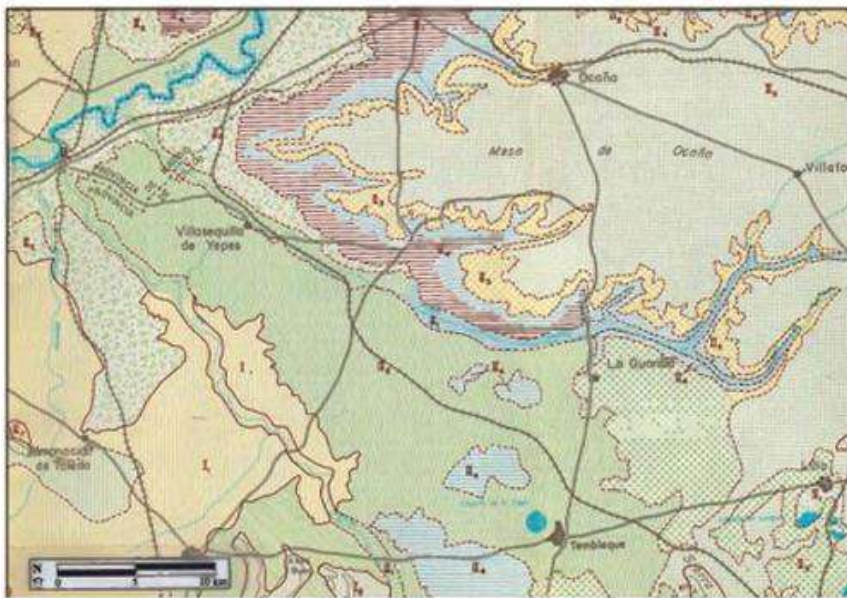
1	Análisis de las muestras de suelo (Calicatas)	UND	1	10	S/ 50.00	S/ 500.00
2	Determinación del contenido de Humedad de los suelos	UND	1	10	S/ 5.00	S/ 50.00
3	Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado	UND	1	10	S/ 50.00	S/ 500.00
4	Método de ensayo para determinar los límites de consistencia de las muestras	UND	1	10	S/ 40.00	S/ 400.00
5	Peso específico volumétrico de las muestras	UND	1	10	S/ 50.00	S/ 500.00
6	Calculo de capacidad portante	UND	1	10	S/ 200.00	S/ 2000.00
H) ETAPA DE GABINETE						S/160.00
1	Procesamiento de generación de mapa geológico local (E: 1/200)	GLB	1		S/ 20.00	S/ 20.00
2	Procesamiento de generación de mapa geomorfológico local (E: 1/200)	GLB	1		S/ 20.00	S/ 20.00
3	Contratación de un Especialista en Geotecnia	GLB	1		S/ 2000.00	S/ 2000.00
4	Procesamiento de Ensayos en Laboratorio	GLB	1	1	S/ 1000.00	S/ 1000.00
5	Análisis Geoestadístico (SGEMS / ARCGIS)	GLB				
6	Correlación de datos geológicos y geotécnicos	GLB				
7	Análisis e interpretación de resultados de las muestras de suelo en laboratorio	GLB	1	1	S/ 100.00	S/ 100.00
8	Redacción del Informe final de tesis	GLB				
	SUBTOTAL					S/ 12,265.00
	Imprevistos	GLB	1	1	S/ 1000.00	S/ 1000.00
PRESUPUESTO TOTAL						S/13,265.00

1.11. Marco teórico conceptual

1.11.1 Mapa geotécnico

Los mapas geotécnicos conforman un método para representar cartográficamente la información geológica – geotécnica con el objetivo de tener una base en la planificación y uso del terreno para distintas obras de ingeniería, estos mapas brindan información sobre las características y propiedades del suelo de una zona explícita para evaluar su comportamiento y prever los problemas geológicos y geotécnicos. González de Vallejo, (2002).

Figura. 7: Ejemplo de mapa geotécnico general



Fuente: Tomado de Gonzáles (2002)

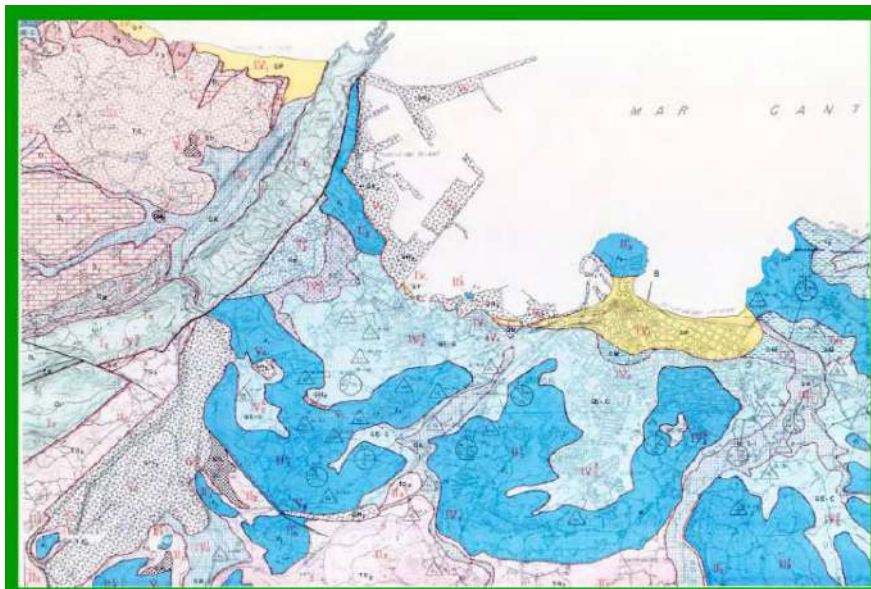
1.11.2 Cartografía geotécnica

La cartografía geotécnica es una técnica que se encarga del estudio y la representación de áreas homogéneas de la corteza terrestre sobre un plano, y este último se denomina mapa geotécnico. Es la caracterización del comportamiento geotécnico de los materiales de una zona

específica a través de las unidades geotécnicas existentes, de igual comportamiento geotécnico, expresado gráficamente en planos, cartas, cortes o perfiles geotécnicos.(Coila Valdez, 2020).

“La cartografía geotécnica es de gran importancia para el desarrollo de los trabajos de ingeniería, proporcionando informaciones fundamentales sobre los materiales geológicos que componen los terrenos y las propiedades relevantes de los macizos, con vista a su utilización en obras de ingeniería. El conocimiento de la realidad del medio físico, proporcionado por la suma de la cartografía geológica y la cartografía geotécnica, facilita la optimización de las opciones de ocupación del espacio, superficial o subterráneo a una adecuada planificación y gestión urbana del territorio, contribuyendo decisivamente a una adecuada planificación y gestión urbana del territorio”. (Coila Valdez, 2020).

Figura. 8: *Cartografía geológica - geotécnica*



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/presentacincartografia-151208191055-lva1-app6891/75/lacartografa-geologicogeotcnica-en-los-proyectos-de-carreteras-6-2048.jpg?cb=1668441715>

1.11.3 Zonificación

“La palabra zonificación se refiere, sencillamente, a dividir en zonas; esto se puede aplicar en distintos campos y extensiones. Para efectos del urbanismo, la zonificación divide un área de estudio que puede ser la ciudad entera o un sector de ella en zonas donde aplican distintas normas de desarrollo. El objetivo general de aplicar una zonificación es propiciar la eficiencia y sinergia en las dinámicas urbanas, evitando el conflicto. Para esto se debe realizar un diagnóstico sistemático del lugar en donde se va a aplicar”.(Guardia D., 2020, p. 01).

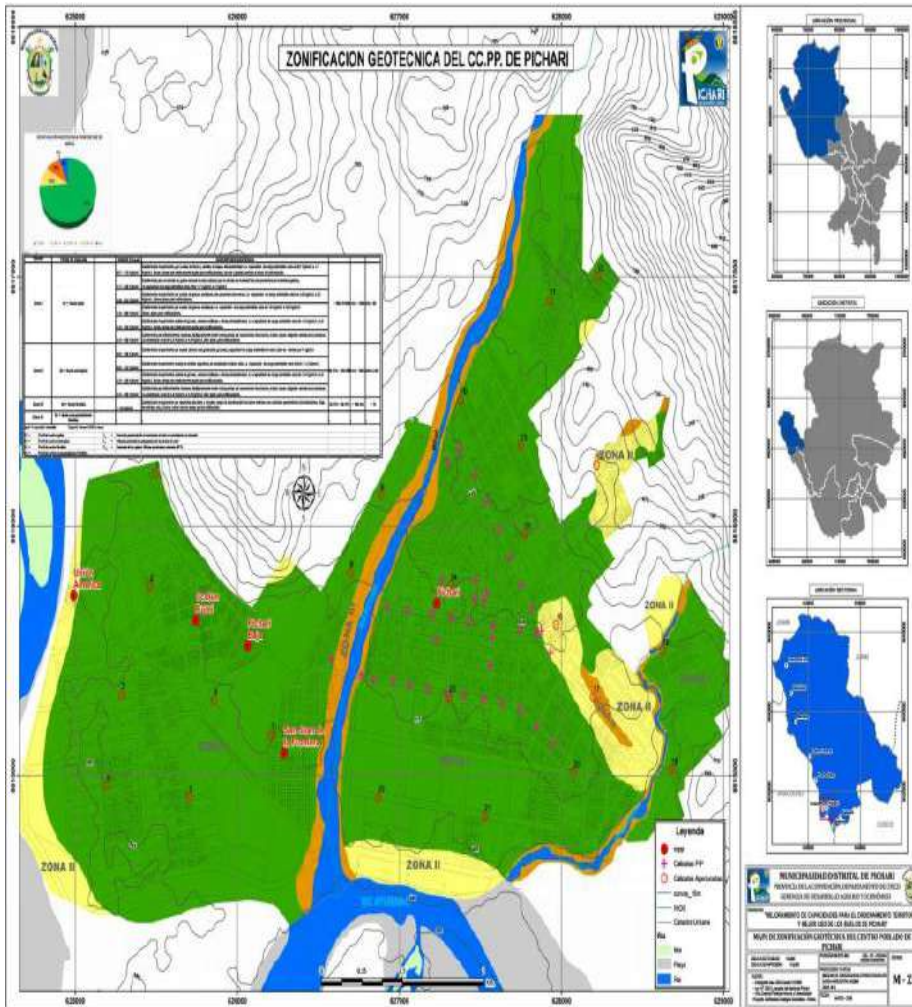
La zonificación en el campo del planeamiento se idealiza como un esquema de subclasificación de un área urbana con la finalidad de filtrar sus usos, la densidad de los habitantes, tamaño de parcelas, tipos de edificaciones entre otras más. La zonificación es uno de los tantos dispositivos normados que se emplean para efectuar nuevas propuestas de urbanización adecuadas en un plan urbano. (Guardia D., 2020).

1.11.4 Zonificación geotécnica

“La zonificación geotécnica consiste en la delimitación del área de cuerpos geológicos, con un grado de homogeneidad en su comportamiento geotécnico que depende fundamentalmente de la escala de trabajo”. (Quintana Crespo, 2020, p. 01).

“Las zonificaciones geotécnicas se presentan como un importante instrumento técnico que permite definir aspectos como: estimación de grado de amenaza por factores naturales, caracterización geotécnica de suelos y rocas, identificación y caracterización de las fuentes de materiales de construcción, definición de la estabilidad posible de cada zona ante obras civiles como edificios o vías, y llegar al uso recomendado del suelo desde el punto de vista de estabilidad”.(López Flórez & Robayo Gonzales, 2007, p. 19).

Figura. 9: Mapa de zonificación geotécnica



Fuente: https://issuu.com/americos56/docs/mapa_pichari_cuadros

1.11.5 Métodos de Zonificación

Método de interpolación IDW

Combina el concepto de vecindad entre sitios con disponibilidad de datos con un cambio gradual de las superficies definidas con una tendencia. Se supone que el valor del atributo Z en una posición donde el valor del atributo no es conocido es un promedio de los valores de sus vecinos, pero donde los vecinos más cercanos tienen más peso o importancia que los más alejados.

Método de interpolación Spline

Este método estima valores utilizando una función matemática que minimiza la curvatura de la superficie en general, lo que da como resultado una superficie lisa que pasa exactamente a través de los puntos de entrada, siendo un método exacto, este método es el mejor para superficies que varían suavemente la elevación, las alturas de napas freáticas, o las concentraciones de algún elemento contaminante, las estimaciones pueden contener cimas y valles, utiliza un interpolador de curvatura mínima en dos dimensiones, es un interpolador exacto donde la curva pasa siempre por los puntos de muestreo y a mayor número de puntos de muestreo mayor suavidad tendrá la superficie creada, es apropiado para superficies no abruptas (Elevación).

Método geoestadístico Krigging

Es un método geo-estadístico que describe la correlación espacial y temporal entre los valores de un atributo. Con frecuencia se ha usado en las geo ciencias (geofísica, hidrogeología, etc.) siendo sus principios aplicables a una variedad amplia de campos científicos como pesquerías, silvicultura, Ingeniería Civil, procesamiento de imágenes, cartografía, meteorología, etc. La Geoestadística asume que los datos están correlacionados y que la continuidad se puede establecer para puntos, bloques o volúmenes. En este método se utiliza el concepto de variable regional que describe fenómenos con una distribución geográfica y con una cierta continuidad espacial.

Método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables

En cualquier trabajo de investigación la descripción y el análisis de los resultados son requeridos para conocer de una manera favorable las premisas individuales de la investigación. Debido a ello se utilizó esta metodología de evaluación multicriterio, que se basa en el método de ponderación propuesto por el matemático Thomas L. Saaty, el cual tiene como finalidad establecer

una matriz de comparación entre pares de criterios, comparando la importancia de cada uno con respecto a otro, lo cual proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los criterios evaluado. Para la apreciación del valor de importancia individual de cada criterio se recurre a la metodología de comparación de pares, que brinda un valor que evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro.

Figura. 10: *Escala de comparación de pares*

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACION
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que.....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Manual de evaluación de riesgos del CENEPRED.

1.11.6 Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

La presente norma establece las condiciones más exiguas para que todas las edificaciones diseñadas lleguen a obtener un comportamiento sísmico que sea adecuado con los principios del diseño sismorresistente. En consecuencia, de acuerdo a esta normativa se podrá evitar pérdidas de vidas humanas, además de asegurar la continuación de los servicios básicos y también regularizar los daños a las propiedades unifamiliares.

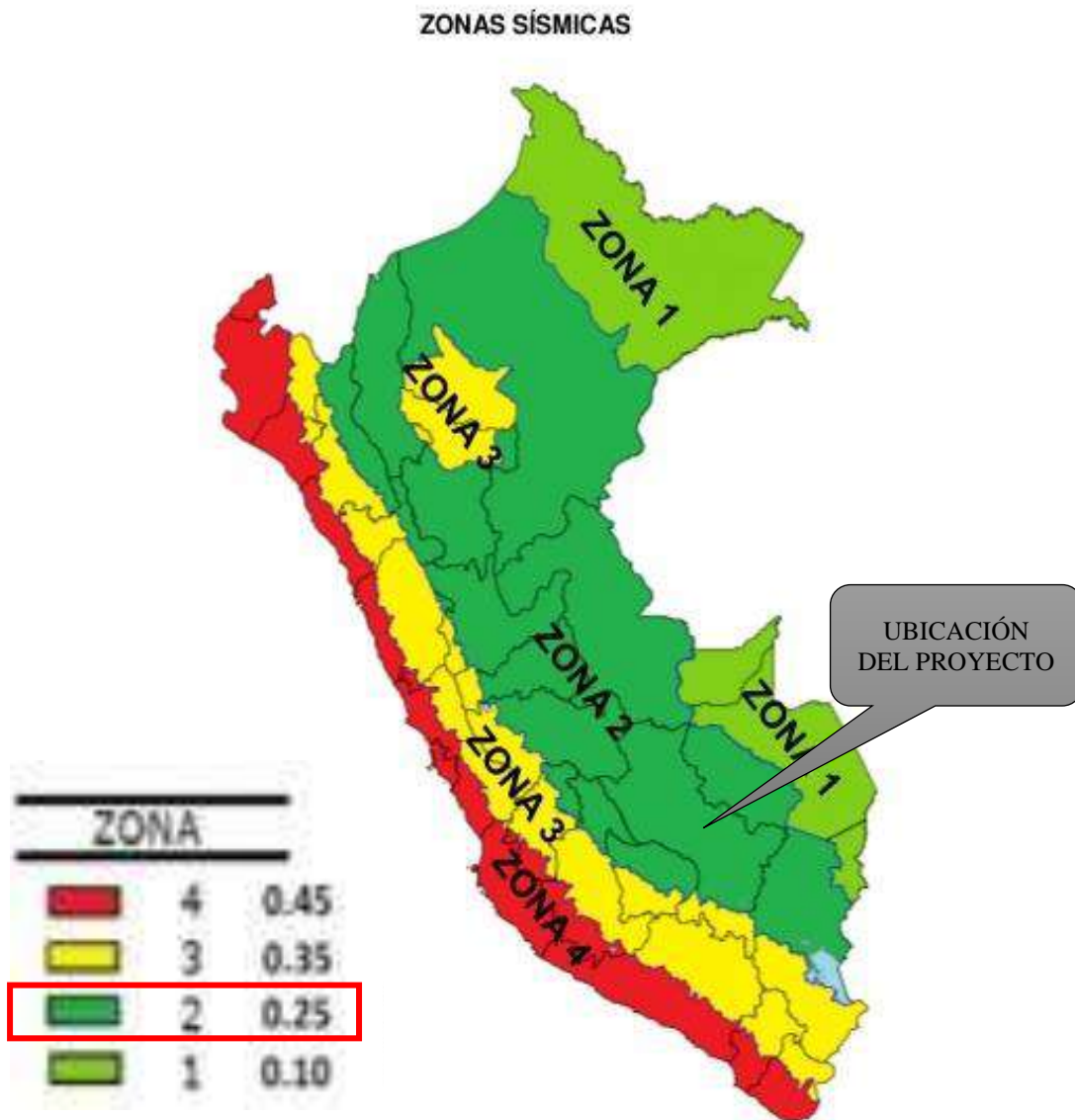
Esta norma da mayor énfasis a los requisitos más diminutos y las solicitudes sísmicas de configuración, rigidez y resistencia que debe poseer las edificaciones, además también se tiene en consideración a las estructuras que no sean edificios, reservorios, puentes, etc.(Muñoz Peláez, 2020)

1.11.7 Zonificación Sísmica según la normativa E.030

Desde el marco regional, el levantamiento de los andes, producto de la subducción de las placas oceánicas por debajo de la placa sudamericana representa una relación con fallas activas cuaternarias haciendo que la frecuencia sísmica sea relativamente alta.

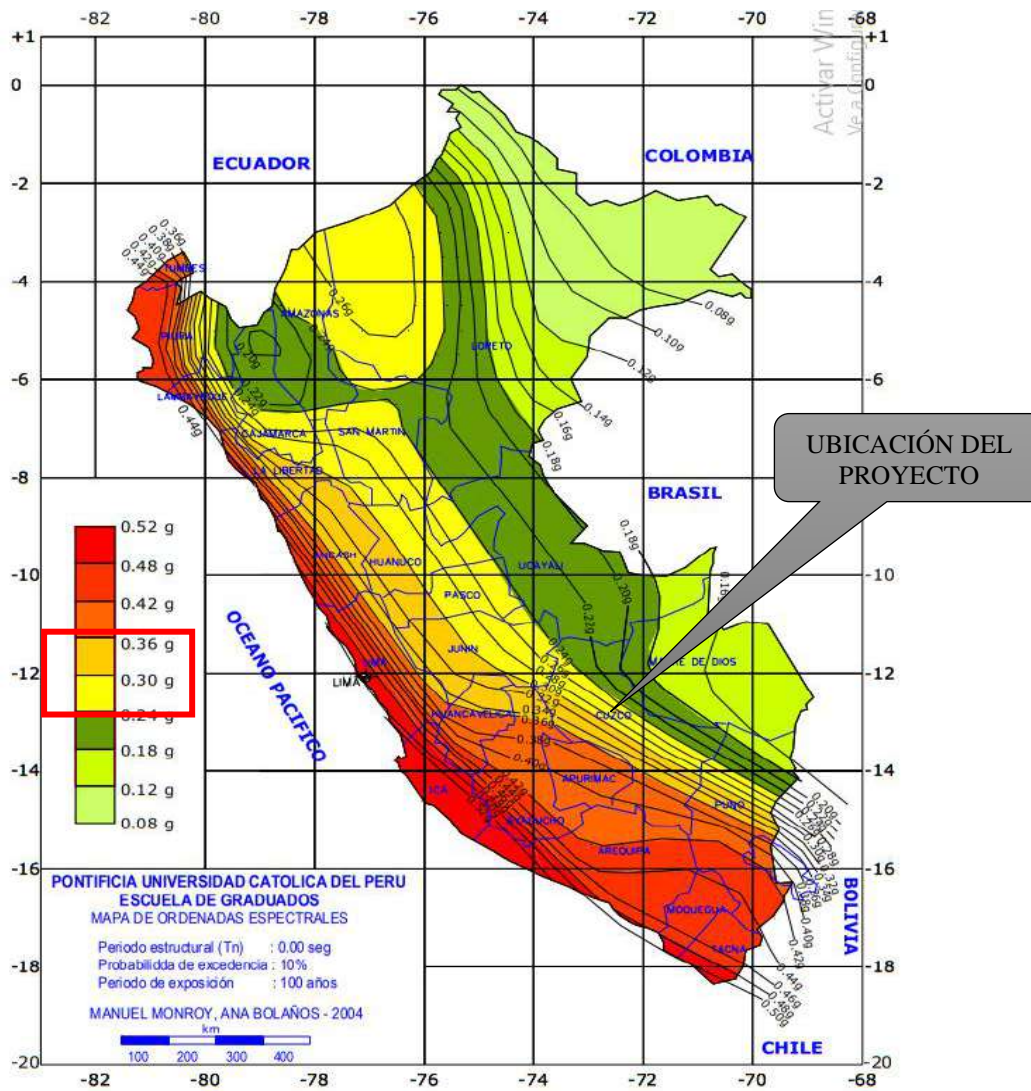
La zonificación presentada en el decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA, en el capítulo dos muestra un mapa de zonificación sísmica en base a las características de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral. Asimismo, considerando la Neotectónica. A cada zona se le asigna un factor Z que representa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido la cual puede ser excedida con una probabilidad de 10% en 50 años.

Figura. 11: Zonas sísmicas en el Perú



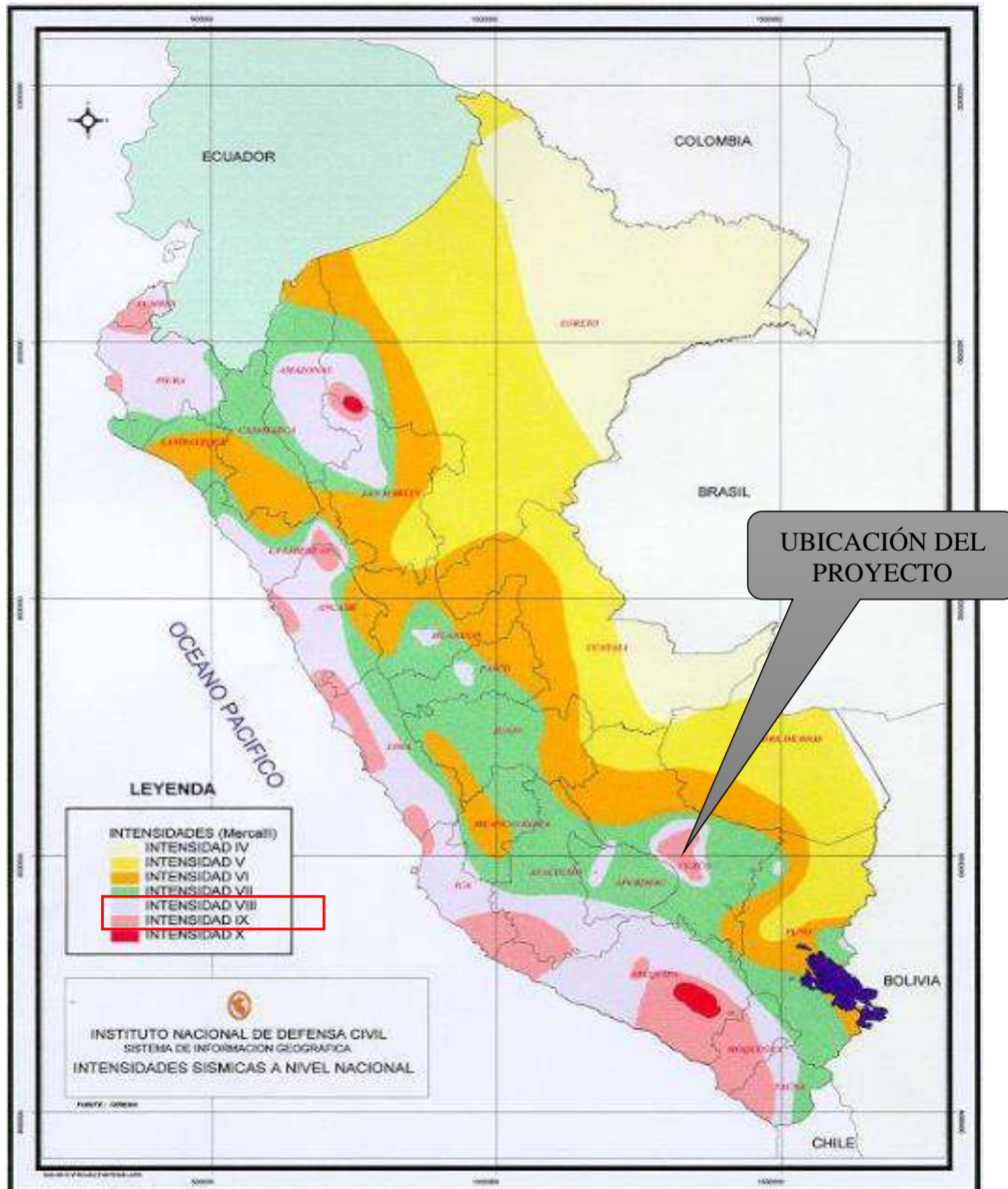
Nota: Se muestra una clasificación de las zonas sísmicas en el Perú. (Fuente: CAPITULO II-D.S. N.º 003-2018-VIVIENDA)

Figura. 12: Mapa de ordenes espectrales del Perú



Fuente: Norma técnica E.030 RNE - Nota: Se muestra el mapa del Perú con las ordenadas espectrales para periodos de exposición de 100 años. (Monroy & Bolaños, 2004).

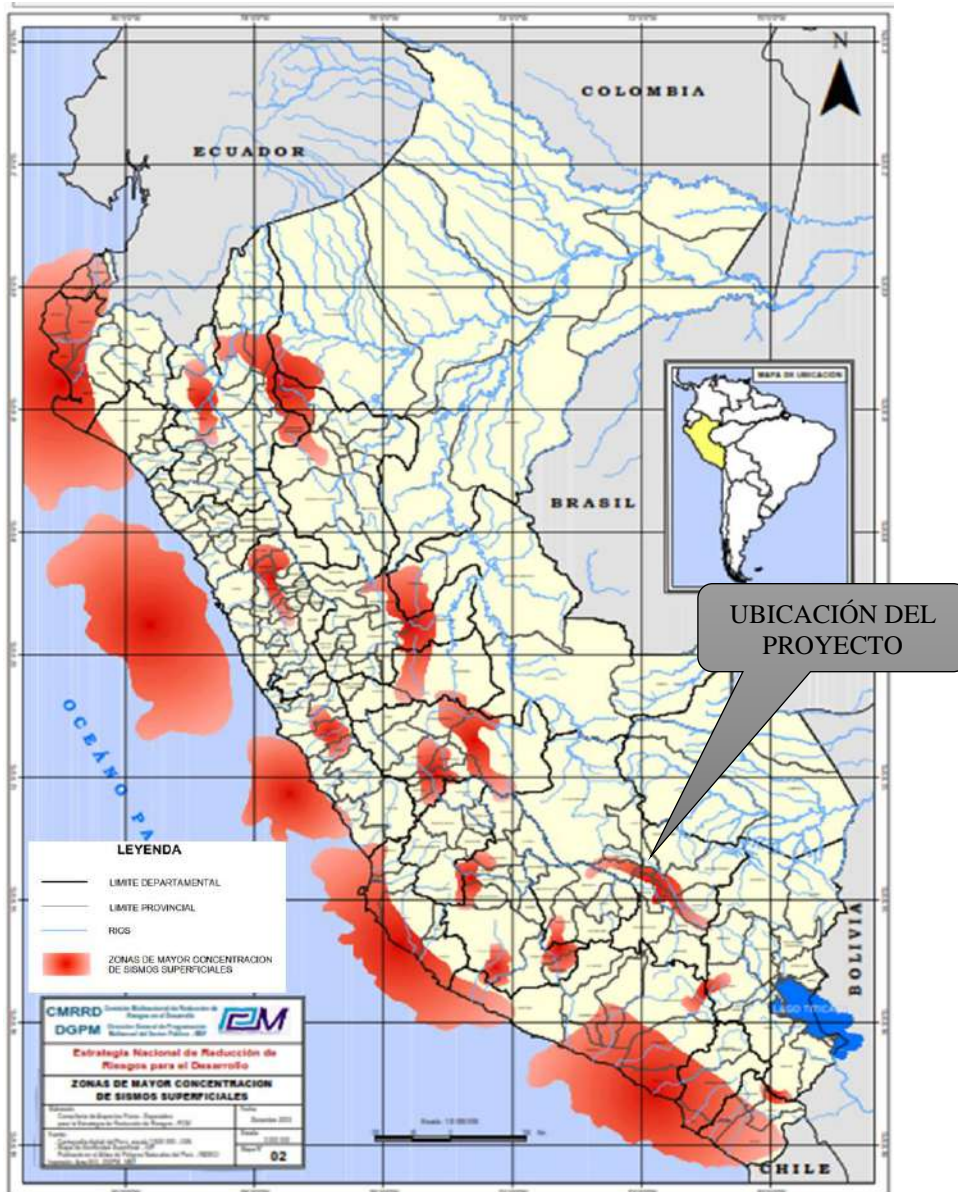
Figura. 13: Mapa de intensidades sísmicas (Mercalli)



Nota: Se observa la frecuencia de intensidades sísmico en el Perú. (Fuente: Instituto de defensa civil)

Se considera una medición no numérica a cerca de los efectos generados a partir de un sismo, esto conocido como intensidad.

Figura. 14: Mapa de zonificación de mayor concentración de sismos



Nota: Se observa la frecuencia de ocurrencia sísmica en el Perú. (Fuente: CENEPRED).

A partir de los datos históricos de registros de sismos superficiales, el CENEPRED elaboro un mapa en el 2003 sobre zonas de concentración de sismos superficiales.

1.11.8 Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones

La Norma rige y tiene su aplicación es todo estudio de mecánica de suelos (EMS) con el fin de dar las normativas para la cimentación de edificaciones y distintas obras que se indican en dicha Norma. Tiene un carácter de aplicación obligatorio y su extensión de ejecución comprende todo el ámbito nacional.(Departamento de Normalización, 2018).

“El objetivo de esta norma es establecer los requisitos, desde el punto de vista de la mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones, para la ejecución de estudios de mecánica de suelos (EMS), con fines de cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en esta norma. Los EMS se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad de las obras y para promover la utilización racional de los recursos”.(Departamento de Normalización, 2018, p. 02,03).

1.11.9 Programa de exploración de campo y ensayos de laboratorio según la norma E.050

Numero n de puntos de exploración

El número de puntos de exploración se realiza en base al área del futuro proyecto y también para poder estimar las posibles zonas de habilitación urbana requerida.

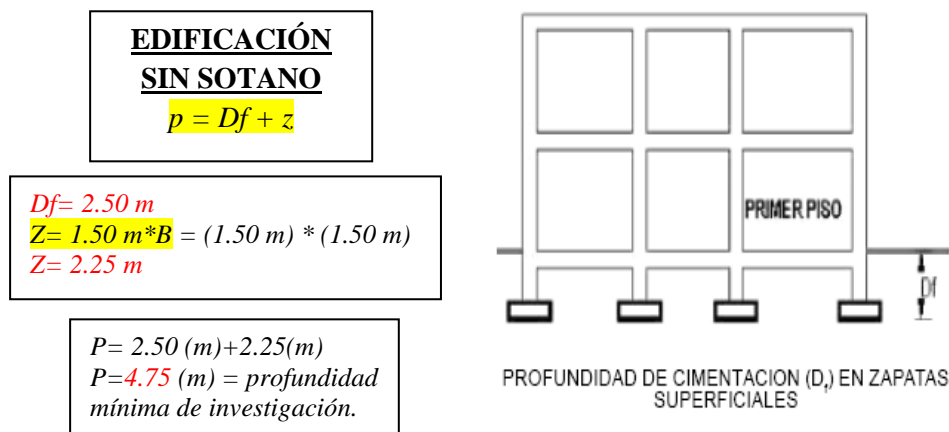
Cuadro 1: Número de puntos de exploración en función del tipo de edificación

Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración
I	uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m ² de área techada del primero piso
III	uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
habilitación urbana para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	03 por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: Norma E.050

Profundidad mínima de investigación “P”

La Profundidad “p” mínima a alcanzar en cada punto de exploración no debe ser menor de 3m. Según la normativa E050. A continuación, se detalla la profundidad mínima alcanzada:



Distribución de los puntos de exploración

El criterio que se toma en cuenta para realizar una adecuada distribución es tener como factores principales las características y dimensiones del terreno, así también ya tener en planificación la ubicación de las estructuras previstas andes de su diseño final.

Número y tipo de muestras a extraer

Número de muestras extraídas

De cada punto de exploración por lo menos se debe extraer 01 muestra en cada tipo de muestreo, se consideraron 02 tipos de muestreos (Mab y Mib).

Tipos de muestra a extraer

El tipo de muestras extraídas corresponde a muestras alteradas e inalteradas. En todos los casos se toma las consideraciones del cuadro 02.

El muestreo inalterado en bloque, se recomienda, extrayendo cubos de suelo de 20.00 a 30.00 cm de lado, los cuales posteriormente fueron cubiertos con parafina y posteriormente se cubrieron con cinta fill. El muestreo alterado en bolsa, se realizó en bolsas de plástico y transportados de inmediato.

Cuadro 2: *Tipos de muestreo normativos*

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERISTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339,151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (aplicable solamente a suelos cohesivos) rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente sementados para permitir su obtención.
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339,169 SUELOS, muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339,151 SUELOS practicas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plásticos	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339,151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

Fuente: Norma E.050

1.11.10 Ensayos a realizar in-situ y en laboratorio

Ensayos in-situ

Los ensayos realizados in-situ para habilitación urbana “mínimos” y sus respectivas correlaciones son los siguientes:

Cuadro 3: *Ensayos realizados en campo*

DESCRIPCION DEL ENSAYO	NORMATIVIDAD
Densidad natural mediante cono de arena	[ASTM D1556]
DPL (Ensayo de penetración dinámico ligero).	[ASTM D6476]

Fuente: Norma E.050.

Ensayos realizados en laboratorio

Los ensayos realizados en laboratorio son los siguientes:

Cuadro 4: *Ensayos realizados en laboratorio*

DESCRIPCION DEL ENSAYO	NORMATIVIDAD
Análisis granulométrico.	[ASTM D422 NTP 339.128]
Clasificación de suelos SUCS y AASHTO	[ASTM D2487 NTP 339.134]
Contenido de humedad	[ASTM D2216 NTP 339.127]
Límite líquido	[ASTM D4318 NTP 339.129]
Límite plástico	[ASTM D4318 NTP 339.129]
Peso específico relativo de sólidos	[ASTMD1556 NTP 339.143]
Corte directo	[ASTM D 3080 NTP 339.171]

Fuente: Norma E.050.

1.11.11 Geotecnia

“Geotecnia es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas”.(Escobar Potes, 2017, p. 15).

La geotecnia se podría definir como una disciplina que brinda una solución a los problemas causados por el cambio del entorno geológico, utilizando un conjunto de conocimientos geotécnicos para evaluar racionalmente las posibles deficiencias en el terreno. (Gens Solé, 2013, p. 02).

1.11.12 Ingeniería Geológica

“La ingeniería geológica es la ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico”.(González de Vallejo, 2002, p. 2).

Esta ciencia aplica distintos enfoques de la geología que tiene como finalidad asegurar que los factores que condicionan geológicamente las obras de ingeniería sean tomados en consideración y su debida interpretación sean adecuados respecto a cualquier riesgo geológico latente. (González de Vallejo, 2002, p. 2).

Todo esto encamina a que sea imprescindible realizar la aplicación de esta rama y también establecer los lineamientos para determinar los estudios geológicos – geotécnicos adecuados al momento de realizar un expediente técnico de cualquier proyecto de diseño de edificaciones.

1.11.13 Propiedades físicas de los suelos

Tamaño de granos

Los suelos presentan distintos tamaños de granos y dado a ello pueden ser clasificados según su tamaño sobresaliente, ya que en lo general el suelo presenta una salmuera de partículas de diferentes dimensiones y formas.

Forma de las partículas

Esta propiedad es de gran importancia, tal como el tamaño de los granos ya que influye de manera muy considerable en el comportamiento del suelo, esta forma de los granos se puede clasificar en los siguientes: granos laminares, granos redondeados y granos aciculares.

Humedad

La humedad del suelo en simples palabras es la cantidad total de agua que contiene y que se almacenan en los poros del suelo y a veces también en su superficie, esta propiedad se puede expresar como un porcentaje de agua por peso o volumen.

Resistencia

Esta propiedad del suelo está ligada a los esfuerzos que se generan al aplicar carga al estrato, para ello se distinguen tres tipos de esfuerzos, los cuales son de compresión, que frecuentan la disminución del volumen del suelo; de tensión, los cuales influyen en la rotura del suelo y por último el esfuerzo cortante, el cual influye al material a desplazar una parte del suelo con respecto a otras.

Compacidad relativa

Se podría definir como la relación de la densidad natural que se obtiene en campo y la densidad máxima que puede alcanzar el suelo, este concepto es aplicable solamente para suelos arenosos. Esta propiedad es muy importante para los suelos y se usa frecuentemente en materiales gravosos y arenosos. Esta propiedad juega un rol muy importante en la geotecnia ya que se puede correlacionar con otros parámetros mecánicos del suelo, como el ángulo de fricción y la resistencia a la penetración estándar del suelo.

Consistencia

Es la propiedad más importante para los suelos finos, esta propiedad tiene total control de las fuerzas de adhesión y cohesión de los suelos, estas fuerzas permiten que las partículas sigan unidas y dependen directamente de la humedad que contiene el material.

1.11.14 Ensayos Geotécnicos de campo

Es un estudio que se ejecuta con la finalidad de realizar un reconocimiento visual del ambiente original de los distintos tipos de suelos en una determinada área de estudio, con el objetivo de identificar todas sus características geotécnicas. Estos ensayos también sirven para verificar la correlación existente entre los ensayos geotécnicos realizados en campo con sus características de deformabilidad y resistencia de los suelos, y algunos parámetros necesarios para el diseño de cimentaciones superficiales y profundas.

Calicatas

Las calicatas o catas son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico de un suelo. Son excavaciones de profundidad pequeña a media. Una calicata es la excavación de un pozo de prueba y se trata de un medio sencillo y eficaz de reconocimiento geotécnico de suelos, además de una de las técnicas de prospección más importantes dentro de un estudio geológico - geotécnico.(Geobiental, 2022).

Densidad in-situ

Este ensayo tiene la finalidad de calcular el valor de la densidad natural del suelo en campo, y se utiliza con más frecuencia en suelos con un mínimo valor de cohesión como las gravas y arenas, los cuales son más complejos de calcular al usar otros métodos, ya que por lo habitual no se logra obtener muestras representativas en suelos con estas características.

Figura. 15: *Ensayo de densidad natural mediante cono de arena*



Fuente: https://www.cageotecnia.cl/wp-content/uploads/2021/12/OK_EMS-Plaza-La-Victoria-1.jpeg

Prospección indirecta (auscultación) DPL

El Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) sirve para calcular el ángulo de fricción interna de los suelos, los valores que este método brinda son solo estimaciones que deben ser corroborados con los ensayos de laboratorio. El objetivo de este ensayo busca estimar en base al número de golpes el ángulo de fricción interna del suelo utilizando para ello el análisis correlacional en base a tablas o comportamiento similar del suelo.

Este ensayo es un método de prospección indirecta que sirve para el análisis geotécnico de los suelos y permite estimar la resistencia de los suelos en base a su número de golpes que soporta.

Figura. 16: *Ensayo prospección indirecta DPL*



Fuente: Propia

1.11.15 Ensayos de laboratorio

Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)

Este ensayo se realiza en laboratorio y sirve para determinar el contenido de humedad de una muestra, expresada en porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco.

$$W_{\%} = (W_w / W_s) * 100$$

Donde:

$W_w =$ *Peso del agua*

$W_s =$ *Peso de la muestra seca*

$W_{\%} =$ *Porcentaje de contenido de humedad*

Límite plástico (ASTM D-4318)

Se define como el contenido de humedad, en valores de porcentaje, en el que el suelo al realizar pequeños hilos enrollados de 3.2mm de diámetro sufren una rotura, el ensayo es sencillo y se realiza mediante rodaduras constantes de una masa de suelo de tamaño elipsoidal sobre una base de vidrio esmerilado.

Figura. 17: Ensayo de Límite Plástico



Fuente: Propia

Límite líquido (ASTM D-4318)

Es el contenido de humedad necesario para cerrar una brecha de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior una la ranura de la cuchara de Casagrande, el procedimiento del ensayo es lograr llegar al cierre requerido de la ranura en la pasta del suelo con 25 golpes, debido a que esto no se puede obtener en un solo intento, al menos se realizan tres pruebas para el mismo material con un contenido diferente de humedad y en consecuencia diferente número de golpes N, que varían entre 15 y 35.

Figura. 18: *Ensayo de Límite Líquido*



Fuente: https://static1.s123-cdn-static-a.com/uploads/2030058/800_5cedc5904ce2d.jpeg

Índice de plasticidad

Se define como la sustracción numérica del límite líquido y el límite plástico, este valor depende de la cantidad de arcilla presente y también indica la presencia de finos del suelo y la capacidad que posee para cambiar su matriz sin alterar su volumen.

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422-63)

Se define a la granulometría como la distribución de las partículas del suelo de acuerdo al tamaño que tienen, para ello se realiza un tamizado o en simples palabras hacer pasar la muestra

por mallas de distintos diámetros hasta el tamiz N°200. El objetivo de este ensayo es determinar la distribución porcentual del tamaño de cada partícula presente y posterior a ello darle una clasificación mediante sistemas como el AASHTO o SUCS.

Figura. 19: *Análisis granulométrico por tamizado*



Fuente: <https://concivil.umsa.bo/documents/748933/0/su02+%282%29.jpg/cde3bfcd-125f-f5d0-07b9-d4e34aa2c8d5?t=1686334129638>

Clasificación de suelos SUCS (ASTM D2487 NTP 339.134)

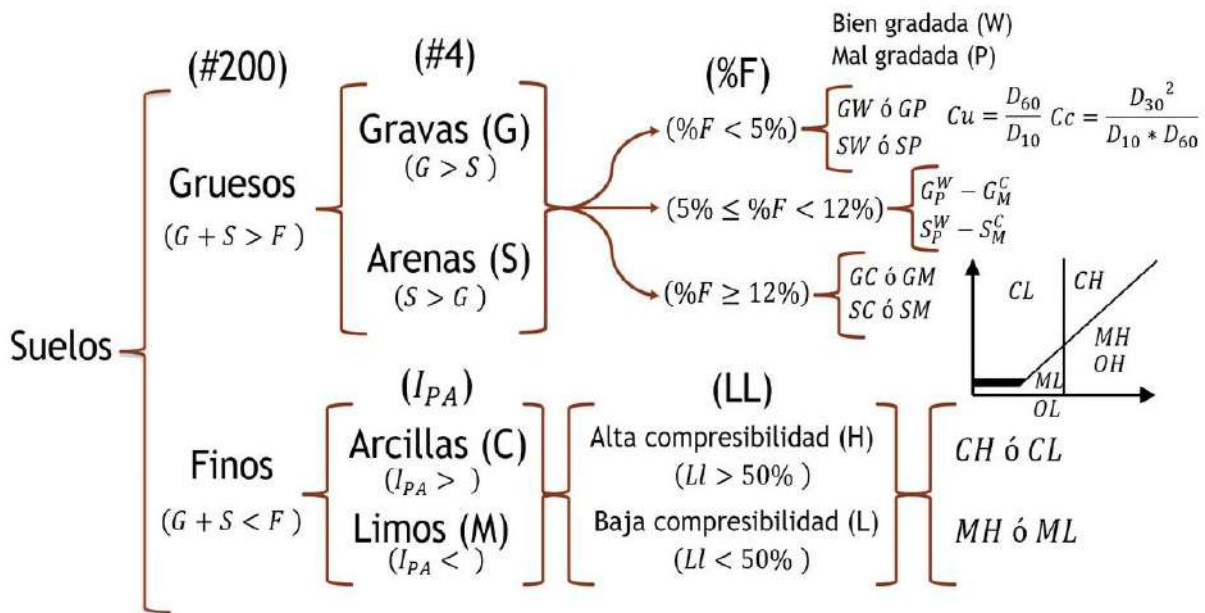
El SUCS, también conocido como el Unified Soil Classification System (USCS) o como clasificación modificada de Casagrande. Esta clasificación ordena los suelos en cinco tipos: Gravallas (G); Arenas (S); Arcillas (C); Limos (M) y Orgánicos (O).

Este sistema sirve para describir la textura y el tamaño de las partículas que conforman el suelo, además este sistema de clasificación tiende a ser aplicado a una amplia cantidad de

materiales que no están necesariamente consolidados los cuales se representan mediante un símbolo de dos letras.

Esta clasificación divide a los suelos en dos grandes grupos, los suelos gruesos y los suelos finos, siendo los primeros todo el material que quede retenido en el tamiz N°200 y todo lo que pase será considerado como material fino.

Figura. 20: Método de clasificación SUCS del tipo de suelo



Para clasificar los suelos finos utilizando el SUCS, observamos el porcentaje que pasa a través del tamiz #200. Si este porcentaje supera el 50%, se considera un suelo fino. Luego, se emplean los límites de consistencia del suelo (límite plástico y límite líquido) para determinar el Índice de Plasticidad (IP) y trabajar con la Carta de Plasticidad. (*¿Qué es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)?*, s. f.)

Esto nos lleva a cuatro categorías:

- **CL:** Arcillas de baja compresibilidad

- **ML:** Limos de baja compresibilidad
- **CH:** Arcillas de alta compresibilidad
- **MH:** Limos de alta compresibilidad

Para clasificar los suelos gruesos el tamiz N°4 juega un rol muy importante, ya que este divide las gravas de las arenas según el tamaño de sus partículas. Por consiguiente, si la mayoría del material queda retenido en esta malla se considera que es una grava (G), de lo contrario será una arena (S). También de acuerdo al análisis de materiales finos se podrá dar otra clasificación a estos suelos gruesos.

- Porcentaje de finos menor al 5%.
- Porcentaje de finos mayor o igual al 12%.
- Porcentaje de finos mayor o igual al 5% y menor al 12%.

Coefficiente de uniformidad y curvatura

La graduación del suelo también puede realizarse de forma analítica con el coeficiente de uniformidad (Cu) propuesto por Allen Hazen y el coeficiente de curvatura (Cc) para clasificar arenas y gravas.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Los valores de D60, D30 y D10 son los tamaños de las partículas cuando el porcentaje pasante es 60%, 30% y 10% respectivamente.

Para que los suelos gruesos sean considerados como bien graduados depende del tipo de suelo:

- **Gravas:** $Cu > 6$; $1 \leq Cc \leq 3$
- **Arenas:** $Cu > 4$; $1 \leq Cc \leq 3$

Esto permite clasificar el suelo en 4 tipos diferentes:

- **GW:** Gravas bien graduadas.
- **GP:** Gravas mal graduadas.
- **SW:** Arenas bien graduadas.
- **SP:** Arenas mal graduadas.

Cuando el porcentaje de fino es mayor o igual a un 12%, este suelo fino debe ser clasificado a través de la carta de plasticidad. Generando 4 tipos de suelos diferentes:

- **GC:** Gravas arcillosas.
- **GM:** Gravas limosas.
- **SC:** Arenas arcillosas.
- **SM:** Arenas limosas.

Cuando el porcentaje de fino está en el rango de mayor o igual a 5 y menor a 12%, se debe tener en consideración la graduación del suelo y su clasificación de suelo fino, básicamente una combinación de los dos casos anteriores.

Esto nos brinda que el suelo pueda ser clasificado en 8 categorías:

- **GW-GC:** Gravas bien graduadas arcillosa.
- **GP-GC:** Gravas mal graduadas arcillosa.
- **GW-GM:** Gravas bien graduadas limosa.
- **GP-GM:** Gravas mal graduadas limosa.
- **SW-SC:** Arenas bien graduadas arcillosa.
- **SP-SC:** Arenas mal graduadas arcillosa.
- **SW-SM:** Arenas bien graduadas limosa.
- **SP-SM:** Arenas mal graduadas limosa.

Figura. 21: Sistema Unificado de Clasificación (SUCS)

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)
ASTM D 2487(94)

DIVISION	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO	SIMBOLO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN LABORATORIO	
SUELO DE PARTICULAS GRISESAS MÁS de la mitad del material es retenido en la malla número 200.	GRAVAS MÁS de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 10.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_u = \frac{D_{30}^2}{D_{10}^2}$ COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3 $C_c = \frac{D_{30}^3 - D_{10}^3}{D_{60}^3 - D_{10}^3}$ No satisfacen todos los requisitos de gradación para GW. Debajo de "A" I.P. menor que 4 Arriba de "A" con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		
		GM d U	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla		
	ARENAS MÁS de la mitad de la fracción gruesa PASA por la malla No. 10.	SW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 6 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_u = \frac{D_{30}^2}{D_{10}^2}$ COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3 $C_c = \frac{D_{30}^3 - D_{10}^3}{D_{60}^3 - D_{10}^3}$ No satisfacen todos los requisitos de gradación para SW. Debajo de "A" I.P. menor que 4 Arriba de "A" con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.
		SP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		
		SM d U	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla		
SUELO DE PARTICULAS FINAS MÁS de la mitad del material PASA en la malla número 200.	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO menor de 40	ML	Limos inorgánicos, polvo de limo, arenas ó arcillas ligarmente pastosas	U = gravas, M = limo, U = orgánicos, IV = bien graduada, U = arenas, U = arcilla, I = mal graduado, L = base compresibilidad, H = alta compresibilidad.	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres		
		OL	Limos orgánicos y arenas limosas orgánicas de baja plasticidad		
	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos misceloso ó diatomos, limos estériles		CARTA DE PLASTICIDAD
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas ricas		
		OH	Arcillas orgánicas de media ó alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt	Turber y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: <https://www.udocz.com/apuntes/206225/clasificacion-sucs>

Peso específico relativo de sólidos (ASTMD1556 NTP 339.143)

Peso específico de un suelo

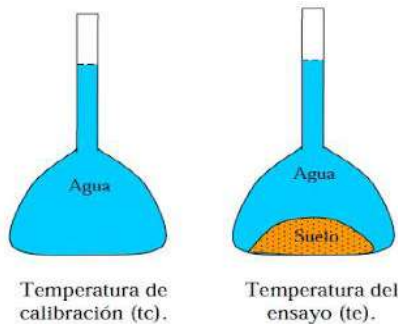
Es la relación entre el peso unitario de las partículas sólidas del suelo « γ_s » y el peso unitario del agua destilada $\gamma_w = 1.00 \text{ gr/cm}^3$

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (\text{Adimensional}).$$

El peso específico (G_s) es un factor auxiliar que se emplea para determinar otras propiedades del suelo como son: porosidad, relación de vacíos, etc.

También se utiliza en: estudios de consolidación del suelo, cálculo del grado de saturación, estudios de gradiente hidráulico crítico, y en otros cálculos.

Figura. 22: Determinación del peso específico de los sólidos



$$W_{(p+w)} - W_{(p+w+s)} + W_s = W_w \quad (2)$$

Como: $\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \Rightarrow V_w \gamma_w = W_w$, además el $V_w = V_s$ al

sustituir en (2), se tiene:

$$W_{(p+w)} - W_{(p+w+s)} + W_s = V_s \gamma_w$$

Fuente: pavimentosulacivil.files.wordpress.com

1.11.16 Ensayo de corte directo en suelos NTP 339.171 (ASTM D3080)

La finalidad de los ensayos de corte es determinar la resistencia de una muestra de suelo cuando se somete a deformaciones que se pueden producir al terreno en el mismo momento o posteriores a este, debido a la aplicación de una carga. Para realizar este ensayo se usa el aparato de corte directo para determinar esas resistencias. El equipo que con eventualidad se utiliza es una caja de sección cuadrada o circular que esta fraccionada horizontalmente en dos pares. Primeramente, se coloca la muestra de suelo entre las piedras porosas al interior de la caja. Luego se procede a ejercer una carga vertical de confinamiento y seguidamente se aplica una carga horizontal que escala continuamente. Esta carga horizontal provoca el desplazamiento de la mitad suelta de la caja generando el corte de la muestra.

Este ensayo induce la falla a través de un plano específico, sobre este plano de falla actúan dos tipos de esfuerzos: 1) Esfuerzo Normal (σ_n) que se aplica por vía externa en consecuencia a la carga vertical ejercida. 2) Esfuerzo Cortante (τ) se genera debido a la aplicación de la carga horizontal.

Estos esfuerzos se determinan dividiendo sus respectivas fuerzas por el área de la muestra moldeada y deben cumplir la ecuación de Mohr – Coulomb.

$$\tau = C + \sigma_n * \text{Tg} (\phi)$$

Donde:

σ_n = Esfuerzo normal en el plano de falla

ϕ = Ángulo de fricción

C = Cohesión

τ = Esfuerzo cortante

Al aplicar la fuerza en el eje horizontal, se procede a medir las deformaciones cada determinado tiempo y con estos valores se puede graficar la tensión de corte en función de la deformación en el plano de este esfuerzo. Al momento de finalizar con el grafico es necesario tomar el punto máximo de tensión de corte como la resistencia al corte del suelo.

Figura. 23: *Ensayo de corte directo drenado*



Fuente: Propia

1.11.17 Ángulo de fricción de los suelos (ϕ)

El ángulo de fricción del suelo se refiere al ángulo máximo que puede alcanzar una pendiente del suelo antes de que un objeto que repose sobre ella comience a deslizarse debido a la fuerza de la gravedad. Es una propiedad de los materiales granulares que depende esencialmente de factores como la forma de los granos, granulometría y compactación del material.

1.11.18 Cohesión del suelo (c)

En simples palabras es la atracción entre partículas, que tiene origen por la atracción molecular y las películas de agua, este valor en consecuencia varía de acuerdo al contenido de humedad que contiene la muestra.

1.11.19 Capacidad portante del suelo (q_s)

La capacidad portante del suelo se define como la capacidad del suelo para soportar las cargas de los cimientos dividido entre un factor de seguridad que para cargas estáticas es 3 y para cargas dinámicas son 2.5 según la Norma E.050. La presión superficial permisible es la presión a la que el suelo puede soportar fácilmente la carga.

1.11.20 Capacidad portante real del suelo (q_u)

Es la capacidad real que el suelo soporta y que depende de la forma de la cimentación, profundidad de cimentación, inclinación de la carga, peso unitario del suelo, cohesión y ángulo de fricción.

1.11.21 Teorías de capacidad de carga

Son varias las teorías de capacidad de carga y cada uno tiene en cuenta distintos factores que se aplican de acuerdo a las condiciones en las que se realiza la cimentación.

Figura. 24: Clasificación de teorías de capacidad portante según características de la cimentación

Teorías capacidad portante						
factores		Terzaghi	Meyerhof	Hansen	Vesíc	Skempton
N	carga	x	x	x	x	X
S	forma	x	x	x	x	X
d	profundidad		x	x	x	
i	inclinación carga		x	x	x	
g	inclinación del terreno			x	x	
b	inclinación de la base			x	x	

Fuente: Tomado de (Orozco, 2020).

Teoría de capacidad portante Terzaghi

Esta teoría consiste en la determinación de la carga última de las cimentaciones superficiales, donde se evalúa si dicha cimentación es superficial evaluando la relación entre la profundidad con respecto a su ancho, donde esta debe ser menor o igual. Aun así, se consideró que profundidades de 3 o 4 veces su ancho también podrían ser definidas como cimentaciones superficiales. (Braja, 2006).

Con base en el modelo anterior se establecieron los análisis del modelo el cual arroja las siguientes ecuaciones para la determinación de la sobrecarga acorde al tipo de suelo y su profundidad.

$$q_{ult} = cN_c S_c + qN_q + 0,5\gamma B N_g S_\gamma$$

Figura. 25: Ecuación de Terzaghi para tipos de cimentaciones

Para cimentaciones corridas o continuas:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Para cimentaciones cuadradas:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Para cimentaciones circular:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

Fuente: Tomado de (Orozco, 2020).

Donde:

B =ancho zapata (m)

γ = peso específico del suelo (kN/m^3)

c = Cohesión del suelo (KPa)

q =sobrecarga (KPa)

N_c, N_q, N_γ =factores de carga (adimensionales)

Teoría de capacidad portante de Meyerhof

“El modelo de Meyerhof tiene características similares a las de Terzaghi, pero este modelo incluye unos factores adicionales, los cuales son de profundidad un factor de forma S_q , factor de carga N_q , factor de profundidad d_i y un factor de inclinación de carga i . Los valores pueden dar aproximados a los obtenidos mediante el uso de la metodología de Terzaghi cuando se cuenta con dimensiones de $D \approx B$ ”. (Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 53).

“Al momento de determinar los factores de este modelo, tenemos en cuenta que algunos de estos son similares, por lo cual solo se mencionaran los factores que sufren un cambio en cuanto al desarrollo en otras teorías. Con los factores establecidos acorde al método se procede a determinar la capacidad de carga mediante el método de Meyerhof, el cual puede expresarse tanto para una carga vertical como para una carga inclinada”. (Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 53).

Figura. 26: Factores tomados en cuenta en la ecuación de Meyerhof

Carga vertical:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + qN_q S_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

Carga inclinada:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c i_c + qN_q S_q d_q i_q + 0.5\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Fuente: Tomado de (Orozco, 2020).

Ecuación General de Capacidad de Carga de Meyerhof

$$q_{adm} = (1/F_s) * (c * N_c * S_c * d_c) + (\gamma * D_f * N_q * S_q * d_q) + (1/2 * \gamma * B * N_\gamma * S_\gamma * d_\gamma)$$

Donde

γ = peso específico del suelo (kN/m^3)

c = Cohesión del suelo (KPa)

q = sobrecarga (KPa)

N_c, N_q, N_γ = factores de carga (adimensionales)

S_c, S_q, S_γ = factores de forma (adimensionales)

ϕ =ángulo de fricción (°)

B= ancho Zapata (m)

D= profundidad (m)

d_c, d_q, d_γ =factores de profundidad (adimensionales)

1.11.22 Factor de seguridad

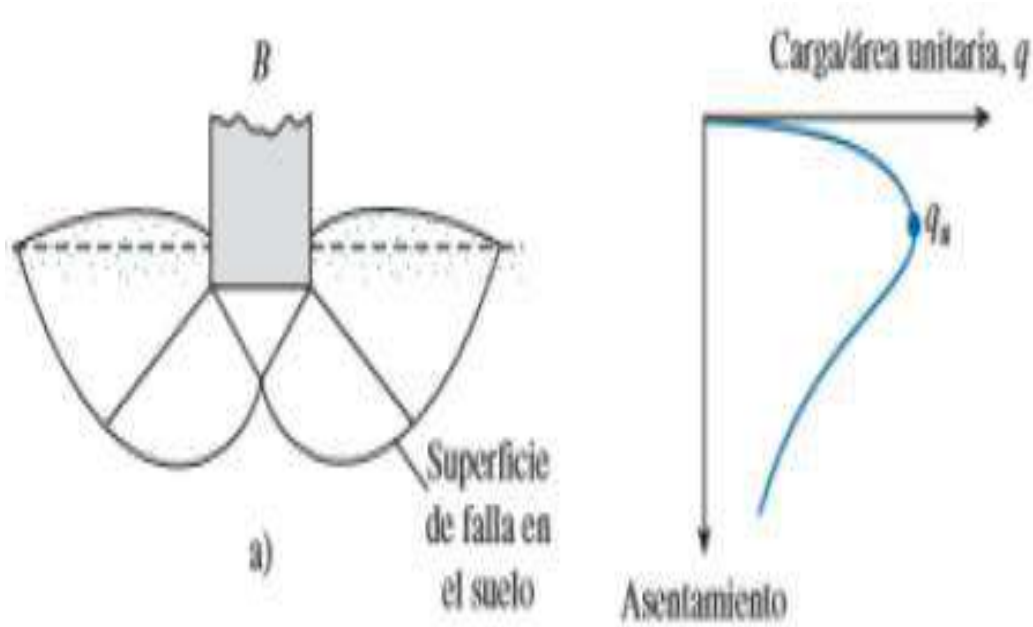
“El factor de seguridad F_s se define como la relación entre las fuerzas resistente F_s y las fuerzas actuantes F_A , donde también este puede implementarse a partir de esfuerzos los cuales se implementan para la determinación del estado límite de falla”.(Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 46).

1.1.23 Tipos de fallas de los suelos

Falla general por corte

“En determinado punto, cuando la presión de la fundación alcanza un valor pico de q_{ult} , sobreviene una falla súbita del suelo portante, y la superficie de falla en el mecanismo de desplazamiento del suelo se extiende hasta la superficie del manto. Esta magnitud de la presión de fundación, q_{ult} , comúnmente recibe el nombre de capacidad portante ultima de la fundación. Cuando se presenta este tipo de falla súbita en el suelo, acompañada de la extensión de la superficie de falla hasta la superficie del depósito, el modo de falla se denomina falla cortante general”.(Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 44).

Figura. 27: *Falla por corte general*

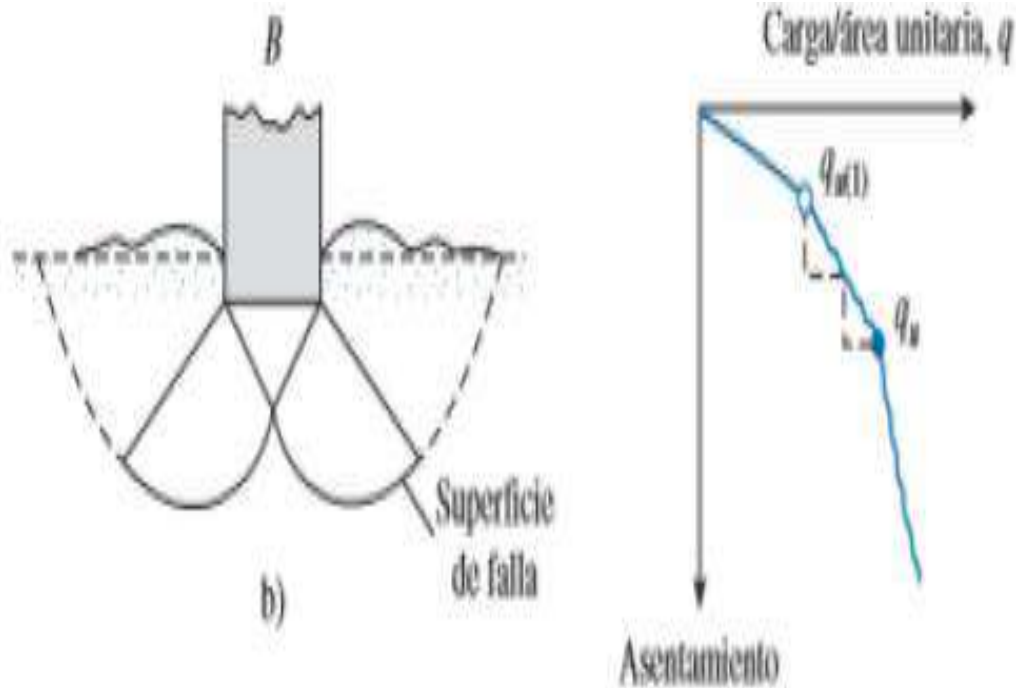


Fuente: Tomado de (Braja, 2006).

Falla local por corte

“Si la fundación considerada descansa ahora sobre un manto granular con densidad media o un material cohesivo de consistencia media, igualmente se presenta un aumento del asentamiento con la carga, pero en este caso, la superficie de falla en el suelo se va extendiendo gradualmente desde el eje vertical de la fundación hacia afuera. Puede decirse que la superficie de deslizamiento no es completa, sino que es parcial. Cuando la presión de fundación se hace igual a q_{ult} denominada capacidad portante ultima. Más allá de este punto el aumento de la carga vendrá acompañado de grandes incrementos en los asentamientos de la fundación”.(Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 44).

Figura. 28: *Falla local por corte*

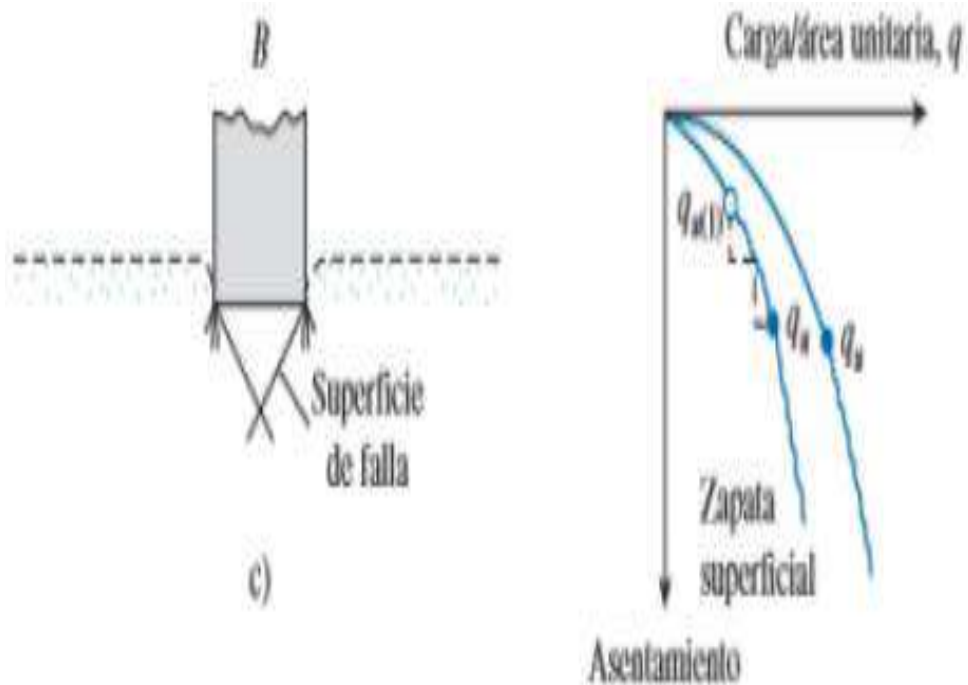


Fuente: Tomado de (Braja, 2006).

Falla por corte punzonamiento

“Si la cimentación es soportada por un suelo bastante suelto, el gráfico de carga-asentamiento es parecido en su forma al de la falla local, como se aprecia en la gráfica. No se presentan superficies de falla definidas, como no sean fisuras cortas al azar concentradas alrededor del perímetro del cimiento. Las superficies de falla nunca llegan hasta la superficie del depósito. Este tipo de falla en el suelo de soporte recibe el nombre de falla de punzonamiento; en él tampoco se presenta un valor pico de q ”.(Orozco Cerón & Ramírez Silva, 2020, p. 45).

Figura. 29: *Falla de corte por punzonamiento*



Fuente: Tomado de (Braja, 2006).

1.11.24 Estudio de mecánica de suelos (EMS)

El estudio de mecánica de suelos es una rama de la geotecnia que se encarga de entender el comportamiento de los suelos, y también la ejecución de estas definiciones a la ingeniería civil. Este contexto abarca aspectos como la compresibilidad, capacidad de carga, resistencia del suelo, deformabilidad del suelo y otros factores que son importantes para el diseño de estructuras sobre el terreno.

1.11.25 Asentamiento

El asentamiento de suelos se define al movimiento vertical que sufre un suelo bajo una carga constante ejercida. Este fenómeno se presenta cuando se realiza la construcción de estructuras viales u otras infraestructuras sobre el suelo.

Asentamiento inmediato

Es el resultado de la deformación del suelo y ocurre inmediatamente después de ejercer una carga a la infraestructura.

$$S = 2 * q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$$

Donde:

S es el asentamiento elástico

q es la carga aplicada

B es el módulo de compresibilidad del suelo

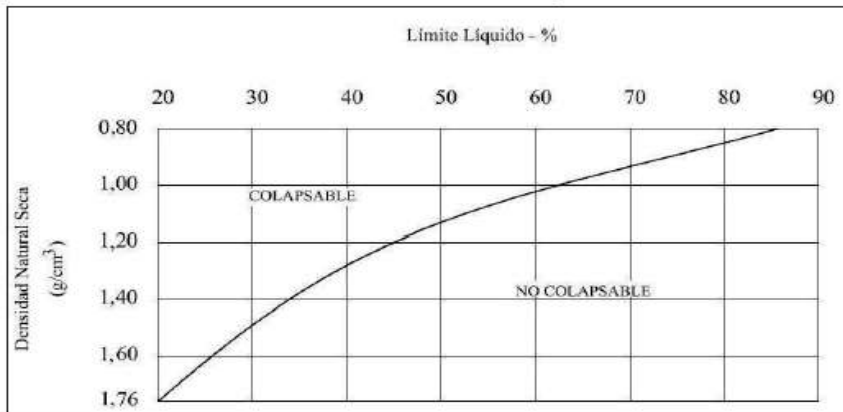
E es el módulo de elasticidad del suelo

μ es la relación de Poisson del suelo

1.11.26 Suelos colapsables

Los suelos colapsables son suelos que pueden experimentar un significativo y súbito colapso en su volumen cuando se someten a cargas adicionales, como las causadas por la construcción de edificaciones o infraestructuras. Este comportamiento es más común en suelos arcillosos y limosos.

Figura. 30: Criterios del potencial de colapso

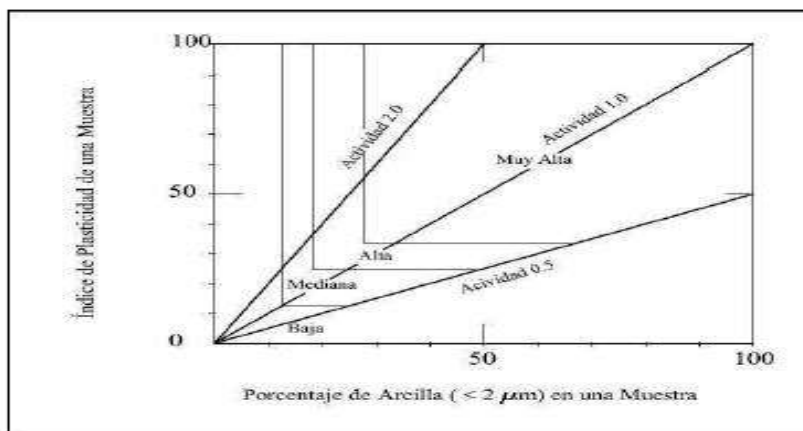


Fuente: Tomado de Norma E.050.

1.11.27 Suelos Expansivos

Los suelos expansivos son aquellos que experimentan un aumento significativo en su volumen cuando absorben agua y, por el contrario, se contraen cuando se secan. Este comportamiento expansivo puede causar problemas en las estructuras construidas sobre estos suelos. Los suelos expansivos son comunes en arcillas y limos con ciertas propiedades.

Figura. 31: Clasificación de cambio de potencial de volumen



$$ACTIVIDAD(A) = \frac{IP}{\% < 2\mu m}$$

Fuente: Tomado de Norma E.050.

1.11.28 Licuación de suelos

La licuación de suelos es un fenómeno geotécnico en el cual un suelo, generalmente saturado y con partículas finas, pierde temporalmente su resistencia y se comporta como un líquido debido a la presión del agua. Este proceso puede ocurrir durante eventos sísmicos u otras situaciones que generen vibraciones intensas. La licuación puede tener consecuencias graves para las estructuras construidas sobre estos suelos, ya que la pérdida de resistencia puede dar lugar a asentamientos inesperados, desplazamientos y daños.

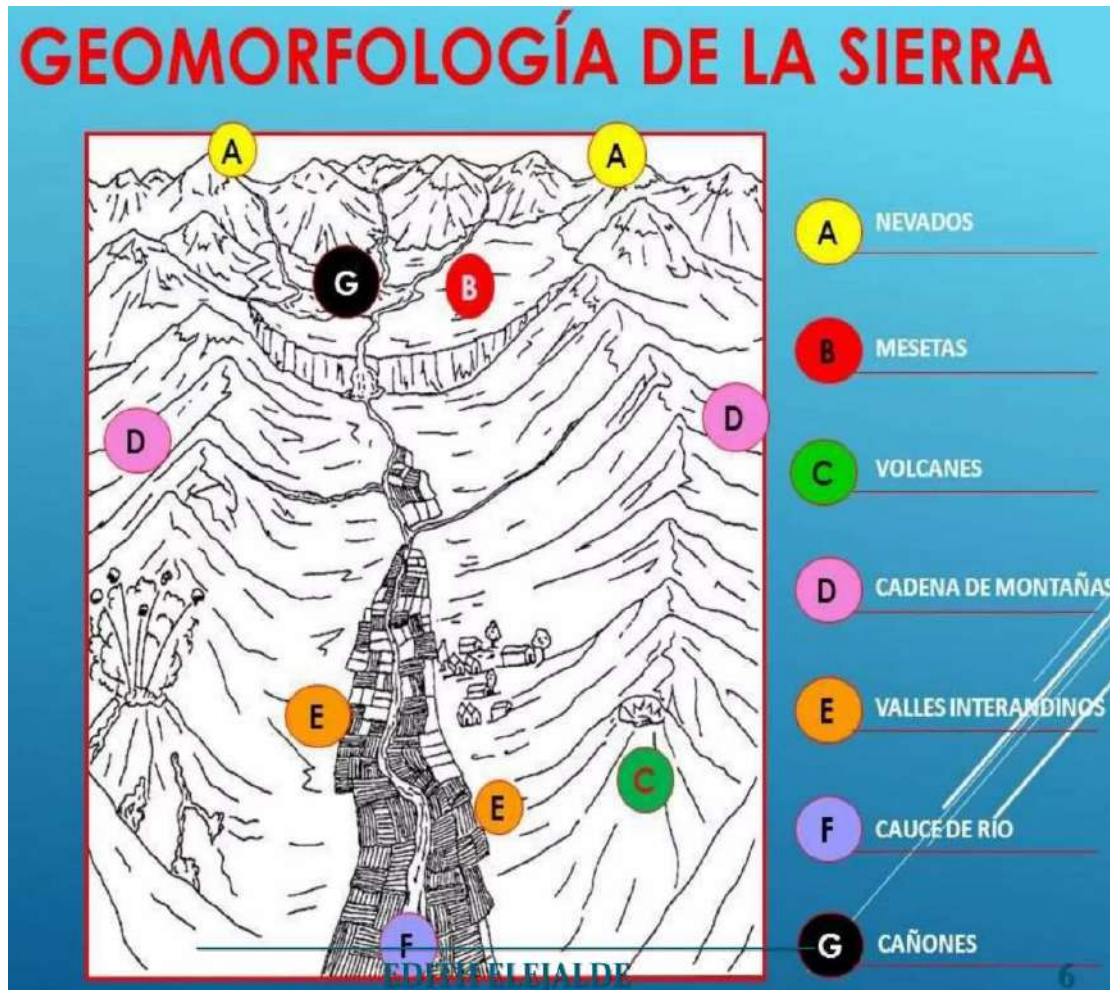
1.11.29 Geomorfología

“La geomorfología es una ciencia natural que se encarga del estudio del relieve de la superficie terrestre y su nombre es derivado de tres palabras griegas: ge-tierra, morfé-forma y logos-estudio. Las formas del relieve terrestre surgen por la interacción de los procesos exógenos o de superficie y los procesos endógenos al actuar sobre las rocas que afloran en la superficie terrestre, dando como resultado la formación de rasgos del relieve de diferentes órdenes que van desde las grandes estructuras planetarias como son los océanos y continentes, hasta las pequeñas cárcavas y formas cársticas de carácter local”.(Rodríguez Infante, 2000, p. 02).

1.11.30 Geoformas

Las geoformas, también conocidas como formas del relieve, son las diversas características de la superficie terrestre que han sido formadas a lo largo del tiempo debido a procesos geológicos, climáticos, hidrológicos y biológicos. Estas formas del relieve representan la expresión visible de la dinámica de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo.

Figura. 32: Unidades Geomorfológicas de la sierra



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/7georelieveandino2-211222221203/75/el-relieve-andino-2-6-2048.jpg?cb=1666891819>

1.11.31 Topografía

La topografía es una rama de la geodesia que se ocupa de la medición y representación detallada y precisa de la superficie terrestre, incluyendo sus características naturales y artificiales, utilizando técnicas y equipos especializados.

1.11.32 Geología

La geología es la rama de las ciencias naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la tierra, más concretamente de las rocas que componen nuestro planeta desde la superficie hasta 100 o 200 kilómetros de profundidad. Como ciencia, la geología aplica métodos y teorías de la física, de la química, de la matemática y de la biología, las cuales constituyen las principales ciencias ligadas. (Iriando, 2007).

1.11.33 Litología

La litología se refiere al estudio de las rocas, específicamente a sus características físicas, químicas, y a la descripción de su composición y textura. En el ámbito de la geología, la litología es una disciplina esencial para comprender la composición de la corteza terrestre y los procesos geológicos que han actuado a lo largo del tiempo.

1.11.34 Geodinámica interna

La geodinámica interna se refiere al estudio de los procesos y fenómenos que ocurren dentro de la tierra, especialmente aquellos relacionados con la dinámica de las capas internas del planeta. Estos procesos son responsables de la formación y evolución de la estructura interna de la tierra y su superficie.

1.11.35 Geodinámica externa

La geodinámica externa se refiere al estudio de los procesos y fenómenos que afectan la superficie de la tierra. A diferencia de la geodinámica interna, que se centra en los procesos que ocurren en el interior de la tierra, la geodinámica externa se ocupa de las fuerzas y procesos que actúan en la superficie terrestre y dan forma al relieve y a la topografía del paisaje.

Capítulo II: Geomorfología

2.1. Geomorfología Regional

Nuestra zona de estudio se encuentra ubicada en la franja intermedia en medio del altiplano y la cordillera oriental con proximidades de la cordillera occidental, corresponden áreas con relieves regularmente planos con altitudes que varían entre los 3000 a 3600 msnm.

Dentro de las unidades geomorfológicas del altiplano del Cusco se encuentran: la depresión Cusco – Huacarpay, la meseta Huaccoto, las montañas de Cusco, montañas de Pachatusan y las serranías de Vilcaconga, de los cuales la zona de estudio se encuentra próxima a la unidad geomorfológica de las montañas de Pachatusan situadas al norte de las montañas de Vilcaconga. (Carlotto Caillaux et al., 2011). La presencia de rocas volcánicas y conglomerados del período jurásico son principalmente notorios en el afloramiento de rocas mesozoicas de las montañas de Pachatusan, siendo estas las formaciones que componen al Grupo Mitú (>3500 m).

2.2. Geomorfología local

2.2.1. Cono o Abanico aluvial (Ca)

Esta unidad geomorfológica está localizada en la localidad más baja de la zona de estudio, se encuentra a una altura aproximada de 3200 msnm, constituyendo formas de cono o abanico, producto de la deposición heterogénea de material aluvial que deriva de quebradas arriba.

Figura. 34: Cono aluvial en dirección a la parte baja del centro poblado de Huasao



Nota: Se observa en la parte delimitada un cono aluvial sobre yaciendo entre las Fm. Pachatusan y Fm. Pisac proveniente de una quebrada. Fuente: Propia

2.2.2. Llanura aluvial (Lla)

Esta unidad geomorfológica es un área deposicional, se observa en la parte NW de la zona de estudio (Inicio del cono aluvial), se ubica a una altura aproximada de 3100 msnm donde la mayor parte del terreno fue aprovechado con fines de agricultura y asentamiento de viviendas.

Figura. 35: *Llanura aluvial en la zona de estudio*



Nota: Se logra observar una llanura aluvial proveniente de todas las quebradas alrededor, delimitada en toda el área de estudio. Fuente: Propia

2.2.3. Quebrada (Q) / Cárcavas(C)

Estas unidades geomorfológicas están ubicadas al NE de nuestra zona de estudio, fueron originadas por la erosión del agua, llegándose a formar en el vaciado de partículas del sustrato por un flujo concentrado que da lugar a estrechas incisiones de mayor tamaño y profundidad. Estas quebradas tienen pequeñas cárcavas las cuales presentan un material del tipo detrítico y que conforman parte de las quebradas que se extienden a lo largo de las montañas de Pachatusan.

Figura. 36: *Quebrada en las montañas de Pachatusan*



Nota: Se observa quebradas en las montañas de las Fm. Pachatusan y Fm. Pisac - *Fuente: Propia*

Figura. 37: *Cárcavas (C) y quebradas (Q) centro poblado de Huasao*



Nota: Se observa Cárcavas y quebradas ligeramente erosionadas en las Fm. Pachatusan y Fm. Pisac.-
Fuente: Propia

2.2.4. Ladera de montaña (Ldm)

2.2.4.1. Ladera de montaña con pendiente media (Ldmcpm).

Laderas con inclinación predominantemente continua y rectilínea, se encuentran en la parte norte de nuestra zona de estudio, caracterizadas por presentar una pendiente media de 25 a 35 grados, no se logra apreciar la disección, es muy baja y dispersa, están comprendidas a una altitud de 3200 y 3600 msnm.

Figura. 38: *Laderas con pendiente media*



Nota: Se logra observar laderas con pendiente media asociadas a la Fm. Pachatusan - Fuente: Propia.

2.2.5. Cima de montaña (Cdm)

Esta unidad geomorfológica está ubicada en las zonas más empinadas de las montañas, llegando a crear geoformas en conjunto con las laderas de montaña, estas cimas llegan a tener una altura que supera los 3600 msnm.

Figura. 39: Cimas de montaña al sur del centro poblado de Huasao



Nota: Se logra observar cimas de montaña en las quebradas Chingo Grande, ubicadas al sur de la zona de estudio- Fuente: Propia.

Figura. 40: Cimas de montaña al noreste de la zona de estudio

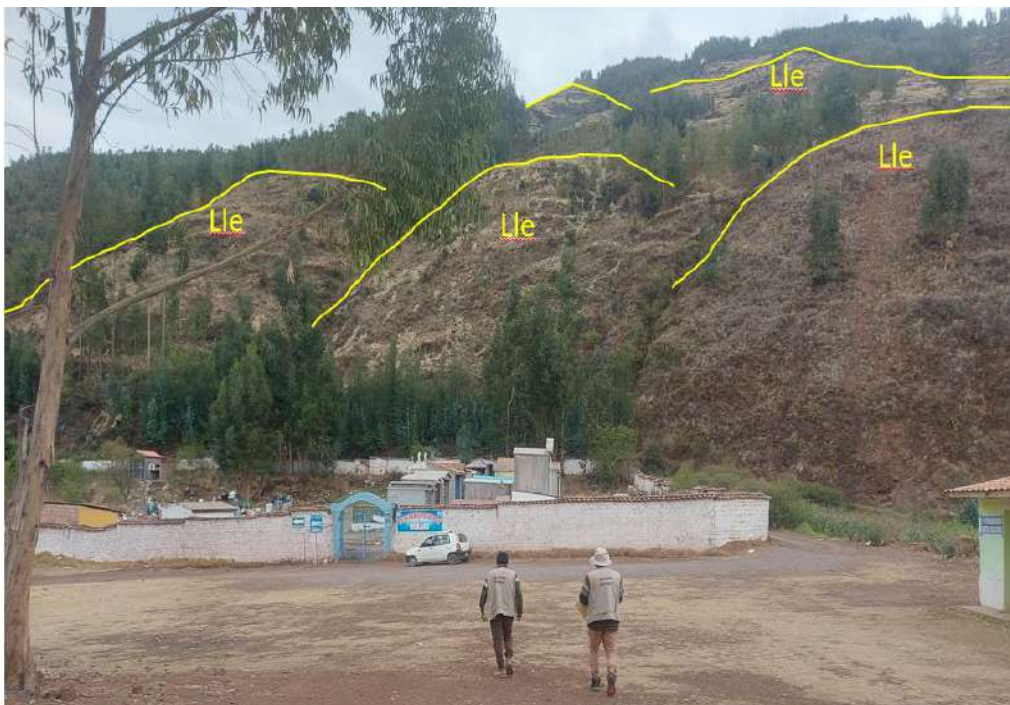


Nota: Se logra observar cimas de montaña ubicadas en quebrada ubicadas al noreste de nuestra zona de estudio- Fuente: Propia.

2.2.6. *Lomeríos ligeramente erosionados (Lle)*

Unidad geomorfológica ubicada en la parte NE de la zona de estudio, donde se visualiza mayor presencia de laderas de montaña, estas geoformas se produjeron sobre la Formación Pachatusan, muestran formas redondeadas y alargadas, tienen una ligera disección producto de la erosión.

Figura. 41: *Lomeríos ligeramente erosionados*



Nota: Se aprecia el cementerio en el pie de lomeríos ligeramente erosionados sobreyaciendo en la Formación Pachatusan - Fuente: Propia.

2.2.7. *Terraza aluvial (Ta)*

Unidad geomorfológica formada por el acopio de sedimentos aluviales, producto del arrastre de flujos de alta energía, formando la parte baja de las laderas, presentan suelos ricos con elementos nutritivos para la actividad agrícola.

Figura. 42: *Terraza aluvial utilizado con fines agrícolas*

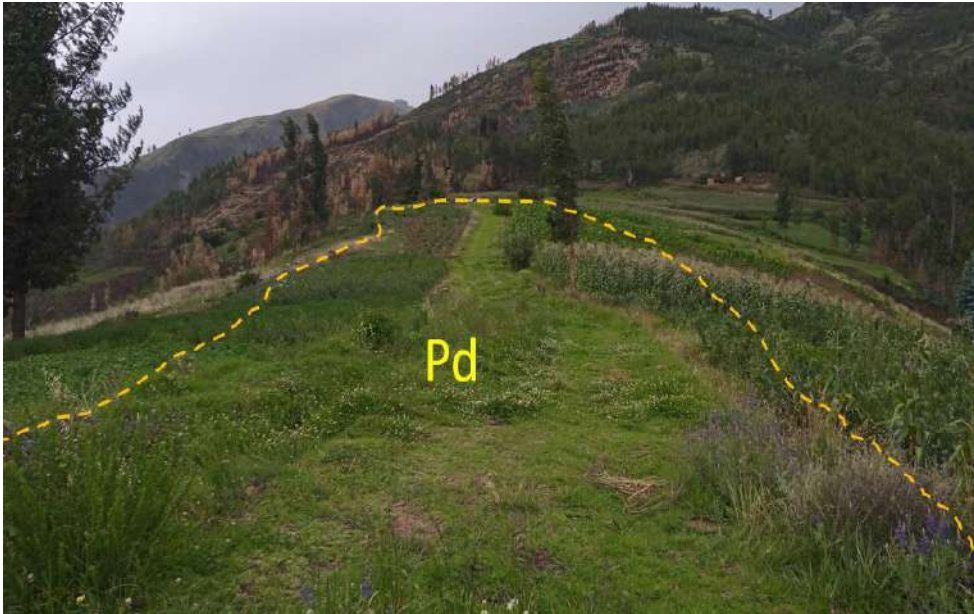


*Nota: Se observa una terraza aluvial usado con fines agrícolas en las partes bajas de las laderas-
Fuente: Propia.*

2.2.8. Planicie deluvial (Pd)

Unidad geomorfológica formada por depósitos deluviales, capas de suelos finos y arcillas con inclusiones de fragmentos rocosos que se depositan formando laderas moderadas, estas planicies se encuentran a una altitud promedio de 3400 msnm y con una pendiente menor a 6°. Esta planicie deluvial no presenta rasgos de disección notable.

Figura. 43: *Planicie deluvial al noreste de la zona de estudio*



Nota: Se observa una planicie deluvial con capas de suelos finos provenientes de movimientos en masa antiguos y recientes- Fuente: Propia.

2.2.9. Piedemonte (Pdm)

Unidad geomorfológica ubicada en el norte, de nuestra zona de estudio, originada en el frente montañoso asociada a las descargas sólidas (sedimentos) que recorre desde un área topográficamente elevada a un área más baja, estas geoformas se presentan en la parte más baja y también se visualizan en cambios abruptos de pendientes medias a superficies planas.

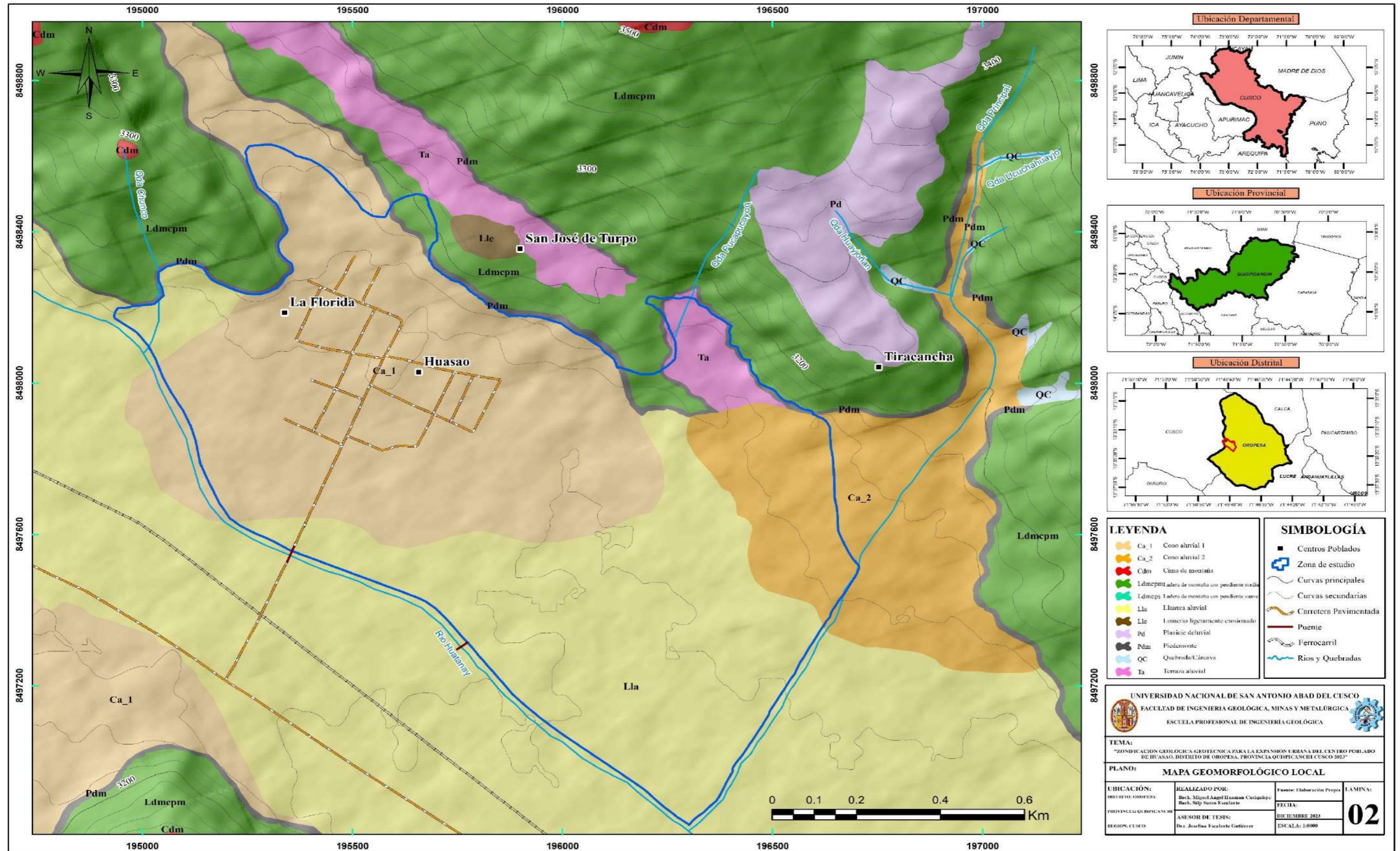
Figura. 44: *Piedemontes en la base de las laderas de la Formación Pachatusan*



Nota: Se observa el Pie de monte en la base de las laderas de la Fm. Pachatusan ubicadas al norte de nuestra zona de estudio con una pendiente media en un estado conservado - Fuente: Propia.

De acuerdo al mapeo y reconocimiento de las unidades geomorfológicas locales presentes en la zona de estudio, se propone que las zonas más recomendables para realizar la expansión urbana del centro poblado de Huasao son las llanuras aluviales, terrazas aluviales y conos aluviales.

Figura. 45: Geomorfología local



Capítulo III: Geología

3.1. Geología regional

En el contexto regional nuestra zona de estudio contiene las subsiguientes unidades litoestratigráficas: El Grupo Mitú conformado por la Formación Pisac y la Formación Pachatusan; la Formación Huancané y el Grupo San Jerónimo.

El Grupo Mitú sobre yace en fuerte discordancia al Grupo Copacabana/Formación Ene y aflora ampliamente al nororiente del cuadrante IV, donde forma parte del anticlinal Vilcanota, se conforma por las Formaciones Pisac y Pachatusan, compuesto principalmente por conglomerados y areniscas, riolitas de color rojo, coladas, aglomerados y brechas volcánicas de basalto.(Carlotto Caillaux et al., 2011).

Al sureste de la ciudad del Cusco, aflora la Formación Huancané del Jurásico superior - Cretácico Inferior que reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitú.

Como señala Carlotto Caillaux et al., (2011), el Grupo San Jerónimo aflora ampliamente en la región de Cusco conformado por las Formaciones Kayra y Soncco, constituido principalmente por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas y algunos bancos de conglomerados, de origen fluvial y del eoceno inferior-oligoceno inferior.

3.2. Geología local

En el contexto local del mapeo realizado en campo en nuestra zona de estudio identificamos las Formaciones Pisac, Pachatusan, Huancané, Kayra y depósitos cuaternarios que se definen a continuación.

3.2.1. Grupo Mitú (Ji-pa;Ts-pi)

3.2.1.1. Formación Pisac (Ts-pi).

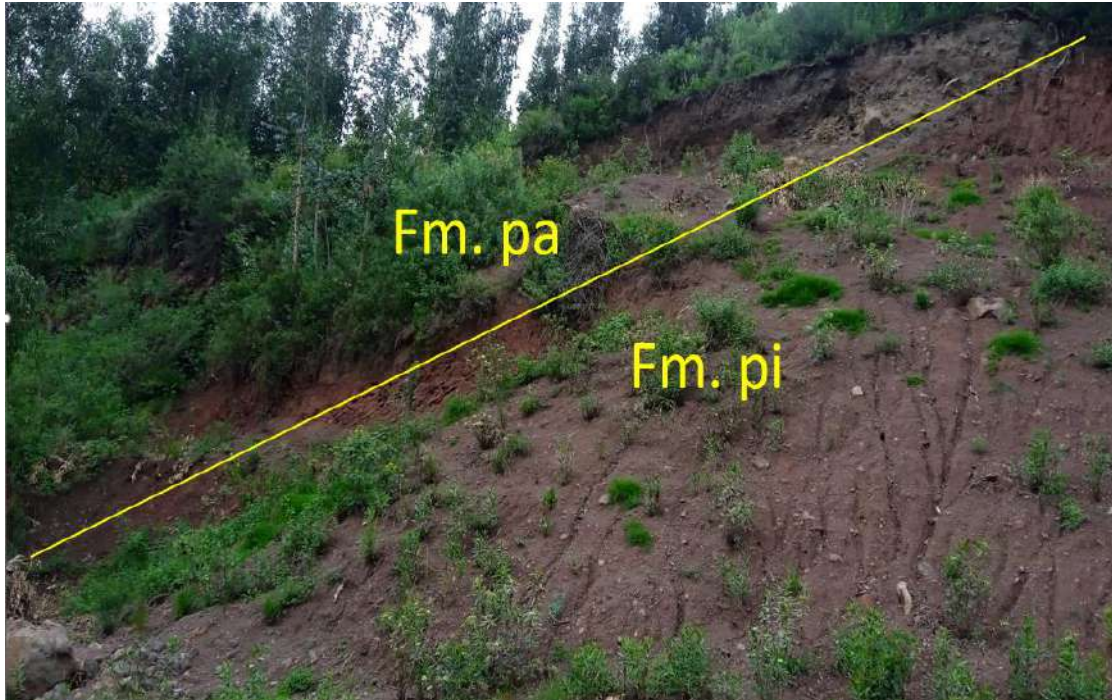
La Formación Pisac aflora en la parte noreste de la zona de estudio, esta formación ocupa 0.159 km² del área total de la zona de estudio siendo este el 2.90% del total de área (ver Tabla N°3) y cuenta con un espesor entre 200 y 300 metros, esta formación está conformada por un nivel volcánico, sobre el cual yacen secuencias grano estrato crecientes de brechas y conglomerados intercalados con areniscas y limolitas rojas. En la parte superior, el contacto con la Formación Pachatusan presentando buzamientos de 45° a 50° a lo largo en toda la parte norte y noreste de nuestra zona de estudio.

Figura. 47: Afloramiento Fm. Pisac en el sector Tiracancha



Nota: Se observa un afloramiento de la Formación Pisac, este afloramiento se logra apreciar en ladera de montaña presentando unidades litológicas de areniscas y limolitas rojas- Fuente: Propia.

Figura. 48: Posible contacto entre las Formaciones Pisac y Pachatusan



Nota: Se logra apreciar un cambio litológico, posible contacto entre las fm Pisac y fm Pachatusan - Fuente: Propia.

3.2.1.2. Formación Pachatusan (Ji-pa)

La Formación Pachatusan aflora en toda la parte norte y noreste de nuestra zona de estudio, esta formación ocupa una pequeña extensión de toda la zona de estudio con 1.075 km² siendo este el 19.57% del total del área; y cuenta con un espesor que varía entre 300 y 400 metros. Está conformada por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos. Esta formación sobre yace concordantemente a la Formación Pisac, caracterizándose también por la intercalación de las rocas volcánicas con las rocas sedimentarias.

Figura. 49: Brechas volcánicas de basaltos de la Fm. Pachatusan en corte de carretera



Nota. La figura 39.1 muestra la presencia de brechas volcánicas en todo el afloramiento. Fuente: Propia.

Figura. 50: Afloramiento de brechas y conglomerados volcánicos de la Fm. Pachatusan sector Tiracancha



Nota. La figura 40.1 muestra la presencia de brechas volcánicas- Fuente: Propia.

3.2.2. Formación Huancané (Ki-hn)

La Formación Huancané aflora en la parte norte de nuestra zona de estudio y reposa directamente sobre el Grupo Mitú, entre Oropesa y Rondobamba dentro de los anticlinales de Vilcanota y Rondobamba. Esta formación tiene generalmente un espesor pequeño que varía entre 30 y 150m, pero como está ubicado dentro del Anticlinal de Rondabamba su espesor puede sobrepasar los 300m y ocupa un área de 0.045 km² siendo este el 0.82% del área total de la zona de estudio.

Figura. 51: Afloramiento de la Fm. Huancané en la parte noreste del centro poblado de Huasao

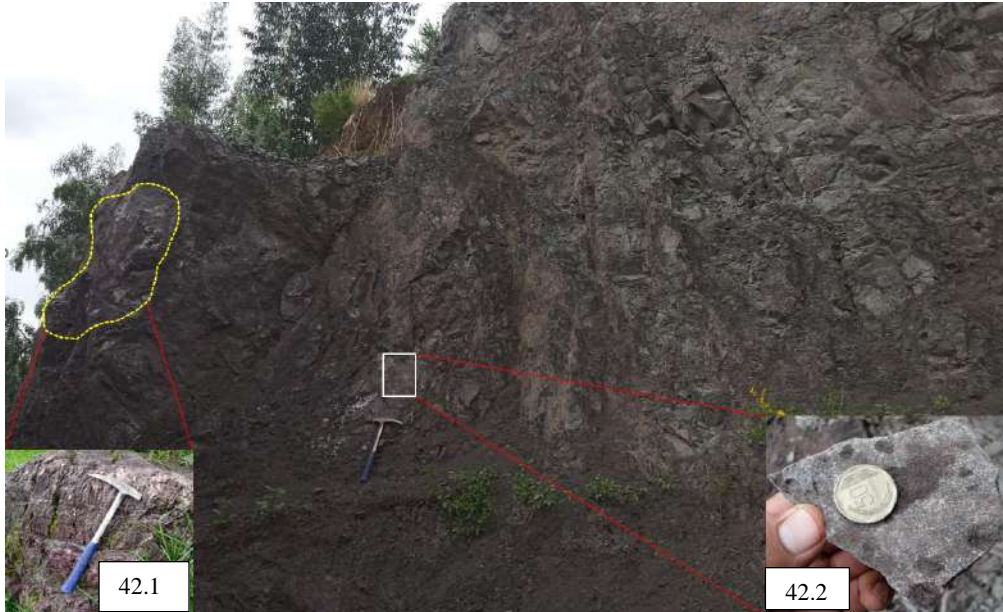


Nota: Se observa la Formación Huancané, con unidades litológicas de areniscas cuarzosas, lutitas, conglomerados y areniscas conglomeráticas-Fuente: Propia.

3.2.2.1. Formación Huancané - Miembro inferior (Ki-hn-Mi)

En este miembro se observan conglomerados, areniscas conglomeráticas y areniscas cuarzosas de color blanco, la granulometría es decreciente, corresponde a secuencias de origen fluvial.(Carlotto Caillaux et al., 2011). También se encuentran en el base micro conglomerado de cuarcitas.

Figura. 52: Areniscas cuarzosas de la Formación Huancané miembro inferior



Nota. La figura 42.1 se observa la presencia de cuarcita, en la figura 42.2 las areniscas cuarzosas con micro conglomerados de cuarcita - Fuente: Propia.

Figura. 53: Afloramiento de conglomerados y areniscas conglomerádicas de la Fm. Huancané miembro superior sector San José de Turpo



Nota: Se observa un afloramiento de la Fm. Huancané con una litología de conglomerados y areniscas conglomerádicas, miembro superior - Fuente: Propia.

3.2.3. Formación Kayra (Peo-ky)

La Formación Kayra aflora en la parte noroeste de nuestra zona de estudio ocupa una extensión de 0.419 km² de área en la zona de estudio siendo este el 7.62% del área total, presenta buzamientos que varían entre 45° y 50° con dirección al sur-oeste; y está constituida por areniscas feldespáticas, intercalada con lutitas rojas que tiene su génesis en ambientes fluviales entrelazados y llanuras de inundación.

Figura. 54: Afloramiento de la Fm. Kayra zona noroeste



Nota: Se observa un afloramiento de la Fm. Kayra ubicada al noreste de nuestra zona de estudio con una litología de areniscas feldespáticas intercalada con lutitas rojas altamente fracturadas - Fuente: Propia.

Figura. 55: Afloramiento de la Fm. Kayra al noroeste de la zona de estudio



Nota. La figura 45.1 se observa la presencia de areniscas feldespáticas con intercalación de lutitas. Fuente: Propia.

3.2.4. *Depósitos Aluviales (Qh-al)*

Estos depósitos se distinguen en cauces antiguos, en la parte baja de la zona de estudio, donde se ha asentado el centro poblado de Huasao, este depósito ocupa la mayor extensión de toda la zona de estudio ocupando un área de 3.283 km² siendo este el 59.79% del área total. Estos depósitos presentan un espesor entre 10m entre las terrazas bajas y 20m en terrazas altas; y están constituidos por el acopio de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.

Figura. 56: *Depósitos aluviales en inicios del cono de deyección*



Nota: Se observa depósitos aluviales, material cuaternario reciente. Fuente: Propia.

3.2.5. *Depósitos Coluviales (Qh-cl)*

Corresponden a depósitos que se encuentran en pendientes, en algunos cortes de carretera, delimitado por quebradas al pie de las laderas. Se encuentran poco consolidados presentando un área de 0.027 km² que ocupa el 0.51% del área total. Su litología está constituida por gravas, bloques angulosos a subangulosos con una matriz limo-arcillosa con derogada presencia de arena.

Figura. 57: *Depósitos coluviales en corte de carretera*



Nota. Los bloques subredondeados tienen distintos diámetros, alcanzando algunos hasta 1 metro.

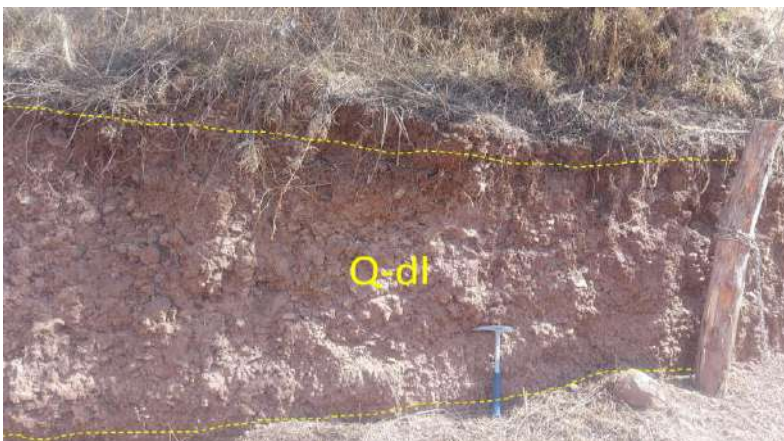
Fuente: Propia.

3.2.6. Depósitos deluviales (Qh-dl)

Estos depósitos se observan frecuentemente en laderas de pendiente suave, constituidas por suelos finos y arcillas, con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, son aprovechadas en su gran parte para la agricultura y pueden alcanzar espesores de 3 metros.

Presentan un área de 0.482 km² que representa el 8.78% del área total de la zona de estudio.

Figura. 58: *Depósitos deluviales en laderas*



Nota: Se observa depósitos deluviales en laderas con pendientes suaves - Fuente: Propia.

3.2.7. *Depósitos Palustres (Qh-p)*

En los alrededores del bofedal de Huasao se evidencian depósitos palustres que evidencian el contenido de sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas hacia el centro del bofedal, mientras que en los bordes es común encontrar gravas y arenas, el contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas, siendo en general suelos muy blandos.

3.2.8. *Depósitos Lacustres (Qh-la)*

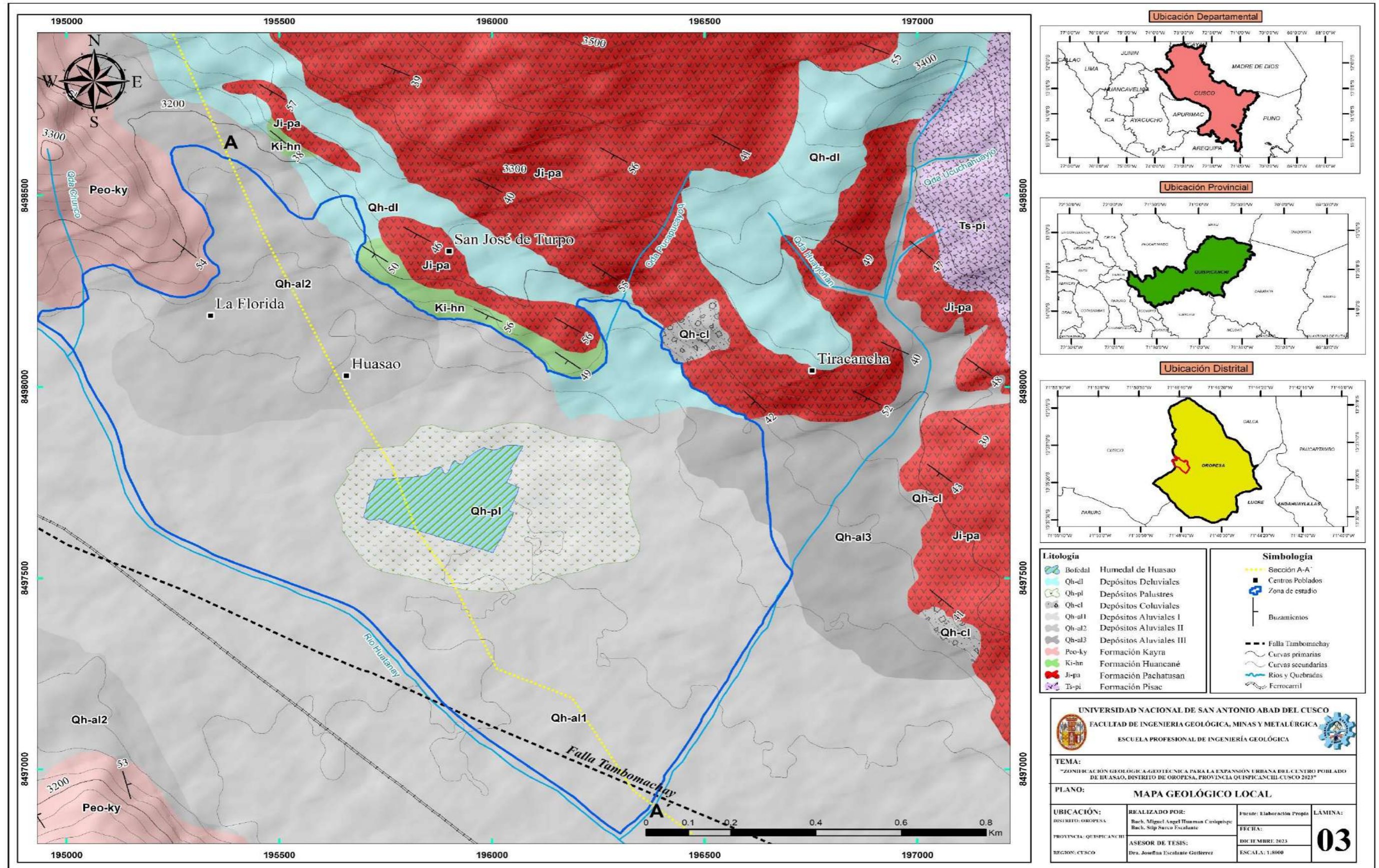
Los depósitos lacustres son acumulaciones de sedimentos que se forman en los lechos de lagos, suelen contener una variedad de materiales, que van desde limos y arcillas hasta arena y materia orgánica en descomposición. Sus dimensiones son de grano fino, predominando los limos y las arcillas. Puede ser muy alto en materia orgánica en zonas pantanosas, con estructura laminada en niveles muy finos, en condiciones de agua salada se forman precipitaciones de sal.

Figura. 59: *Depósitos palustres aledaños al bofedal de Huasao*



Fuente: <https://www.boletomachupicchu.com/humedales-huasao/>

Figura. 60: Geología local del centro poblado de Huasao



Capítulo IV: Geodinámica

La geodinámica interna es originada por esfuerzos concebidos por estructuras geológicas como el sistema de fallas Tambomachay y el conjunto de plegamientos, correspondientes a los anticlinales de Saylla-Lucre y anticlinal Rondobamba. Asimismo, tomando como una acotación la información del Capítulo II-DS N. ° 003-2016-VIVIENDA catalogando el ámbito de estudio de tipo 2 con un factor equivalente a 0.25. La geodinámica externa actual en el ámbito de estudio está ligado principalmente a fenómenos por inundación debido a la proximidad al río Huatanay. En cuanto a movimientos en masa, caídas de rocas y/o deslizamientos, no se presentará la mayoría de los mencionados exceptuando la caída de rocas debido a la configuración geomorfológica de tipo valle conformado por llanuras aluviales.

4.1. Geodinámica interna

A continuación, se muestra los resultados los cuales se obtuvieron en base a la evaluación de los parámetros sísmicos de la zona de estudio según la normativa E.030:

4.1.1. Determinación de los parámetros sísmicos según la Norma E.030

A) FACTOR DEL ZONA:

Cuadro 5: Determinación del factor de zona

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: E030 (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

B) PERFIL DEL SUELO:

Este parámetro se determinó mediante el N60 del equipo SPT. Lo cual fue obtenido por correlación del equipo PDL.

Cuadro 6: Resumen de los valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo

Perfil	Vs	N60	Su	
			kPas	Kg/cm2
S0	>1 500 m/s	-	-	-
S1	500 m/s a 1 500 m/s	>50	>100 kPas	>1 kg/cm2
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPas a 100 kPas	0.50 kg/cm2 a 1 kg/cm2
S3	<180 m/s	<15	25 kPas a 50 kPas	0.25 kg/cm2 a 0.50 kg/cm2
S4	CLASIFICACIÓN BASADO EN EL EMS			

Fuente: E030 (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

De lo mostrado el perfil de suelo considerado corresponde a S3 – Suelos blandos.

C) FACTOR DEL SUELO

Cuadro 7: Determinación del factor del suelo "S", de acuerdo a la zona y perfil del suelo

FACTOR DEL SUELO "S"						
		PERFIL DEL SUELO				
		S0	S1	S2	S3	S4
ZONA	Z4	0.80	1.00	1.05	1.10	SEGÚN EMS
	Z3	0.80	1.00	1.15	1.20	
	Z2	0.80	1.00	1.20	1.40	
	Z1	0.80	1.00	1.60	2.00	

Fuente: E030 (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

D) PERIODOS “Tp” y “TL”

Cuadro 8: *Determinación del TP (Período que define la plataforma del factor C) y TL (Período que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante)*

PERIODOS "TP" "TL"				
	TIPO DE PERFIL DEL SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: E030 (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

De acuerdo a lo expuesto se tiene las siguientes condiciones de sismicidad.

Tabla 3: *Resumen de las condiciones sísmicas en la zona de estudio*

CONDICION	VALOR ESTIMADO
ZONA SISMICA	Z2 (0.25)
FACTOR S DEL SUELO	1.40
TP (s)	1.00
TL (s)	1.60
ORDENADAS ESPECTRALES	ENTRE 0.36g A 0.30 g
FRECUENCIA DE INTENSIDADES SISMICAS	INTENSIDAD VIII y IX
MAYOR CONCENTRACION DE SISMOS	NO EXPUESTA A SISMOS FRECUENTES

4.2. Geodinámica externa

En el ámbito del proyecto no se comprobó deslizamientos y flujo de detritos. Debido a que la topografía es plana y presenta una baja erosión y meteorización. Sin embargo, se expone a continuación los detalles del análisis geodinámico realizado:

Considerándose que la geodinámica externa contempla la labor externamente de los fenómenos atmosféricos, en el análisis de las alteraciones y cambios en la corteza terrestre, así como las causas y consecuencias de estas.

En este entender la geodinámica externa involucra todos los cambios en la capa superficial, que se producen por procesos atmosféricos, biológicos y químicos que modifican el relieve.

4.2.1. Caída de rocas

Siendo un fenómeno natural la caída de rocas, que puede ocurrir en cualquier lugar donde haya rocas expuestas. Sin embargo, es más probable que ocurra en áreas con pendientes pronunciadas y rocas sueltas o fracturadas.

Debido a la topografía llana no se evidencia caídas de roca en el ámbito de estudio, excepto en pequeñas zonas en contacto con el talud de las montañas y colinas adyacentes

Las rocas se pueden desprender de las declinaciones de los macizos o colinas por una variedad de razones. La erosión, la meteorización y los sismos son algunas de las causas más comunes. La erosión puede debilitar las rocas, haciéndolas más propensas a desprenderse. La meteorización, que es la descomposición de las rocas por la labor del agua, el viento y el hielo, también puede debilitar las rocas y hacerlas más susceptibles a la caída. Los sismos pueden causar que las rocas se fracturen o se desplacen, lo que puede aumentar el riesgo de caída.

Figura. 61: Talud de pendiente abrupta con susceptibilidad a caída de rocas



Nota: Se observa bloques de rocas con una pendiente alta. Fuente: Propia.

Figura. 62: Zona susceptible a caída de rocas



Nota: Se observa un talud susceptible a caída de rocas sin erosión. Fuente: Propia.

Figura. 63: *Caída de rocas cercanas a viviendas unifamiliares*



Nota: Se observa caída de rocas con un alta pendiente que afectan a viviendas unifamiliares - Fuente: Propia.

4.2.2. Inundación

Siendo desbordamientos las inundaciones de agua efímeras hacia terrenos normalmente secos. En los márgenes adyacentes al río existe peligro de inundación. La topografía llana de la zona, junto con lluvias intensas, en la región, pueden desencadenar un aumento repentino en el caudal del río, llevando consigo una carga considerable de detritos y aumentando el riesgo de desbordamiento.

El incremento poblacional en el centro poblado de Huasao, ha tolerado el esparcimiento urbano en zonas de riesgo alto y muy alto, evidenciando a la población, viviendas, medios de vida y construcción pública (red de agua, red de desagüe, plantas de tratamiento de agua potable, etc.), incurriendo en años pasados siendo afectados por inundaciones, ocurriendo en el año 2010 en la cual se evidenciaron precipitaciones descomunales, habiendo como resultado la pérdida de domicilios, fincas de cultivo y pobladores de casas ubicadas en la ribera del río Huatanay.

Figura. 64: Zona susceptible a posible fenómeno de inundación fluvial en el C.P de Huasao



*Nota: Se observa una zona susceptible a inundación fluvial por fuertes precipitaciones pluviales -
Fuente: Propia.*

Figura. 65: Fenómeno de geodinámica externa en el centro poblado de Huasao



Nota: Se observa zonas susceptibles a inundación fluvial por fuertes precipitaciones pluviales.

Fuente: Propia.

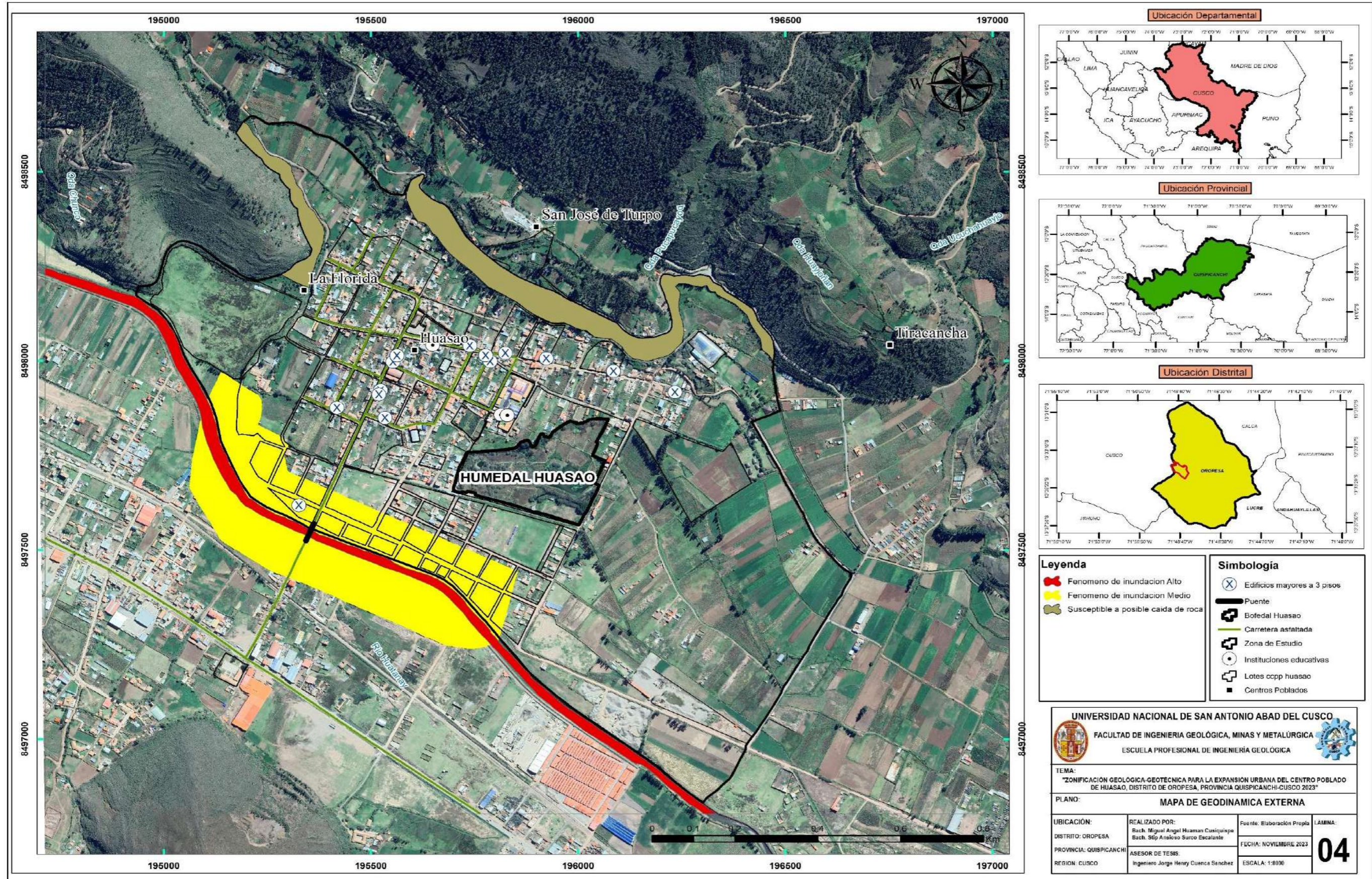
Se tiene registros de daños ocasionados por eventos pasados los mismos que se encuentran en el SINPAD.

Cuadro 9: Registro de fenómenos de inundación registrados en el distrito de Oropesa 2003 al 2022

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA	TIPO	FENOMENO
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	08/01/2003	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	27/01/2003	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	04/03/2003	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	11/03/2003	Meteorológicos, oceanográficos	Riada (crecida de río) (avenid
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	04/04/2003	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	10/01/2004	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	10/01/2010	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	24/01/2010	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	01/03/2010	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	5/01/2020	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación por desborde de río
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	2/12/2020	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación por desborde de río
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	7/12/2020	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación por desborde de río
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	16/01/2021	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación por desborde de río
CUSCO	QUISPICANCHI	OROPESA	1/11/2021	Meteorológicos, oceanográficos	Inundación por desborde de río

Se reconoce en el capítulo de geodinámica, que los fenómenos de caída de rocas e inundación fluvial son los más recurrentes teniendo un periodo de retorno considerable que afectan a viviendas aledañas en nuestra zona de estudio, recomendamos obras de prevención y remediación como defensas ribereñas y reducir las fuerzas desestabilizadoras a cualquier potencial proceso de inestabilidad.

Figura. 66: Mapa de geodinámica externa del centro poblado de Huasao



Capítulo V: Geotecnia

La geotecnia se encarga del estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo agrupando distintas disciplinas y técnicas, como la geología, geofísica, mecánica de suelos, mecánica de rocas, etc.; todas estas que son relacionadas con las obras civiles.

La evaluación del comportamiento físico - mecánico de los suelos es fundamental, debido a que permite cuantificar y poder predecir el comportamiento adecuado para futuras obras de ingeniería civil. En el presente acápite se abordará todos los trabajos de campo y laboratorio, los cuales fueron integrados en Excel para su recopilación.

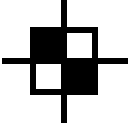
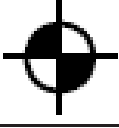
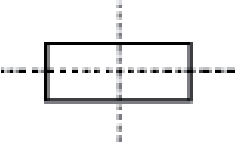

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la exploración geotécnica para la zonificación geotécnica del centro poblado de Huasao.

5.1. Exploración geotécnica

5.1.1. *Apertura de calicatas*

En esta primera etapa de exploración en campo se procedió a realizar las excavaciones de las calicatas correspondientes a lo establecido anteriormente siguiendo la normativa E.050, estas excavaciones facilitaran una observación directa del terreno, presencia del nivel freático, realización de ensayos in-situ y la facilitación en la toma de muestras representativas del suelo.

Figura. 67: *Técnicas de exploración normalizadas*

TABLA 7 TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN		
TÉCNICA DE EXPLORACIÓN	SIMBOLO	
Pozo o Calicata	C - n	
Perforación	P - n	
Trinchera	T - n	
Auscultación	A - n	

Fuente: Norma E.050

De acuerdo a la distribución de los puntos de exploración se muestran algunas calicatas en las cuales se puede evidenciar notoriamente la presencia de agua en casi toda la mayoría de las excavaciones.

Figura. 68: *Excavación de calicata con presencia de nivel freático*



Nota: Se observa la excavación de una calicata con presencia de nivel freático - Fuente: Propia.

Figura. 69: *Apertura de calicata en el sector de Nuevo Huasao*



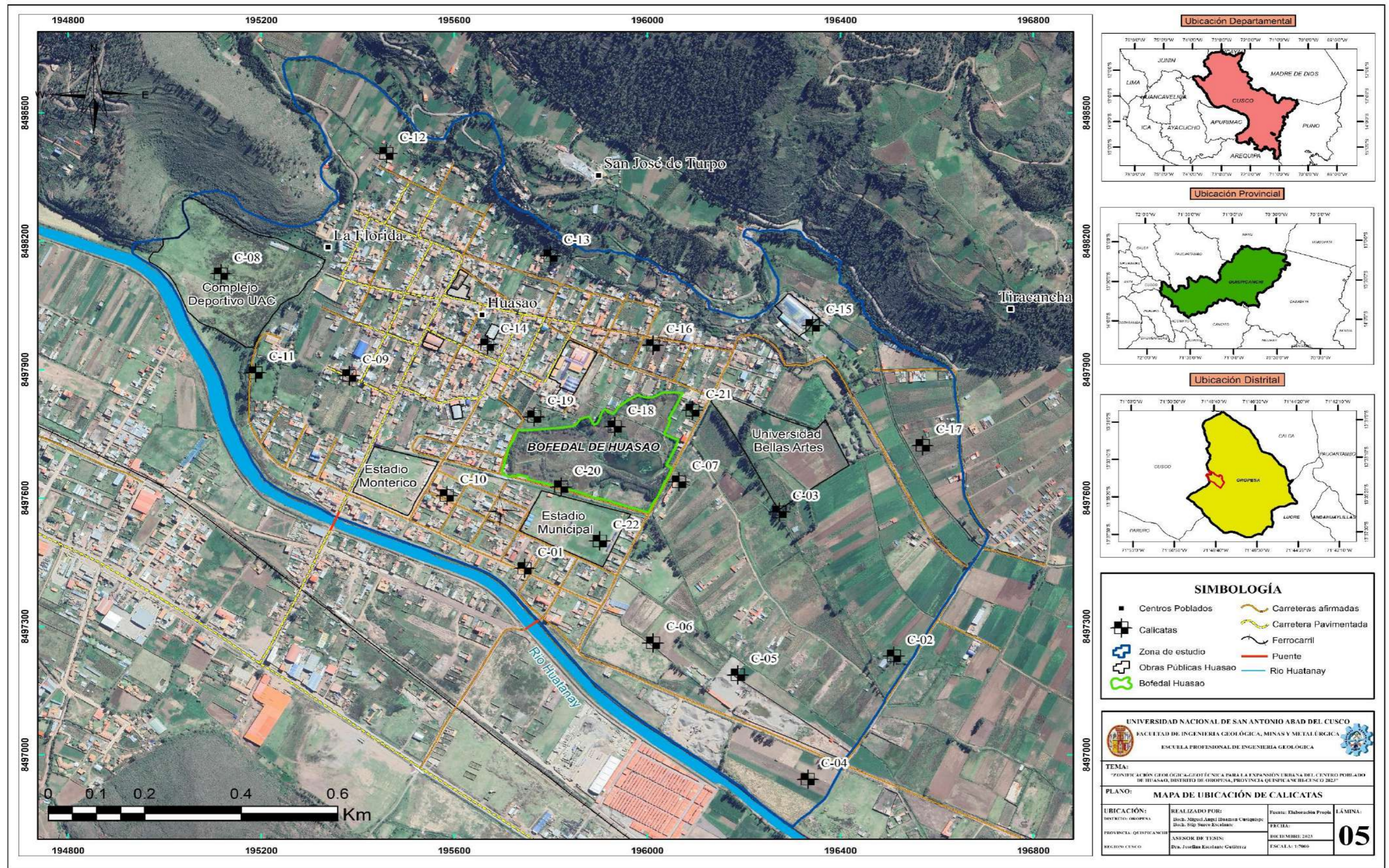
Nota: Se observa la apertura de calicata en el sector Nuevo Huasao. Fuente: Propia.

En la Tabla N°05 se resume la ubicación de todas las calicatas realizadas en la zona de estudio con sus respectivas coordenadas UTM.

Tabla 4: *Ubicación de los puntos de exploración de la zona de estudio*

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Coordenada Este	Coordenada Norte
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	195746	8497436
C – 02	Sector Callapucyoq	196511	8497231
C – 03	Sector Callapucyoq	196274	8497568
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	196333	8496943
C – 05	Sector Callapucyoq	196188	8497187
C – 06	Sector Callapucyoq	196012	8497262
C – 07	Sector Callapucyoq	196066	8497638
C – 08	Sector La Florida	195117	8498124
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	195383	8497886
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	195585	8497606
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	195189	8497893
C – 12	Sector La Florida	195460	8498405
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	195800	8498166
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	195669	8497958
C – 15	Sector Tiracancha	196343	8498003
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	196012	8497957
C – 17	Sector Tiracancha	196571	8497723
C – 18	Humedal de Huasao	195933	8497767
C – 19	Apv. Las Sirenitas	195766	8497790
C – 20	Humedal de Huasao	195822	8497626
C – 21	Humedal de Huasao	196094	8497805
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	195902	8497500

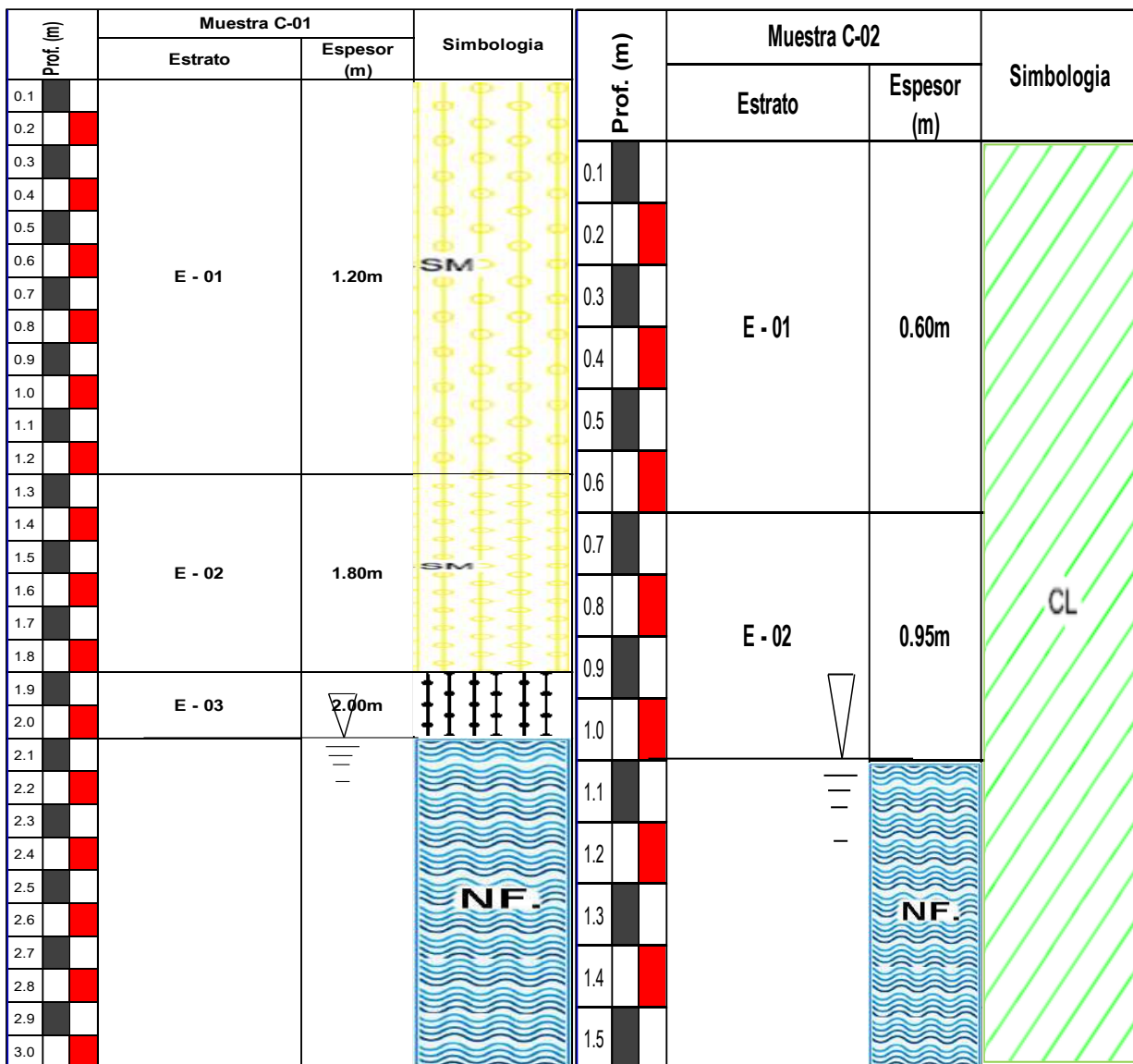
Figura. 70: Mapa de ubicación de calicatas en la zona de estudio



5.1.2. Perfil Estratigráfico

Luego de haber realizada la excavación de las calicatas se procede a realizar el levantamiento de las secuencias estratigráficas presentes, para ello se realiza una descripción de manera general de cada columna, tomando en cuenta datos como el tipo de material, composición, color, humedad y plasticidad que presenta cada perfil estratigráfico.

Figura. 71: Perfiles estratigráficos - C.P Huasao



Fuente: Propia.

Figura. 72: Perfil estratigráfico con presencia de nivel freático



Nota: Se observa en la apertura de calicata el perfil estratigráfico con presencia de nivel freático a 2 metros de profundidad- Fuente: Propia.

Figura. 73: Perfil estratigráfico con presencia de agua a menos de 1 metro



Nota: Se observa en la apertura de calicata su perfil estratigráfico con presencia de nivel freático a menos de 1 metro- Fuente: Propia.

5.1.3. Toma de muestras

En esta etapa de la exploración geotécnica se procedió a realizar la obtención de muestras representativas de cada calicata, tomando para cada excavación una muestra inalterada y otra alterada.

5.1.3.1. Obtención de Muestras alteradas

Este tipo de muestras tienen la deficiencia de que almacenan solo algunas características u propiedades del terreno en su estado natural. Para realizar su correcta extracción se obtiene muestras de suelo recolectadas con una palana y posteriormente introduciéndolas en bolsas. Si se desea conservar la humedad natural que posee esta muestra se puede guardar la muestra en una zona con temperatura ambiente y bañarlo en parafina.

Figura. 74: *Extracción y embalaje de muestra alterada en la zona de estudio*



Nota: Se observa la extracción y embalaje de la muestra alterada en la zona de estudio.

Fuente: Propia.

5.1.3.2. Obtención de Muestras inalteradas

Este tipo de muestras conservan, según algunas teorías referentes, las propiedades naturales que tiene el suelo “in-situ”. Al momento de realizar el procedimiento de extracción de estas muestras se debe realizar una limpieza superficial antes de realizar el tallado del bloque de forma geométrica cubica de dimensiones recomendables de 15 o 20 cm. Posteriormente se procede a realizar un parafinado en todas las caras de la muestra, tal que el suelo no quede en contacto con el exterior y por último se embala toda la muestra con fill.

Figura. 75: Tallado de muestra inalterada en forma cúbica



Nota: Se observa la apertura de calicata y posterior tallado de muestra inalterada en forma cubica. Fuente: Propia.

Figura. 76: *Embalaje de muestra inalterada luego de parafinado en fill*



Nota: Se observa el embalaje parafinado con fill de la muestra inalterada en forma cubica.
Fuente: Propia.

5.1.4. Ensayos de suelos in-situ

5.1.4.1. Densidad natural del suelo

En esta etapa se realizó en ensayo de densidad natural in situ del suelo mediante cono de arena, cada respectivo ensayo se realizó al interior de la excavación y se trató de dejar una superficie plana antes de llegar al nivel freático para no tener dificultades al ejecutar dicho ensayo. Para poder obtener resultados muy representativos se siguió los lineamientos de la norma ASTM D-1556-64; este método no es recomendado para suelos saturados, además de suelos que sean demasiados blandos.

Tabla 5*Resumen de las densidades naturales obtenidas en cada excavación*

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Densidad natural humedad (g/cm³)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	1.88
C – 02	Sector Callapucyoq	1.84
C – 03	Sector Callapucyoq	1.84
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	1.85
C – 05	Sector Callapucyoq	1.87
C – 06	Sector Callapucyoq	1.87
C – 07	Sector Callapucyoq	1.90
C – 08	Sector La Florida	1.86
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	1.88
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	1.85
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	1.85
C – 12	Sector La Florida	2.04
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	2.07
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	2.01
C – 15	Sector Tiracancha	2.05
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	2.04
C – 17	Sector Tiracancha	1.88
C – 18	Humedal de Huasao	1.65
C – 19	Apv. Las Sirenitas	1.62
C – 20	Humedal de Huasao	1.60
C – 21	Humedal de Huasao	1.62
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	1.87

5.1.4.2. Ensayo DPL (Dynamic Probing Light)

Luego de haber realizado el ensayo de densidad insitu se procedió a ejecutar el ensayo DPL (auscultación) que es un método indirecto y permite valorar la resistencia de los suelos a través del número de golpes, para este ensayo se tomó datos del número de golpes que se requiere para que el cono dinámico ingrese 10 cm al estrato (N_{10}).

Este ensayo es aplicable a profundidades de hasta 8 m, con estos resultados se podrá estimar el ángulo de fricción interna del suelo realizando correlaciones con el ensayo SPT.

Figura. 79: *Ensayo DPL dentro de la calicata para alcanzar mayor profundidad*



Nota: Se observa la apertura de calicata y posterior ensayo DPL dentro de la calicata.
Fuente: Propia.

Figura. 80: *Ensayo DPL en el Sector de Callapucyoq*



Nota: Se observa el ensayo DPL fuera de la calicata. *Fuente: Propia.*

5.2. Ensayos de Laboratorio

Luego de haber realizado la exploración geotécnica y extracción de muestras representativas (alteradas e inalteradas) se procede a realizar los respectivos ensayos de laboratorio que se detallan a continuación.

5.2.1. Análisis granulométrico

Este ensayo se realizó siguiendo la normativa ASTM D422 NTP 339.128, en el cual se ejecutó el tamizado de las muestras extraídas de cada calicata y obteniendo como resultado la distribución granulométrica de cada muestra que se detalla con más especificación en la Tabla 07.

Figura. 81: Análisis granulométrico por tamizado



Nota: Se observa los ensayos de análisis granulométrico por tamizado en laboratorio. Fuente: Propia.

Tabla 6: Resumen de los resultados del análisis granulométrico por tamizado

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Granulometria		
		Grava (%) - N°4	Arena (%) N°200<x<N°4	Finos (%) >N°200
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	0.00	81.34	18.66
C – 02	Sector Callapucyoq	0.00	15.30	84.70
C – 03	Sector Callapucyoq	0.00	49.90	50.10
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	0.00	42.41	57.59
C – 05	Sector Callapucyoq	0.00	75.65	24.35
C – 06	Sector Callapucyoq	0.00	25.99	74.01
C – 07	Sector Callapucyoq	0.00	20.29	79.71
C – 08	Sector La Florida	0.00	37.41	62.59
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	0.00	65.96	34.04
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	0.00	68.40	31.60
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	0.00	43.00	57.00
C – 12	Sector La Florida	44.13	38.57	17.30
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	43.08	35.70	21.22
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	40.39	37.03	22.58
C – 15	Sector Tiracancha	43.43	36.23	20.35
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	33.50	28.60	37.90
C – 17	Sector Tiracancha	16.15	32.37	51.48
C – 18	Humedal de Huasao	0.00	10.33	89.67
C – 19	Apv. Las Sirenitas	0.00	22.65	77.35
C – 20	Humedal de Huasao	0.00	20.66	79.34
C – 21	Humedal de Huasao	0.00	15.65	84.35
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	0.00	21.67	78.33

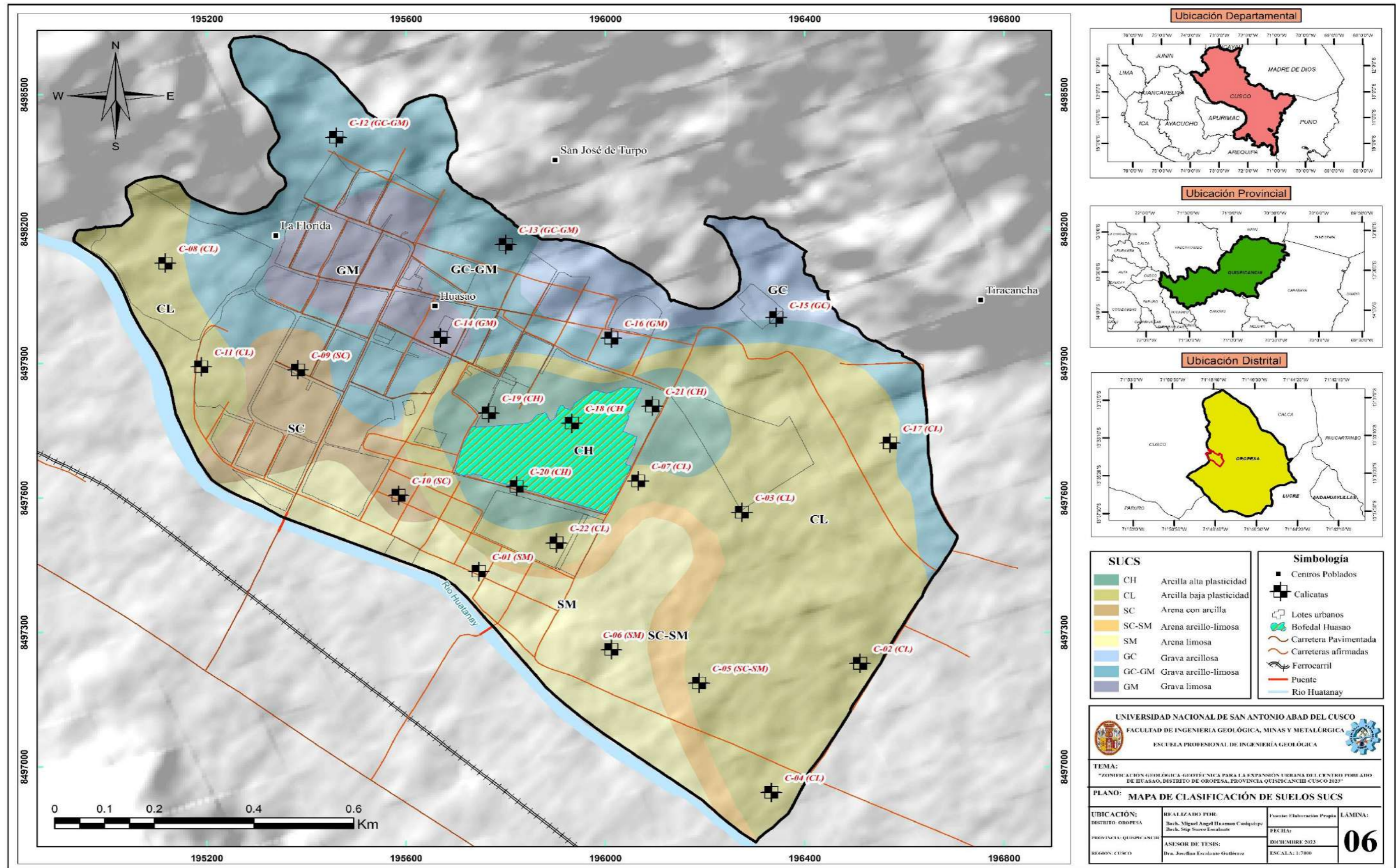
5.2.2. Clasificación de suelos (SUCS)

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis granulométrico por tamizado y en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), encontramos que los suelos por su génesis y ambiente geológico son orgánicos, se pudo observar al momento de realizar la calicata en los primeros 50 cm, luego varían entre arcillas limosas, arenas limosas y gravas limo-arenosas en la mayoría con presencia de nivel freático a menos de 2.40m.

Tabla 7: Resumen de la clasificación SUCS de las muestras de cada calicata

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Clasificación de suelos (SUCS)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	SM
C – 02	Sector Callapucyoq	CL
C – 03	Sector Callapucyoq	CL
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	CL
C – 05	Sector Callapucyoq	SC-SM
C – 06	Sector Callapucyoq	SM
C – 07	Sector Callapucyoq	CL
C – 08	Sector La Florida	CL-ML
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	SC
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	SC
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	CL
C – 12	Sector La Florida	GC-GM
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	GC-GM
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	GM
C – 15	Sector Tiracancha	GC
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	GM
C – 17	Sector Tiracancha	CL
C – 18	Humedal de Huasao	CH
C – 19	Apv. Las Sirenitas	CH
C – 20	Humedal de Huasao	CH
C – 21	Humedal de Huasao	CH
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	CL

Figura. 82: Mapa de clasificación de suelos SUCS de la zona de estudio



5.2.3. Contenido de humedad

Este ensayo se realizó antes de comenzar a tamizar las muestras de suelo, se separó una cantidad no tan considerable de la muestra (500g – 600g) para posteriormente pesarla así con su humedad natural y luego dejar secar en el horno las 24 horas. Los resultados de cada muestra se observan en la Tabla N°09.

Figura. 83: Muestreo de suelo para ensayo de contenido de humedad



Nota: Se observa el muestreo y pesaje para ensayo de contenido de humedad en laboratorio.

Fuente: Propia.

Figura. 84: Colocación de muestra de suelo en el horno por 24 horas



Nota: Se observa la colocación de las muestras al horno por 24 horas en laboratorio.

Fuente: Propia.

Tabla 8: *Resumen de resultados de contenido de humedad*

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Contenido de Humedad (%)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	23.56
C – 02	Sector Callapucyoq	17.26
C – 03	Sector Callapucyoq	12.22
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	15.35
C – 05	Sector Callapucyoq	27.65
C – 06	Sector Callapucyoq	13.98
C – 07	Sector Callapucyoq	12.23
C – 08	Sector La Florida	11.69
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	26.56
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	26.26
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	12.20
C – 12	Sector La Florida	8.18
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	8.28
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	8.48
C – 15	Sector Tiracancha	12.75
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	8.26
C – 17	Sector Tiracancha	6.17
C – 18	Humedal de Huasao	18.32
C – 19	Apv. Las Sirenitas	17.56
C – 20	Humedal de Huasao	22.65
C – 21	Humedal de Huasao	23.66
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	8.25

5.2.4. Límites de Consistencia

Para poder realizar los ensayos de límites de atterberg (L.L y L.P) y luego obtener el cálculo de cada propiedad para posteriormente hallar el índice de plasticidad (IP) de cada muestra, los cuales nos permitirán obtener los límites de humedad del suelo en el que sigue en estado plástico, se retiró aproximadamente 100 gr de material que pase por la malla N°40 y se dio inicio al ensayo.

Figura. 85: Ensayo límite líquido de la muestra 01



Nota: Se observa la realización del ensayo de límite líquido en laboratorio. Fuente: Propia.

Figura. 86: Ensayo límite plástico de la muestra 04



Nota: Se observa la realización del ensayo de límite plástico en laboratorio. Fuente: Propia.

Tabla 9: *Resumen de los límites de consistencia*

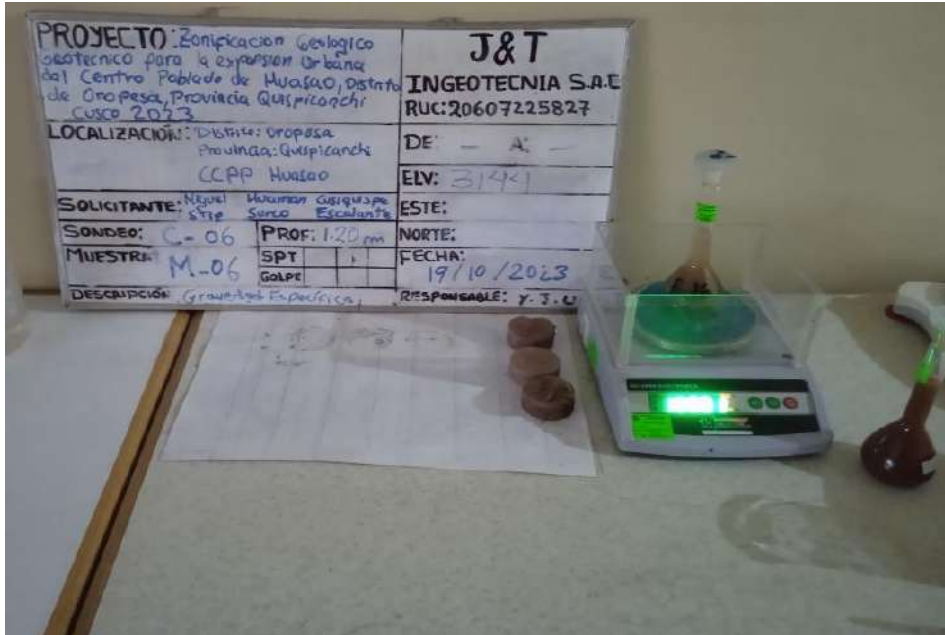
Calicata	Ubicación del punto de exploración	Límites de Consistencia		
		L.L (%)	L.P (%)	IP (%)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	NP	NP	NP
C – 02	Sector Callapucyoq	28.00	11.00	17.00
C – 03	Sector Callapucyoq	36.10	16.97	19.12
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	41.26	17.89	23.37
C – 05	Sector Callapucyoq	41.26	17.89	23.37
C – 06	Sector Callapucyoq	NP	NP	NP
C – 07	Sector Callapucyoq	0.00	20.29	79.71
C – 08	Sector La Florida	37.21	23.32	13.89
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	23.68	17.31	6.37
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	42.60	16.93	25.67
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	28.32	17.07	11.25
C – 12	Sector La Florida	22.55	16.87	5.69
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	26.87	21.92	4.95
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	19.90	16.79	3.11
C – 15	Sector Tiracancha	27.56	18.89	8.67
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	20.45	18.39	2.06
C – 17	Sector Tiracancha	24.59	17.08	7.51
C – 18	Humedal de Huasao	59.36	17.04	42.32
C – 19	Apv. Las Sirenitas	60.33	18.78	41.55
C – 20	Humedal de Huasao	57.65	15.10	42.55
C – 21	Humedal de Huasao	58.59	18.04	40.55
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	24.45	16.82	7.63

5.2.5. *Peso específico relativo de sólidos*

Para realizar este ensayo se tuvo como base la norma ASTM D1556 NTP 339.143, el peso específico es una propiedad índice de vital importancia para cualquier obra civil y sirve como un factor de cálculo en la mecánica de suelos.

El procedimiento de este ensayo está bien detallado en el marco teórico conceptual, por ello solo se mostrarán los resultados obtenidos a partir de los ensayos aplicados a cada muestra de las calicatas excavadas.

Figura. 87: Pesaje de fiolas para el ensayo de peso específico de la muestra 06



Nota: Se observa el pesaje de las fiolas para la realización del ensayo de peso específico en laboratorio. *Fuente: Propia.*

Figura. 88: Extracción de vacíos de la muestra saturada



Nota: Se observa la realización de extracción de vacíos de la muestra saturada en laboratorio. *Fuente: Propia.*

Tabla 10: *Resumen de los resultados del ensayo peso específico relativo de los sólidos*

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Gravedad específica (g/cm³)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	2.71
C – 02	Sector Callapucyoq	2.62
C – 03	Sector Callapucyoq	1.82
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	1.83
C – 05	Sector Callapucyoq	2.70
C – 06	Sector Callapucyoq	1.85
C – 07	Sector Callapucyoq	1.86
C – 08	Sector La Florida	1.84
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	2.68
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	2.73
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	2.60
C – 12	Sector La Florida	2.65
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	2.59
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	2.55
C – 15	Sector Tiracancha	2.51
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	2.53
C – 17	Sector Tiracancha	2.56
C – 18	Humedal de Huasao	2.45
C – 19	Apv. Las Sirenitas	2.44
C – 20	Humedal de Huasao	2.42
C – 21	Humedal de Huasao	2.44
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	1.84

5.3. Ensayos especiales

5.3.1. Corte Directo

Para poder calcular los parámetros mecánicos del suelo y simular la condición drenada que tienen al estar saturados, debido a la presencia del nivel freático, se realizó el ensayo de corte directo, el cual tiene como finalidad ejercer esfuerzos cortantes y esfuerzos normales a la muestra de suelo remoldeado, obtenido de la muestra inalterada, con el objetivo de aplicar la resistencia interna por unidad de área que la masa del suelo puede ofrecer a la falla. Luego de haber dejado las muestras remoldeadas sumergidas en agua hasta que alcancen su máximo grado de saturación se realiza el ensayo de corte directo siguiendo los lineamientos establecidos por la Norma E.050 y también la norma ASTM D 3080 NTP 339.171.

Figura. 89: Remoldeado de muestra inalterada para ensayo de corte directo



Nota: Se observa la realización de remoldeado de muestra inalterada para ensayo de corte directo en laboratorio. Fuente: Propia.

Figura. 90: Colocación de muestra remoldeada en caja de corte



Nota: Se observa la colocación de muestra remoldeada en caja de corte. *Fuente: Propia.*

Figura. 91: Sumergido de muestras remoldeadas en caja de corte hasta que se sature totalmente



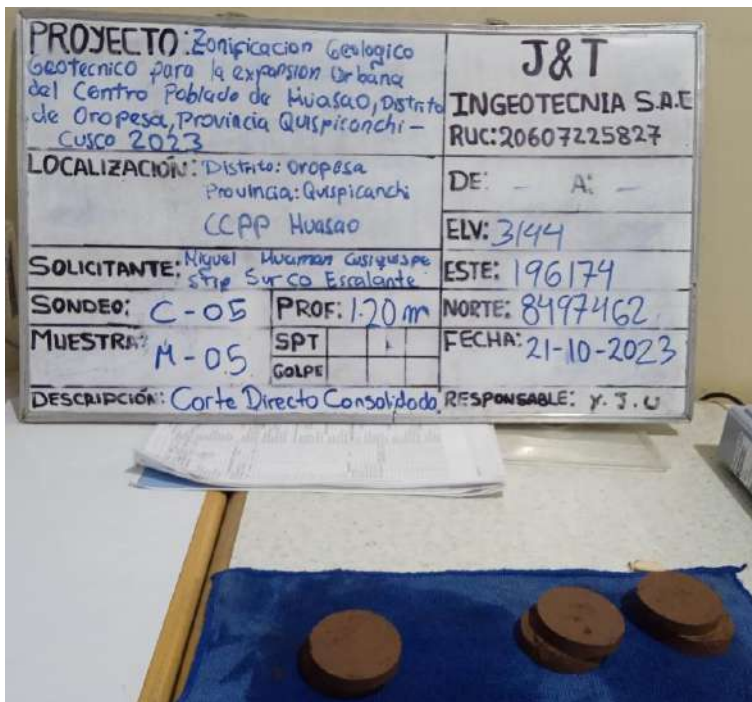
Nota: Se observa las muestras sumergidas remoldeadas en caja de corte hasta que llegue a su saturación total. *Fuente: Propia.*

Figura. 92: *Ensayo de corte directo del tipo consolidado-drenado*



Nota: Se observa el ensayo de corte directo del tipo consolidado-drenado en laboratorio. *Fuente:* Propia.

Figura. 93: *Muestras luego del ensayo de corte directo del tipo consolidado-drenado*



Nota: Se observa las muestras luego del ensayo de corte directo de tipo consolidado-drenado en laboratorio. *Fuente:* Propia.

5.4. Resultados obtenidos

5.4.1. Resumen de las propiedades físicas

De los ensayos de laboratorio se tiene los siguientes resultados:

Cuadro 10: Resumen de resultados de ensayos de caracterización

CALICATA	ESTRATO	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	HUMEDAD (%)	PESO ESPECIFICO RELATIVO g/cm3	DENSIDAD NATURAL HUMEDA g/cm3
C-01	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	81.34%	18.66%	NP	NP	NP	SM	23.56%	2.71	1.88
C-02	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	15.30%	84.02%	28.00%	11.00%	17.00%	CL	17.26%	2.62	1.84
C-03	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	49.90%	50.10%	36.10%	16.97%	19.12%	CL	12.22%	1.82	1.84
C-04	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	42.41%	57.59%	41.26%	17.89%	23.37%	CL	15.35%	1.83	1.85
C-05	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	75.65%	24.35%	41.26%	17.89%	23.37%	SC-SM	27.65%	2.70	1.87
C-06	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	25.99%	74.01%	NP	NP	NP	SM	13.98%	1.85	1.87
C-07	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	20.29%	79.71%	37.21%	23.32%	13.89%	CL	12.23%	1.86	1.90
C-08	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	37.41%	62.59%	23.68%	17.31%	6.37%	CL-ML	11.69%	1.84	1.86
C-09	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	65.96%	34.04%	42.60%	16.93%	25.67%	SC	26.56%	2.68	1.88
C-10	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	68.40%	31.60%	40.32%	18.32%	22.00%	SC	26.26%	2.73	1.85
C-11	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	43.00%	57.00%	28.32%	17.07%	11.25%	CL	12.20%	2.60	1.85
C-12	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	44.13%	38.57%	17.30%	22.55%	16.87%	5.69%	GC-GM	8.18%	2.65	2.04
C-13	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	43.08%	35.70%	21.22%	26.87%	21.92%	4.95%	GC-GM	8.28%	2.59	2.07
C-14	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	40.39%	37.03%	22.58%	19.90%	16.79%	3.11%	GM	8.48%	2.55	2.01
C-15	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	43.43%	36.23%	20.35%	27.56%	18.89%	8.67%	GC	12.75%	2.51	2.05
C-16	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	33.50%	28.60%	37.90%	20.45%	18.39%	2.06%	GM	8.26%	2.53	2.04
C-17	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	16.15%	32.37%	51.48%	24.59%	17.08%	7.51%	CL	6.17%	2.56	1.88
C-18	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	10.33%	89.67%	59.36%	17.04%	42.32%	CH	18.32%	2.45	1.65
C-19	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	22.65%	77.35%	60.33%	18.78%	41.55%	CH	17.56%	2.44	1.62
C-20	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	20.66%	79.34%	57.65%	15.10%	42.55%	CH	22.65%	2.42	1.60
C-21	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	15.65%	84.35%	58.59%	18.04%	40.55%	CH	23.66%	2.44	1.62
C-22	E1	SUELO DE ORGANICO SUCS : Pt									
	E2	0.00%	21.67%	78.33%	24.45%	16.82%	7.63%	CL	8.25%	1.84	1.87

5.4.2. Resumen de las propiedades mecánicas de los suelos

De los ensayos de laboratorio se tiene los siguientes resultados:

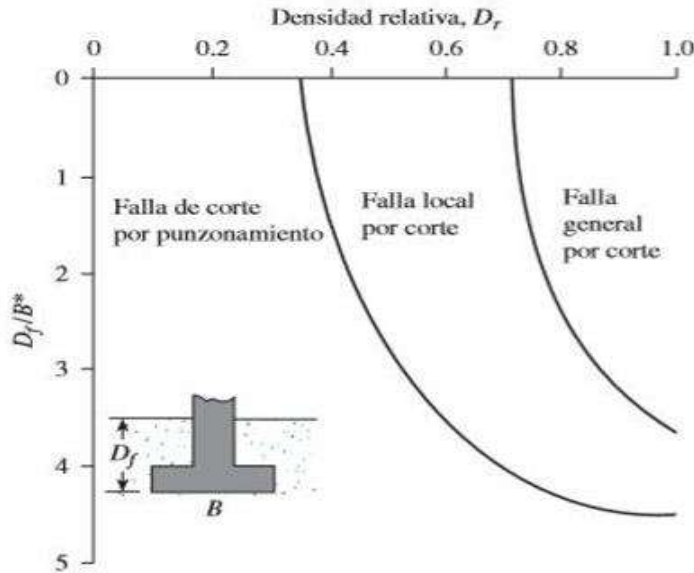
Tabla 11: Resumen de las propiedades mecánicas de las muestras por el ensayo de corte directo

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Corte Directo	
		Cohesión (c) (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (ϕ) (°)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	0.10	26.15
C – 02	Sector Callapucyoq	0.14	24.24
C – 03	Sector Callapucyoq	0.37	3.71
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	0.40	3.92
C – 05	Sector Callapucyoq	0.00	24.38
C – 06	Sector Callapucyoq	0.01	25.98
C – 07	Sector Callapucyoq	0.36	3.62
C – 08	Sector La Florida	0.37	3.67
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	0.00	25.74
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	0.01	25.89
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	0.35	3.51
C – 12	Sector La Florida	0.22	30.96
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	0.23	32.25
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	0.24	30.11
C – 15	Sector Tiracancha	0.23	30.24
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	0.21	30.96
C – 17	Sector Tiracancha	0.38	3.74
C – 18	Humedal de Huasao	0.18	1.33
C – 19	Apv. Las Sirenitas	0.15	0.71
C – 20	Humedal de Huasao	0.14	0.47
C – 21	Humedal de Huasao	0.16	0.90
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	0.37	3.70

5.5. Cálculo de la capacidad portante de los suelos

En esta etapa se realizó el cálculo de la capacidad portante en los distintos tipos de suelo obtenidas de las muestras inalteradas, para ello fueron fundamentales los cálculos de los parámetros mecánicos del suelo (ángulo de fricción y cohesión) que se obtuvo mediante el ensayo de corte directo y correlaciones del ensayo DPL con el SPT. La zona de estudio en su mayoría tiene suelos cohesivos y algunos suelos con una tendencia del valor de cohesión casi próximo a cero (suelos arenosos y gravosos), pero estos últimos tipos de suelo contienen una cantidad considerable de finos en su granulometría y por ello se tendrá cohesión entre sus partículas. Además, se tuvo en cuenta que la mayoría de estas muestras al momento de realizar la excavación de calicatas tienen un nivel freático a menos de 1.20m, teniendo esto en consideración y con los resultados ya determinados, se efectuó el cálculo de la capacidad de carga utilizando la ecuación general de Meyerhof, la cual ya se explicó con más énfasis en el marco teórico conceptual, y aplicando el factor de corrección adecuado por presencia del nivel freático. De acuerdo al análisis de la densidad relativa en arenas (véase en la figura 93) y tener la presencia de suelos arcillosos el tipo de falla que puede sufrir esta cimentación es la de falla local por corte, teniendo en cuenta esto se aplicaron las ecuaciones de Meyerhof, con los factores de carga corregidos para este tipo de falla. Teniendo en consideración la Norma E.050, Suelos y Cimentaciones, específicamente en el capítulo III Análisis de condición de cimentación, dicha norma nos exige de cumplir con rigurosidad dos condiciones imprescindibles para asegurar la estabilidad de una cimentación, la primera nos recomienda que el asentamiento del suelo debe ser menor que el máximo asentamiento permisible según el tipo de estructura y la segunda que la cimentación debe ser segura para la falla de corte de suelo que lo soporta. Los cálculos y resultados de las capacidades de carga se muestran en los anexos de la memoria de cálculo.

Figura. 94: Modos de falla de una cimentación de arena dependiendo de la profundidad vs densidad relativa



Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Séptima edición, Braja M. Das (2012).

Figura. 95: Factores de capacidad de carga modificados por falla por corte local

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

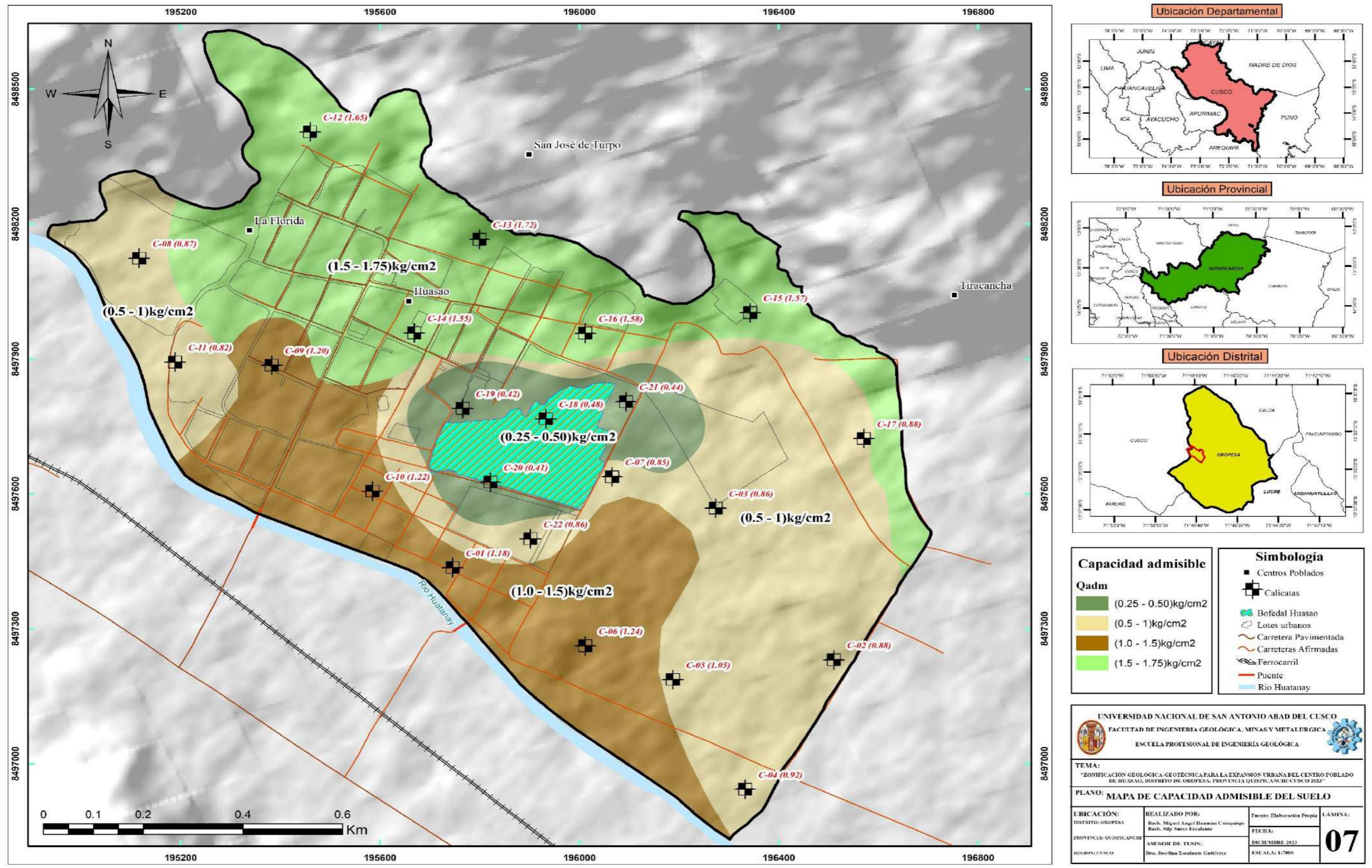
Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Séptima edición, Braja M. Das (2012).

Tabla 12: *Resumen de valores de capacidad de carga por la teoría de Meyerhof*

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Qa-Meyerhof (kg/cm²)
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	1.18
C – 02	Sector Callapucyoq	0.88
C – 03	Sector Callapucyoq	0.86
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	0.92
C – 05	Sector Callapucyoq	1.05
C – 06	Sector Callapucyoq	1.24
C – 07	Sector Callapucyoq	0.85
C – 08	Sector La Florida	0.87
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	1.20
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	1.22
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	0.82
C – 12	Sector La Florida	1.65
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	1.72
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	1.55
C – 15	Sector Tiracancha	1.57
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	1.58
C – 17	Sector Tiracancha	0.88
C – 18	Humedal de Huasao	0.48
C – 19	Apv. Las Sirenitas	0.42
C – 20	Humedal de Huasao	0.41
C – 21	Humedal de Huasao	0.44
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	0.86

Con los resultados geotécnicos determinados tanto en campo y laboratorio, se concluye que la mayoría de la zona de estudio es adecuada para la expansión urbana del centro poblado de Huasao, exceptuando el bofedal que tiene la presencia de nivel freático superficial y materia orgánica, los resultados de capacidad portante admisible que soportan estos materiales en base a su geometría de cimentación y a la carga que serán sometidas, son adecuadas para la construcción de edificaciones de hasta 04 niveles en materiales con capacidades portantes mayores a 1.5kg/cm² y de hasta 03 niveles a menos para valores de capacidad portante de 0.5 a 1.0kg/cm², esto en el caso para el tipo de cimentaciones superficiales.

Figura. 96: Mapa de capacidad portante admisible del suelo



5.6. Problemas especiales de cimentación

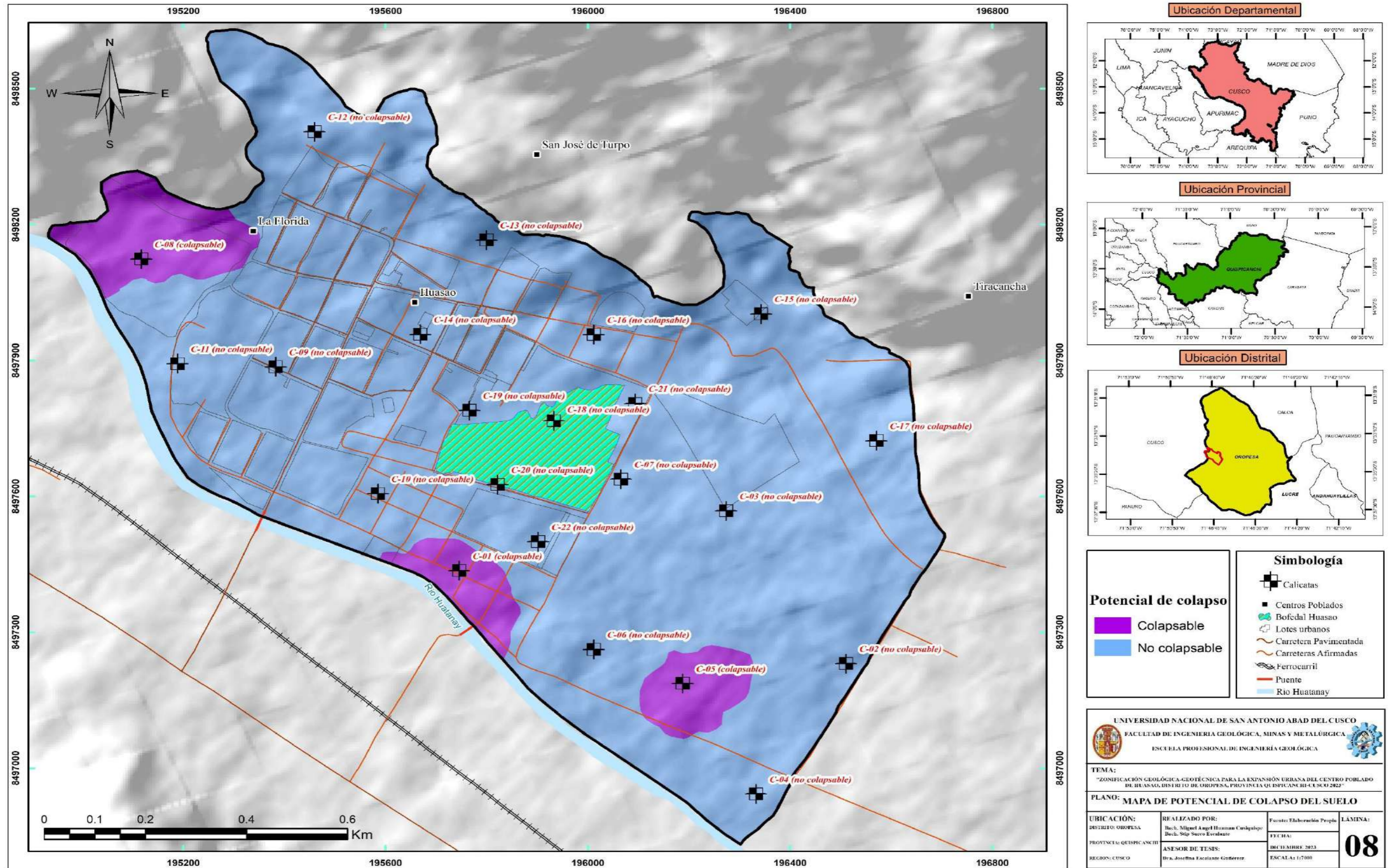
5.6.1. Suelos colapsables

Para la determinación del potencial de colapso de cada muestra analizada en laboratorio, se siguió los lineamientos de la normativa NTP 339.163 (ASTM 5333), se realizó el análisis correspondiente basado en los parámetros físicos de los suelos, en función del Limite Líquido de la muestra y su densidad natural seca, con estos datos se puede estimar el potencial de colapso de la muestra de suelo.

Tabla 13: Resumen de resultados del potencial de colapsabilidad del suelo

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Potencial de Colapso
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	Colapsable
C – 02	Sector Callapucyoq	No colapsable
C – 03	Sector Callapucyoq	No colapsable
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	No colapsable
C – 05	Sector Callapucyoq	Colapsable
C – 06	Sector Callapucyoq	No colapsable
C – 07	Sector Callapucyoq	No colapsable
C – 08	Sector La Florida	Colapsable
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	No colapsable
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	No colapsable
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	No colapsable
C – 12	Sector La Florida	No colapsable
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	No colapsable
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	No colapsable
C – 15	Sector Tiracancha	No colapsable
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	No colapsable
C – 17	Sector Tiracancha	No colapsable
C – 18	Humedal de Huasao	No colapsable
C – 19	Apv. Las Sirenitas	No colapsable
C – 20	Humedal de Huasao	No colapsable
C – 21	Humedal de Huasao	No colapsable
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	No colapsable

Figura. 97: Mapa de potencial de colapsabilidad del suelo



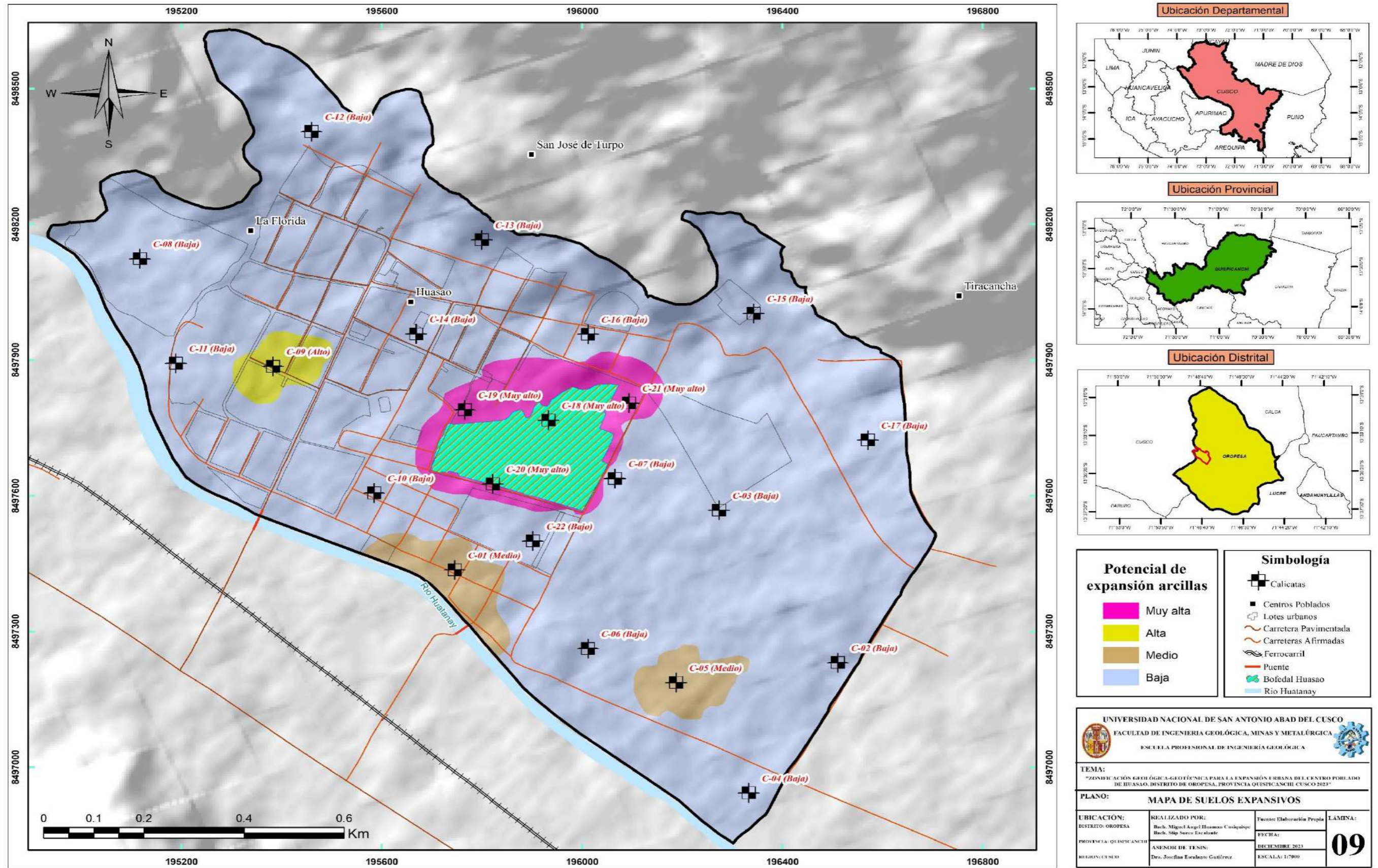
5.6.2. Suelos Expansivos

Para la determinación del cambio de potencial de volumen de cada muestra analizada en laboratorio, se siguió los lineamientos de la Norma E.050 de suelos y cimentaciones, para este cálculo se realizó el análisis correspondiente en función del Índice de plasticidad de la muestra y su porcentaje de arcilla ($< 2 \mu\text{m}$), con estos datos se puede estimar el cambio de potencial de volumen y también la actividad coloidal de las arcillas de la muestra de suelo utilizando la figura N°26 del marco teórico conceptual.

Tabla 14: Resumen de cambio de potencial de volumen y actividad de los suelos expansivos

Calicata	Ubicación del punto de exploración	Potencial de Expansión	Actividad de la arcilla
C – 01	Apv. Nuevo Huasao A	Medio	Inactivo
C – 02	Sector Callapucyoq	Baja	Inactivo
C – 03	Sector Callapucyoq	Baja	Inactivo
C – 04	Apv. Nuevo Huasao A	Baja	Inactivo
C – 05	Sector Callapucyoq	Medio	Inactivo
C – 06	Sector Callapucyoq	Baja	Inactivo
C – 07	Sector Callapucyoq	Baja	Inactivo
C – 08	Sector La Florida	Baja	Inactivo
C – 09	Apv. Huasao Antiguo	Alto	Normal
C – 10	Apv. Nuevo Huasao A	Baja	Inactivo
C – 11	Apv. Huasao Antiguo	Baja	Inactivo
C – 12	Sector La Florida	Baja	Inactivo
C – 13	Apv. Huasao Antiguo	Baja	Inactivo
C – 14	Apv. Huasao Antiguo	Baja	Inactivo
C – 15	Sector Tiracancha	Baja	Inactivo
C – 16	Apv. Huasao Antiguo	Baja	Inactivo
C – 17	Sector Tiracancha	Baja	Inactivo
C – 18	Humedal de Huasao	Muy alto	Inactivo
C – 19	Apv. Las Sirenitas	Muy alto	Inactivo
C – 20	Humedal de Huasao	Muy alto	Inactivo
C – 21	Humedal de Huasao	Muy alto	Inactivo
C – 22	Apv. Nuevo Huasao A	Bajo	Inactivo

Figura. 98: Mapa de potencial de expansión del suelo



Capítulo VI: Zonificación Geotécnica

6.1. Métodos de Zonificación

En esta etapa se aplicaron notaciones matemáticas basadas en la geo estadística que se centraliza en predecir la distribución espacial de variables continuas asociadas a fenómenos cuantificables. Para realizar el análisis geo estadístico nos basamos en la aplicación de un buen modelo de interpolación de datos, por medio de esta herramienta es posible analizar, estimar y predecir valores de una propiedad distribuida en el espacio y tiempo para luego interpretarlos. Este proceso debe seguir varios pasos rigurosos que se explicaran a continuación, estos deben ser cuidadosamente estudiados para que las predicciones se ajusten a la realidad. En el primer paso se debe efectuar un buen análisis exploratorio de los datos, mediante este análisis se logra determinar cómo se distribuyen nuestros conjuntos de datos, las tendencias espaciales que siguen, los valores atípicos y la auto correlación espacial que existen en nuestros datos, el segundo paso consiste en realizar el muestreo aleatorio, este muestreo permite dividir en dos partes nuestros conjuntos de datos, una parte se utiliza para generar el modelo de interpolación y la otra parte se utiliza para validar los resultados del modelo que hayamos generado, el tercer paso es generar el modelo de interpolación, para ello se pueden utilizar varios métodos con el fin de determinar cuál es el más apropiado para representar de la manera más fiable nuestros datos, la selección del modelo de interpolación depende de la naturaleza de nuestros datos y de los resultados que arroje la interpolación al momento de realizarla, y el cuarto paso consiste en realizar el proceso de validación de los modelos de interpolación, determinar si el modelo es bueno y representa de manera fiable la realidad, es decir debemos evaluar la calidad de nuestro modelo y si este no cumple con los estándares de calidad se debe generar un nuevo modelo.

Con lo ya expuesto con anterioridad se muestra los pasos que se siguieron para poder establecer una matriz de zonificación geotécnica y los rangos de valores de cada zona tentativa, el cual tiene como objetivo correlacionar todos los datos obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación.

6.1.1. *Parámetros evaluados*

Los parámetros considerados a evaluar para esta investigación se basaron en la importancia de cada uno y su relación que tienen al momento de realizar cualquier estudio geotécnico básico en la zona de estudio, también se tomó en consideración la relación que existe entre cada parámetro y la influencia de cada uno de ellos en el diseño de edificaciones.

Cuadro 11: *Criterios evaluados para la matriz de zonificación geotécnica*

PARAMETROS
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE
TIPO DE SUELO
GEOLOGIA
GEOMORFOLOGIA

6.1.2. *Matriz de comparación de pares*

Para el análisis de la importancia de un parámetro frente a otro se utilizó la escala mostrada en la Figura N°10, la cual se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Los valores que se asignan a cada parámetro; para esta matriz de comparación de pares, se justifican en base a la comparación de un parámetro frente a otro, siendo el primer parámetro más importante o menos importante que el segundo en base a la escala numérica, por ello al comparar la capacidad de carga respecto a la geología, se asigna un valor de 5 siendo el primer parámetro

más importante que el segundo, y repitiendo esta metodología para la comparación de cada uno de los criterios evaluados.

Cuadro 12: *Matriz de comparación de pares*

PARÁMETROS	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	TIPO DE SUELO	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	1.00	3.00	5.00	7.00
TIPO DE SUELO	0.33	1.00	2.00	4.00
GEOLOGIA	0.20	0.50	1.00	3.00
GEOMORFOLOGIA	0.14	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.68	4.75	8.33	15.00
1/SUMA	0.60	0.21	0.12	0.07

6.1.3. *Matriz de normalización*

La matriz de normalización indica la importancia de cada parámetro en el análisis cuantitativo para la zonificación geotécnica. Para obtener estos valores se realiza la multiplicación de cada valor asignado al parámetro con la suma inversa de los criterios (columna). Al realizar la evaluación de estos criterios se tomó en cuenta la diferencia e importancia de cada uno, siendo un ejemplo el tipo de suelo con la geología, ya que al realizar un mapeo geológico se toma en cuenta la edad y origen de las formaciones, mientras que el tipo de suelo, según SUCS, solo se determina mediante el porcentaje de gravas, arenas y finos que contiene el suelo.

Cuadro 13: *Matriz de normalización*

PARÁMETROS	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	TIPO DE SUELO	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	0.597	0.632	0.600	0.467
TIPO DE SUELO	0.199	0.211	0.240	0.267
GEOLOGIA	0.119	0.105	0.120	0.200
GEOMORFOLOGIA	0.085	0.053	0.040	0.067
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000

6.1.4. Cálculo del vector priorización y porcentaje

Luego de determinar los valores de cada parámetro se realiza el cálculo del valor del vector priorización el cual resulta del promedio ponderado de los valores cuantitativos de los parámetros de cada fila. Estos valores se determinan multiplicando la inversa de la suma ponderada de cada parámetro (columnas) con el valor asignado de cada parámetro (filas), luego de completar estos valores en la matriz se realiza el cálculo del vector priorización siendo la suma ponderada de cada parámetro evaluado (fila) dando como resultado la jerarquización de mayor a menor importancia de estos criterios evaluados.

Cuadro 14: Vector priorización y porcentaje de los criterios evaluados

PARAMETROS	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	TIPO DE SUELO	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	0.597	0.632	0.600	0.467	0.574	57.371
TIPO DE SUELO	0.199	0.211	0.240	0.267	0.229	22.901
GEOLOGIA	0.119	0.105	0.120	0.200	0.136	13.615
GEOMORFOLOGIA	0.085	0.053	0.040	0.067	0.061	6.113
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.0000	100.000

6.1.5. Cálculo de la relación de consistencia

Para poder tener una certeza de que la comparación de los parámetros es correcta se debe determinar la relación de consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC > 0.1$).

Cuadro 15: Cálculo de la relación de consistencia

IC	0.02269		RC	0.02572		VECTOR SUMA PONDERADA	VECTOR DE PRIORIZACION	λ_{max}
	0.574	0.687		0.681	0.428	2.369	0.574	4.130
	0.191	0.229		0.272	0.245	0.937	0.229	4.092
	0.115	0.115		0.136	0.183	0.549	0.136	4.031
	0.082	0.057		0.045	0.061	0.246	0.061	4.020
							λ_{max}	4.068

6.1.6. Matriz de Zonificación Geotécnica

Para poder obtener la matriz de zonificación geotécnica del área de estudio y en consecuencia los rangos de valores de cada zona, se procedió a realizar la misma metodología para el cálculo de los vectores de priorización de cada descriptor pertenecientes al análisis individual de cada parámetro considerado al inicio del proceso de jerarquización. De acuerdo a esta explicación se muestran las matrices de comparación de pares y de normalización de cada criterio evaluado para la matriz final de zonificación geotécnica.

6.1.6.1. Parámetro de Capacidad admisible del suelo

Cuadro 16: Matriz de comparación de pares - Capacidad de carga

CAPACIDAD DE CARGA	>1.5	1.25 - 1.5	1.0 - 1.25	0.5 - 1.0	0.25 - 0.5	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
>1.5	0.460	0.506	0.456	0.370	0.368	0.432	43.207
1.25 - 1.5	0.230	0.253	0.304	0.296	0.263	0.269	26.924
1.0 - 1.25	0.153	0.127	0.152	0.222	0.211	0.173	17.288
0.5 - 1.0	0.092	0.063	0.051	0.074	0.105	0.077	7.703
0.25 - 0.5	0.066	0.051	0.038	0.037	0.053	0.049	4.878
SUMA	1	1	1	1	1	1.000	100.000

Cuadro 17: *Matriz de normalización del parámetro de capacidad admisible del suelo*

CAPACIDAD DE CARGA	>1.5	1.25 - 1.5	1.0 - 1.25	0.5 - 1.0	0.25 - 0.5
>1.5	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
1.25 - 1.5	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
1.0 - 1.25	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
0.5 - 1.0	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00
0.25 - 0.5	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.18	3.95	6.58	13.50	19.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.07	0.05

6.1.6.2. Parámetro de Tipo de suelo

Cuadro 18: *Matriz de comparación de pares - Tipo de suelo*

TIPO DE SUELO	GP	GC-GM	SC-SM	CL-ML	CH
GP	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
GC-GM	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
SC-SM	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
CL-ML	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
CH	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.53	16.50	24.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Cuadro 19: *Matriz de normalización - Tipo de suelo*

TIPO DE SUELO	GP	GC-GM	SC-SM	CL-ML	CH	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
GP	0.512	0.544	0.524	0.424	0.375	0.476	47.591
GC-GM	0.256	0.272	0.315	0.303	0.292	0.287	28.746
SC-SM	0.102	0.091	0.105	0.182	0.208	0.138	13.762
CL-ML	0.073	0.054	0.035	0.061	0.083	0.061	6.128
CH	0.057	0.039	0.021	0.030	0.042	0.038	3.773
SUMA	1	1	1	1	1	1.000	100.000

6.1.6.3. Parámetro de Geología

Cuadro 20: *Matriz de comparación de pares – Geología*

GEOLOGIA	Formación Huancané	Depósito Deluvial	Depósito Aluvial I	Depósito Aluvial II, III	Bofedal
Formación Huancané	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Depósito Deluvial	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Depósito Aluvial I	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Depósito Aluvial II, III	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
Bofedal	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.70	15.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Cuadro 21: *Matriz de normalización - Parámetro geología*

GEOLOGIA	Formación Huancané	Depósito Deluvial	Depósito Aluvial I	Depósito Aluvial II, III	Bofedal	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
Formación Huancané	0.560	0.642	0.515	0.457	0.360	0.507	50.661
Depósito Deluvial	0.187	0.214	0.309	0.326	0.280	0.263	26.314
Depósito Aluvial I	0.112	0.071	0.103	0.130	0.200	0.123	12.334
Depósito Aluvial II, III	0.080	0.043	0.052	0.065	0.120	0.072	7.189
Bofedal	0.062	0.031	0.021	0.022	0.040	0.035	3.501
SUMA	1	1	1	1	1	1.000	100.000

6.1.6.4. Parámetro de Geomorfología

Cuadro 22: *Matriz de comparación de pares – Geomorfología*

GEMORFOLOGÍA	PIEDEMONTE	TERRAZA ALUVIAL	LLANURA ALUVIAL	CONO ALUVIAL I	CONO ALUVIAL II
PIEDEMONTE	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
TERRAZA ALUVIAL	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
LLANURA ALUVIAL	0.20	0.50	1.00	3.00	4.00
CONO ALUVIAL I	0.14	0.25	0.33	1.00	2.00
CONO ALUVIAL II	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.92	8.58	15.50	22.00
1/SUMA	0.56	0.20	0.12	0.06	0.05

Cuadro 23: *Matriz de normalización – Geomorfología*

GEOMORFOLOGÍA	PIEDEMONTE	TERRAZA ALUVIAL	LLANURA ALUVIAL	CONO ALUVIAL I	CONO ALUVIAL II	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
PIEDEMONTE	0.560	0.610	0.583	0.452	0.409	0.523	52.258
TERRAZA ALUVIAL	0.187	0.203	0.233	0.258	0.273	0.231	23.074
LLANURA ALUVIAL	0.112	0.102	0.117	0.194	0.182	0.141	14.109
CONO ALUVIAL I	0.080	0.051	0.039	0.065	0.091	0.065	6.501
CONO ALUVIAL II	0.062	0.034	0.029	0.032	0.045	0.041	4.058
SUMA	1	1	1	1	1	1.000	100.000

Luego de haber obtenido los valores del vector priorización de todos los descriptores de cada parámetro propuesto, se procede a realizar el cálculo de los rangos de zonificación, para lo cual se realiza la suma del producto de los pesos de cada parámetro con sus respectivos descriptores de cada fila dándonos valores que servirán para establecer las zonas con características geológicas-geotécnicas adecuadas para el ordenamiento territorial y expansión urbana del centro poblado de Huasao.

Cuadro 24: *Matriz de zonificación geotécnica de la zona de estudio*

MATRIZ DE ZONIFICACION GEOTECNICA								
CRITERIOS EVALUADOS								
CAPACIDAD DE CARGA		TIPO DE SUELO		GEOLOGIA		GEOMORFOLOGÍA		Valor P ZONIFICACIÓN
Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	
0.574	0.432	0.229	0.476	0.136	0.507	0.061	0.523	0.458
0.574	0.269	0.229	0.287	0.136	0.263	0.061	0.231	0.270
0.574	0.173	0.229	0.138	0.136	0.123	0.061	0.141	0.156
0.574	0.077	0.229	0.061	0.136	0.072	0.061	0.065	0.072
0.574	0.049	0.229	0.038	0.136	0.035	0.061	0.041	0.044

6.2.Zonificación Geotécnica

En esta última etapa, utilizando todos los resultados de los métodos expuestos con anterioridad (geoestadística, interpolación y análisis de jerarquías analíticas), se realizó la interpretación de dichos resultados y se procedió a delimitar las zonas homogéneas o con características geológicas – geotécnicas similares, las cuales tengan un comportamiento físico – mecánico semejante ante un mismo esfuerzo o carga efectuada. El estudio de las distintas características geológicas – geotécnicas fue fundamental para establecer los lineamientos para una adecuada zonificación geológica - geotécnica para la expansión urbana del centro poblado de Huasao. El resultado final se realizó utilizando las herramientas de análisis geoestadístico e intersección de mapas de la plataforma SIG y posteriormente el redibujado de las zonas con características homogéneas en base a los criterios tomados para su evaluación, dando como resultado una propuesta de mapa de zonificación geológica - geotécnica, y gracias a ello se podrá ubicar las posibles zonas adecuadas para las futuras construcciones de edificaciones en base a la normativa E.050, también identificar zonas críticas donde ya existen edificaciones y realizar una propuesta de plan de ordenamiento territorial y planificación urbana adecuado, además también se podrá delimitar las zonas no recomendables donde no se pueda construir edificaciones por presencia de material orgánico y turba en zonas de nivel freático superficial, suelos cohesivos con características geotécnicas inadecuadas, presencia de suelos colapsables o expansivos y zonas que se encuentren en las fajas marginales del río Huatanay que son susceptibles a fenómenos de inundación fluvial.

De acuerdo a la evaluación de la información obtenida en el desarrollo de esta investigación, se pudo definir cinco zonas geotécnicas en el centro poblado de Huasao, teniendo en cuenta las características físico – mecánicas del suelo, distribución y descripción litológicas de

las unidades geológicas, condiciones geomorfológicas, investigaciones previas existentes y procesos geodinámicos que pueden ocurrir en la zona de estudio, y en consecuencia se logró realizar la propuesta del mapa de zonificación geológica-geotécnica de la zona de estudio (ver Figura N°98), cuyas características se describen a continuación:

6.2.1. Zona I

Esta zona está conformada por materiales consolidados de origen aluvial-coluvial en su mayoría, ya que se encuentra ubicado encima de la llanura aluvial donde sobre yace todo el centro poblado de Huasao, superficialmente presenta un material aluvial de compacidad relativamente densa, que alcanzan hasta los 2.0 m de profundidad. El terreno natural está conformado por gravas y arenas con matriz limo-arcillosa. La capacidad de carga admisible del terreno de fundación para cimentaciones representativas varía de 1.5 a 1.75 kg/cm² para profundidades de cimentación de 2.00 a 2.50 m. De acuerdo a la normativa E.030, estos suelos cohesivos compactos son reconocidos como intermedios y debido a las características de amplificación sísmica de la zona de estudio, para el diseño sismorresistente se recomienda tomar a consideración los parámetros sísmicos correspondientes a un suelo tipo S2. Esta zona de acuerdo a los estudios realizados e información previa recopilada son susceptibles a procesos de geodinámica externa como el fenómeno de caída de rocas. Se identificaron zonas con suelos no colapsables y cambio de potencial de volumen bajos, susceptibles a fenómenos de licuación de suelos. En resumen, esta zona es favorable para la expansión urbana, ya que se encuentra ubicado en la llanura aluvial y cono aluvial que contiene geológicamente materiales aluviales, coluviales y deluviales que son suelos favorables geotécnicamente para la cimentación de edificaciones de hasta 04 niveles sin sótano. Los valores de capacidad portante ya mencionados para esta zona son favorables para realizar la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

6.2.2. Zona II

Esta zona está conformada por materiales consolidados de origen aluvial principalmente, estas zonas se encuentran encima de la llanura aluvial y los conos aluviales más recientes, superficialmente presenta un material aluvial de compacidad suelta a media, que alcanzan hasta los 2.5 m de profundidad. El terreno natural está conformado por arenas y limos con matriz arcillosa. La capacidad de carga admisible del terreno de fundación para cimentaciones representativas varía de 1.00 a 1.50 kg/cm² para profundidades de cimentación de 2.00 a 2.50 m. Estos suelos cohesivos son reconocidos como blandos y debido a las características de amplificación sísmica de la zona de estudio, para el diseño sismorresistente se recomienda tomar a consideración los parámetros sísmicos correspondientes a un suelo tipo S3. Esta zona de acuerdo a los estudios realizados e información previa recopilada son susceptibles a posibles fenómenos de inundación fluvial, los cuales influyen negativamente en su condición de habitabilidad. Presentan en algunos sectores suelos colapsables y cambio de potencial de volumen de medios a altos. En resumen, esta zona es relativamente favorable para la expansión urbana, ya que se encuentra ubicado en la llanura aluvial que contiene geológicamente materiales aluvio-fluviales que son suelos relativamente adecuados geotécnicamente para la cimentación de edificaciones de hasta 03 niveles sin sótano y se recomienda el uso de zapatas corridas para el tipo de diseño de cimentación y los valores de capacidad portante admisibles son adecuados para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

6.2.3. Zona III

Esta zona está conformada por materiales consolidados de predominante origen aluvial-fluvial, estas zonas se encuentran encima de la llanura aluvial y cercanas a la faja marginal del río Huatanay, estos presentan un material aluvial de compacidad media a suelta, que alcanzan hasta los 3.0 m de profundidad. El terreno de fundación está conformado por limos y arcillas de baja plasticidad con matriz arenosa. La capacidad de carga admisible para edificaciones de interés social y cimentaciones frecuentes varía de 0.50 a 1.00 kg/cm² para profundidades de cimentación de 2.00 a 2.50 m. Estos suelos cohesivos son reconocidos como blandos y debido a las características de amplificación sísmica de la zona de estudio, para el diseño sismorresistente se recomienda tomar a consideración los parámetros sísmicos correspondientes a un suelo tipo S3. Esta zona de acuerdo a los estudios realizados e información previa recopilada son susceptibles a posibles fenómenos de inundación fluvial, que influye negativamente en su condición de habitabilidad. Para el efecto de diseño de cimentaciones en estos suelos se debe tener en consideración la posibilidad de asentamientos diferenciales por la presencia de un potencial de colapso bajo y también el cambio del potencial de volumen de las arcillas de baja plasticidad. En resumen, esta zona es relativamente adecuada para la expansión urbana, ya que se encuentra ubicado en la llanura aluvial que contiene geológicamente materiales aluvio-fluviales que son suelos relativamente adecuados geotécnicamente para la cimentación de edificaciones de hasta 03 niveles y se recomienda el uso de zapatas corridas o plateas de cimentación para el tipo de diseño de cimentación, los valores de capacidad portante admisibles son adecuados para la expansión urbana del centro poblado de Huasao y tendrán un mejor comportamiento estructural de acuerdo a la geometría de cimentación recomendada.

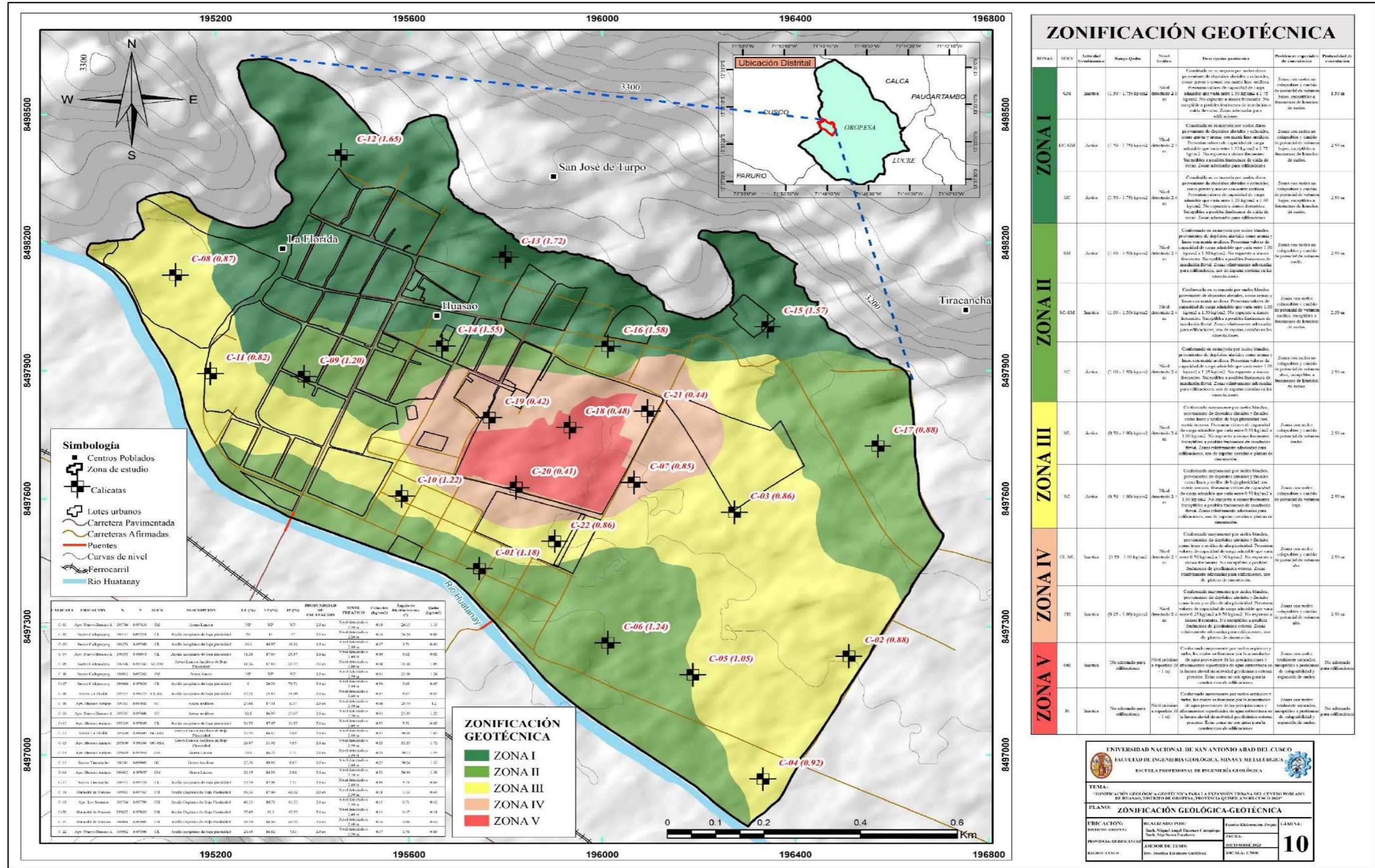
6.2.4. Zona IV

Predominantemente abarca el área aledaña al bofedal de Huasao, estos suelos están conformados en su mayoría por materiales consolidados de origen biogénicos, conformados litológicamente por depósitos palustres de, que alcanzan aproximadamente los 3.0 m de profundidad. El terreno de fundación está constituido superficialmente por limos y arcillas de alta plasticidad que poseen características expansivas leves. La capacidad portante admisible para viviendas de interés social y económico varía de 0.25 a 0.5 kg/cm² en el terreno saturado. El material arcilloso tiene una consistencia muy rígida, alto contenido de humedad y su potencial de colapso es medio, por lo que se debe considerar su efecto en el diseño del tipo de cimentación para evitar el agrietamiento o asentamiento de las edificaciones futuras a construir. Estos suelos cohesivos son reconocidos como blandos y debido a las características de amplificación sísmica de la zona de estudio, para el diseño sismorresistente se recomienda tomar a consideración los parámetros sísmicos correspondientes a un suelo tipo S3. No presentan algunos indicios de susceptibilidad a procesos geodinámicos externos. En resumen, esta zona es una tanto adecuada para la expansión urbana, ya que se encuentra ubicado en la llanura aluvial con presencia de nivel freático a 1m, que contiene geológicamente materiales aluviales que son suelos relativamente adecuados geotécnicamente para la cimentación de edificaciones de hasta 03 niveles y se recomienda el uso de zapatas corridas o plateas de cimentación para el tipo de diseño de cimentación, los valores de capacidad portante admisibles son un tanto adecuados para la expansión urbana del centro poblado de Huasao y tendrán un mejor comportamiento estructural de acuerdo a la geometría de cimentación recomendada.

6.2.5. Zona V

Abarca las áreas muy próximas al Bofedal de Huasao, es un área de deposición relativamente llana conformado mayormente por suelos orgánicos y turba, los cuales se formaron por la acumulación de agua proveniente de las precipitaciones y afloramientos superficiales de agua subterránea en la llanura aluvial sin actividad geodinámica externa presente, son zonas con suelos totalmente saturados, susceptibles a problemas de colapsabilidad y expansión de suelos. Estas zonas no son aptas para la construcción de edificaciones. En consecuencia, esta zona presenta las condiciones más desfavorables para ser utilizada como área urbana.

Figura. 99: Mapa de zonificación geológica – geotécnica de la zona de estudio



Conclusiones

1. Se determinó el mapa de zonificación geotécnica, identificando 5 zonas, siendo la Zona I la cual está compuesta por material aluvial bien consolidado con capacidades portantes comprendidas entre 1.5 a 1.75 kg/cm²; la Zona II, III y IV conformado por material aluvial, deluvial y palustre que tienen suelos del tipo SM,SC, ML, CL, CH cuyas capacidades portantes varían de 0.25 a 1.5 kg/cm²; por tanto, las zonas son adecuadas para la construcción de viviendas de hasta 04 niveles, y por último se tiene la Zona V, ubicada en el centro de la zona de estudio que tiene las peores características geotécnicas y no es favorable debido a su proximidad al bofedal de Huasao que cuenta con la presencia de nivel freático superficial y turba.

2. La geomorfología local de la zona de estudio presenta conos aluviales, llanuras aluviales, quebradas, cárcavas, laderas, lomas, cimas, planicies, terrazas aluviales y piedemonte, de los cuales las unidades más favorables para la expansión urbana y construcción de edificaciones son las llanuras aluviales, terrazas aluviales y planicies deluviales.

3. La geología local de la zona de estudio está conformada por las formaciones: Pisac, Pachatusan, Huancané, Kayra y los depósitos cuaternarios recientes como materiales coluviales, deluviales, depósitos palustres-lacustres y depósitos aluviales compuesto por arenas en matriz limo arcillosa de baja plasticidad, por consiguiente, los materiales cuaternarios no son los más adecuados, pero si los más usados para la construcción de edificaciones y para la expansión urbana del centro poblado de Huasao.

4. A partir de los ensayos de laboratorio se obtuvo según clasificación SUCS, suelos de tipo CL, CH, SC, SM, GC y OH, los cuales presentan capacidades portantes admisibles a 1.5 metros de profundidad, que varían desde 0.25 kg/cm² hasta 1.75 kg/cm², siendo las zonas 01 y 02 las más favorables para la construcción de viviendas de 04 niveles a más, dependiendo de la geometría de la cimentación y diseño de la estructura, exceptuando zonas aledañas al bofedal de Huasao donde la capacidad portante es menor a 0.5 kg/cm².

Recomendaciones

1. Para poder determinar un perfil del nivel freático de la zona de estudio se recomienda realizar sondeos eléctricos verticales o tomografías que muestren los niveles de agua, esto con el fin de ubicar las zonas más adecuadas para la construcción de nuevas edificaciones y también determinar el espesor real de los depósitos cuaternarios.

2. Se recomienda realizar estudios hidrológicos e hidrogeológicos para comprender de mejor manera el comportamiento e incidencia de las aguas superficiales - subterráneas que influyen en la recarga y descarga del bofedal de Huasao.

3. Se recomienda realizar evaluaciones geomecánicas a detalle en los macizos rocosos aledaños a lo largo de todo el centro poblado de Huasao para ver la calidad de la roca y evaluar la posible expansión urbana para realizar cimentación de edificaciones en roca.

4. Se recomienda no construir edificaciones cerca del bofedal de Huasao porque presenta posible expansión de suelos y nivel freático casi superficial.

5. Se recomienda considerar que el nivel de desplante de la cimentación varía con respecto a las alturas de las edificaciones proyectadas, siendo adecuado cimentaciones más profundas u otro tipo de geometría de cimentación superficial en zonas donde los valores de capacidad portante sean menores a 0.5 kg/cm^2 .

6. Se recomienda utilizar las distintas teorías (Terzagui, Hansen, Vesic, Skempton, Meyerhof) para realizar el cálculo de la capacidad portante tomando en consideración los factores que evalúa cada una de ellas.

Referencias bibliográficas

Álvarez Caso, F. G., & Farfán Huamanga, E. (2021). *Zonificación geotécnica para la expansión urbana de la localidad de Lamay, distrito de Lamay, provincia de Calca, región Cusco* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5895>

Borja S., M. (2016). *Metodología de La Investigación Para Ingenieros | PDF | Teoría | Science*. 38.

Braja, M. D. (2006). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (7ma ed.). Cengage Learning.

Carlotto Caillaux, V. S., Cárdenas Roque, J. D., & Carlier, G. (2011). Geología del cuadrángulo de Cusco, hoja 28-s, escala 1:50,000—[Boletín A 138]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/99>

Coila Valdez, P. (2020). *Cartografía Geotécnica*.

Cotrina Velásquez, J. W. (2017). *Zonificación geotécnica de los suelos de fundación, mediante el ensayo de corte directo y DPL en la urbanización Los Girasoles—Jaén—2016* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1054>

Cuba Benavente, H. (2021). *Estudio de Mecánica de suelos con fines de cimentación para vivienda unifamiliar en el Centro Poblado de Huasao—SEC. SANTA BARBARA PAR. 39 Z1* (p. 46).

Departamento de Normalización, M. (2018). *Norma E.050 Suelos y Cimentaciones*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.jorgealvahurtado.com/files/N.T.E.%20E%20050%20-%20Suelos%20y%20Cimentaciones.pdf

Elorrieta Agramonte, J. I., Lastarria Rivera, M. E., & Ricalde Rios, E. (2017). *Plan de Desarrollo Concertado, Municipalidad Distrital de San Jerónimo—Cusco*.

Escobar Potes, C. E. (2017). *Geotecnia para el trópico andino* (p. 73). Universidad Nacional de Colombia.

Gens Solé, A. (2013). *GEOTECNIA: UNA CIENCIA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL TERRENO*. 58.

Geobiental. (2022). *Calicatas para el Reconocimiento Geotécnico* » Geobiental. <https://www.geobiental.com/ensayos-geotecnicos-de-campo/calicatas/>

González de Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación.

Guardia D., R. (2020, septiembre 27). ¿Para qué sirve la zonificación? *Colcha Urbana*. <https://panurbis.wordpress.com/2020/09/27/para-que-sirve-la-zonificacion/>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

Huayra Canales, L., & Paitán Ccanto, C. (2019). *Zonificación geotécnica del sector de Chuñuranra del centro poblado de Callqui chico, del Distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.

Iriondo, M. (2007). *Introducción a la geología*. Brujas.

Lopez Florez, L. V., & Robayo Gonzales, F. A. (2007). *Zonificación geotécnica preliminar del casco urbano del municipio de Barrancabermeja, Santander*. 73.

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2016). *Norma E-030 Diseño Sismorresistente*. 80.

Muñoz Peláez, A. (2020). *Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. 59.

Orozco Cerón, J. C., & Ramírez Silva, M. A. (2020). *Apuntes de clase enfocados a la ingeniería de cimentaciones*. Universidad de la Salle.

¿Qué es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)? (s. f.). GIG. Recuperado 3 de enero de 2024, de <https://ingeotecnica.com/sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos-sucs>

Quintana Crespo, E. (2020). *Zonificación Geotécnica Aplicada a Taludes Rocosos en el Cordón de Sierra Chica, Provincia de Córdoba, Argentina*. 17.

Quispe Huanca, E. (2020). *Zonificación geotécnica del casco monumental del distrito de Yanaoca – provincia de Canas – Cusco* [Universidad Andina del Cusco]. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3834>

Rodríguez Infante, A. (2000). *Geomorfología*. 35.

Anexos

ANEXO N°01

MANUAL

ESTANDARIZADO DE

DEPOSITOS

CUATERNARIOS PARA

CARTOGRAFIADO

GEOLOGICO – INGEMMET

INTRODUCCION

Los depósitos Cuaternarios pertenecen a capas de sedimentos y rocas superficiales que no están consolidados y tienen edades que no exceden a los 2.58 Ma de antigüedad. La clasificación de estos depósitos se basa en la denominación genética que conforman estas capas, y fueron anteriormente propuestas por la Dirección de Geología Ambiental del INGEMMET (Gradusov, 2002; Tinta, 2000; y Lazukov, 1970). Nombrados autores consideran como parte de los depósitos del Cuaternario a los materiales residuales de la roca erosionada in situ, los materiales transportados compuestos de minerales, rocas y fragmentos orgánicos depositados por el agua, viento, hielo, gravedad, o cualquier combinación de estos agentes, los materiales acumulados de origen biológico, material trasladado y depositado por la acción humana y sedimentos piroclásticos no consolidados.

Los materiales depositados en la superficie se clasifican según su modo de formación. Los procesos específicos de erosión, el transporte, la deposición, desgaste de masa e intemperismo producen materiales que tienen un conjunto específico de características físicas que son de crucial ayuda para diferenciarlos.

METODOLOGIA DE CLASIFICACION DE DEPOSITOS CUATERNARIOS

COLORES

Se han definido los colores de los depósitos cuaternarios en base al criterio de uso que tradicionalmente se han empleado en los mapas geológicos a escala 1:100 000 y 1:50 000 a nivel nacional por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET. Estableciéndose el color gris como característico del Sistema Cuaternario (Fig. 1) para depósitos superficiales. Se ha considerado conveniente en algunos casos usar tramas para diferenciarlos de mejor manera.

ERATEMA	SISTEMA		SERIE	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Q	HOLOCENA	Qh
			PLEISTOCENA	Qp
	NEOGENO	N	PLIOCENA	Np
			MIOCENA	Nm
	PALEOGENO	P	OLIGOCENA	Po
			EOCENA	Pe
PALEOCENA			Pp	

Figura. Colores establecidos para los depósitos cuaternarios

ETIQUETAS

El conjunto de letras y símbolos ordenados en base a una estructura que define la edad, la denominación genética y litológica es la etiqueta de un depósito cuaternario. Por tanto, la estandarización de las etiquetas se realizó recopilando los diferentes términos que se han usado hasta la fecha y adecuarlo al cuadro estándar que se muestra abajo.

Nomenclatura de las etiquetas

Para establecer la nomenclatura correcta y uniforme para los depósitos cuaternarios se ha tomado en cuenta la siguiente sucesión, separado necesariamente por un guion (-):

UNIDAD CRONOESTRATIGRAFICA	-	NOMBRE GENETICO	-	LITOLOGIA
-------------------------------	---	--------------------	---	-----------

Por ejemplo:

Depósitos aluviales: Q-al

Deposito volcánico – Bloques y cenizas: Q-vl-bl, ce

Deposito Químico – Travertinos: Q-qm-tr

(Nótese que se usa coma para agrupar las litologías cuando son más de una)

Unidad cronoestratigráfica (Edad)

Para nombrar la edad de los depósitos cuaternarios se tomó como referencia la tabla cronoestratigráfica donde se tendrá que nombrar en base a estos dos casos:

Primer caso: Cuando se considere al depósito como CUATERNARIO en general, se usara la letra Q solamente.

Segundo caso: Cuando se considere al depósito como CUATERNARIO PLEISTOCENO u HOLOCENO, se usara Q en mayúscula seguido de la serie (“p” o “h”) en letra minúscula.

Nombre genérico (tipo de depósito)

Para nombrar a estos depósitos se usará las dos primeras letras del depósito separado de la edad por un guion (-).

En caso de que exista combinaciones de depósitos se usara la primera letra de cada depósito.

Por ejemplo: Deposito Fluvio – glaciar (Q-fg).

Para los depósitos que son clasificados en varios eventos se le agregara el evento como numero después del nombre del depósito.

Por ejemplo: Deposito Aluvial 1(Q-a11)

Tabla 1. de clasificación de depósitos cuaternarios (modificado) de Gradusov, 2002); Tinta, 2000; Lazukov et al., 1970 y de la última versión del instructive para la elaboración de mapas de la Dirección de Geología Ambiental (DGAR v01-2014)

N°	NOMBRE GENÉTICO	ABREV.	AGENTES FORMADORES	CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS	SINONIMOS MAS FRECUENTES
1	Depósito Residual	Q-re	Alteración físico-química	Derivado de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa). No son suelos transportados, en parte conservan la estructura de la roca original.	Suelo Residual
			Abundante humedad y lluvias		Saprolito
			Fuertes cambios de temperatura		Regolito
					Suelos tropicales
					Eluviales
2	Depósito Fluvial	Q-fl	Corrientes de agua ríos principales	Fragmentos rocosos heterométricos (arenas, cantos, bolos, etc.) transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación.	Deltaicos de río
3	Depósito Aluvial	Q-al	Corrientes de agua ríos principales	Fragmentos heterométricos y heterogéneos en litología (arenas, cantos, bolos, etc.), redondeados a subredondeados transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en forma de terrazas, abanicos aluviales extensos. Incluye también los depósitos de piedemonte con topografía de glacis que descienden de los sistemas montañosos.	Piedemonte
			Corrientes temporales de aguas de lluvia	Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conos de deyección en la confluencia con el río. Material arrastrado y lavado por la lluvia. Cualquier tipo de suelo cuaternario que ha sufrido movimiento o proceso de reajuste lento o escurrimiento	Aluvión
		Saturación de suelos	Aluvional		
		Ríos	Huayco		
		Flujo de detritos	Flujos de lodo		
					Cascajales
					Llollas
N°	NOMBRE GENÉTICO	ABREV.	AGENTES FORMADORES	CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS	SINONIMOS MAS FRECUENTES
4	Depósito Residual	Q-pl		rápido y bajo el influjo de la fuerza de la presión de carga por hidratación. Depósitos granulares: Cantos y gravas redondeadas	Saturación del suelo
5	Depósito Deluvial	Q-dl	Erosión de suelos	Capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de cerros, con taludes suaves a moderados; depósitos de ladera removidos por agua de lluvia.	Derrumbos de ladera
			Gravedad		Coluviales
			Lluvias		Pedregales
			Viento		Piedemontes
			Reptación de suelos		Glacis
6	Depósito Coluvial	Q-cl	Intemperismo	Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables.	Conos de derrubio
			Gravedad		Coluviones
			Movimientos telúricos		Talud
			Toppling, caída de rocas		Pedregales
			Derrumbes sin presencia de agua		Canchales
			Desequilibrios de taludes		
Movimientos telúricos					
7	Depósitos Lacustrinos	Q-la	Represamientos Naturales	Sedimentos muy finos arcillo-limosos a veces con intercalaciones de lentes arenagrosos. Estratificado en capas muy finas denominadas "varves". También ocurren intercalaciones con lentes orgánicas.	Lagunares
			Decantación de finos en aguas tranquilas		Lacustres
			Zonas Endorreicas		

Tabla 2. Estandarización de etiquetas para depósitos superficiales propuesto por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET

N°	ETIQUETA NUEVA		ETIQUETA ANTIGUA	
	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Q-an	Depósito Antropógeno	Q-ant	Zonas de cultivo Sedimentos de relave Basural
2	Q-re	Depósito Residual	Q-el	Depósito eluvial
3	Q-fl	Depósito Fluvial	Q-fl	Depósito fluvial
4	Q-al	Depósito Aluvial (1, 2, 3, 4, 5)	Q-al	Depósito aluvial (1, 2, 3, 4, 5)
5	Q-pl	Depósito Proluvial	Q-t	Terraza aluvial
6	Q-cl	Depósito Coluvial	Q-lli	Depósito de llanura de
7	Q-cd	Depósito Coluvio-Deluvial	Q-aba	Abanicos aluviales Conos de deyeccion
8	Q-ca	Depósito Coluvio-Aluvial	Q-fb	Flujos de barro
9	Q-la	Depósito Lacustrino	Q-alu	Depósito aluvional
10	Q-gl	Depósito Glaciar (1, 2, 3)	Q-co	Depósito coluvial
11	Q-fg	Depósito Fluvio-glaciar	Q-dl	Depósito de deslizamiento
12	Q-vl	Depósito Volcánico y volcanoclástico	Q-e	Escombros
13	Q-bi	Depósito Biogénico	Q-cd	Dep. coluviodeluvial
14	Q-qm	Depósito Químico	Qh-coal	Depósito coluvio-aluvial
15	Q-co	Depósito Eólico	Q-la	Depósito lacustre
16	Q-ma	Depósito Marino	Qm-la	Depósito mixto - lacustre
			Q-lg	Depósito lagunares
			Q-gl	Depósito glaciar
			Q-mo	Depósito morrénico
			Q-fg	Depósito fluvioglaciar
			Q-gf	Depósito glaciofluvial
			Q-pi	Depósito de piroclastos
			Q-c	Cenizas volcánicas
			Q-ce	Depósito de cenizas
			Q-pi	Flujos piroclásticos
			Q-ct	Caida de tefras
			Q-v	Depósito volc. Actual
			Q-bf	Áreas pantanosas
			Q-bo	Bofedal Pantano
			Q-h	Humedal
			Q-tr	Depósito de travertinos
			Q-s	Depósito de sinter
			Q-e	Depósito eólico
			Q-ma	Depósito marino
			Q-cl	Depósito de cordón litoral
			Q-cl	Dep. mixtos de cordón litoral
			Q-pi	Depósito de playa

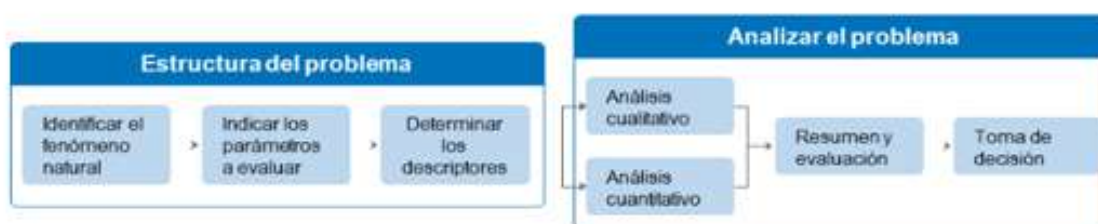
ANEXO N°02

PROCESO DE ANALISIS JERARQUICO

INTRODUCCION

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado inicialmente para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (toma de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

Gráfico 1. Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones



Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) Por las ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011).

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absoluta-mente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Ponderación de los parámetros descriptores ejemplo de un sismo

PASO1: Identificar parámetros

Magnitud

Intensidad

Aceleración natural de suelo

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo			
Intensidad de sismo			
Aceleración natural del suelo			

PASO2: Matriz de comparación de pares

Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de saaty.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00		
Intensidad de sismo		1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

La intensidad es 3 veces más importante que la magnitud (moderadamente más importante)

La magnitud es 3 veces menos importante que la intensidad (moderadamente menos importante)

Terminada la matriz de comparación de pares obtenemos la matriz finalizada.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo	1/5		1.00

La aceleración natural del suelo es 5 veces menos importante que la magnitud (menos importante)

La magnitud es 5 veces más importante que la aceleración natural del suelo (menos importante)

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

La aceleración natural del suelo es 7 veces menos importante que la intensidad (mucho menos importante)

La intensidad es 7 veces más importante que la aceleración natural del suelo (mucho más importante)

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

PASO3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

PASO4: Matriz de normalización

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.200	1.476	13.000
1/SUMA	0.238	0.677	0.077

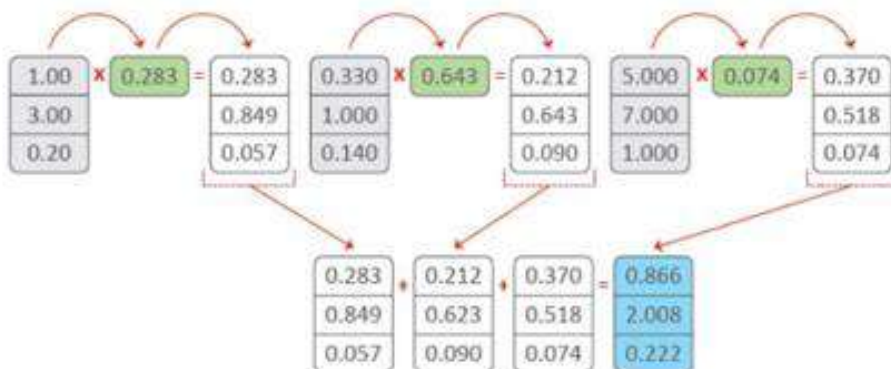
	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Magnitud de sismo	0.283	28.30 %
Intensidad de sismo	0.643	64.30 %
Aceleración natural del suelo	0.074	7.40 %

Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso1. Hallando el vector suma ponderada se obtiene por una multiplicación de matrices.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo		Vector Priorización (Ponderado)	=	Vector Suma Ponderada
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00	x	0.283	=	0.866
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00		0.643		2.008
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00		0.074		0.222



Paso 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el vector de priorización.

Vector Suma Ponderada	÷	Vector Priorización (Ponderación)	=	λ_{max}
0.866		0.283		3.060
2.008		0.643		3.123
0.222		0.074		3.000

$$\lambda_{max} = \frac{3.060 + 3.123 + 3.000}{3} = 3.061$$

Paso 3: Hallando el índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{3.061 - 3}{3 - 1} = 0.0305$$

Paso 4: Hallando la relación de consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0305}{0.525} = 0.058$$

ANEXO N°03

**ENSAYOS DE
LABORATORIO DE SUELOS
Y PERFILES
ESTRATIGRAFICOS**

ENSAYO Q ADMISIBLE – CAPACIDAD DE CARGA CALICATA 01

	J&T INGEOTECNIA SAC		Código:	GAE-FI-046
	Qadmissible - Capacidad de Carga		Version:	1
			Fecha:	9/11/2023
			Página:	1

REGISTRO N° : 1
 SOLICITANTE : BACH MIGUEL ÁNGEL HUAMAN CUSQUISPE Y BACH STP SURCO ESCALANTE
 PROYECTO : "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPACANCHI, CUSCO 2023"
 UBICACION : CC.PP. HUASAO - OROPESA - CUSCO
 FECHA : 9/11/2023

Calicata : CAL - 01
 Muestra : M - 01
 Profundidad (m) : (0.00 - 3.00)m
 Estado : MUESTRA INALTERADA

PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO		PREDIMENSIONAMIENTO	
Cohesion C (Kg/cm2)	0.100	CIMENTO CORRIDO	
Angulo de friccion (°)	26.15	Lado B (m)	1.00
Peso unitario (gr/cm3)	1.88	ZAPATA CUADRADA	
Factor de seguridad Fs	3.0	Lado B (m)	2.20
Tipo de faja	Local	ZAPATA RECTANGULAR	
Coefficiente de empuje activo Ka	0.525	Ancho B (m)	2.20
Coefficiente de empuje pasivo Kp	1.903	Lado L (m)	3.10
Coefficiente de empuje en reposo Ko	0.689	PLATEA DE CIMENTACION	
φ' =	18.12	Ancho B (m)	14.00
c' =	0.07	Lado L (m)	20.00
Nivel Freático (N.F.) (m)	1.8	Df. Prof. Min. (m)	
P. U. Saturado (T/m3)	1.94	2.50	


FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		FACTORES DE PROFUNDIDAD	
Nc =	13.20	CIMENTO CORRIDO	
Nq =	532	dc = 1.69	dc = 1.05
Nγ =	230	dq = 1.34	dq = 1.02
FACTOR DE INCLINACION		dj = 1.34	dj = 1.02
$i_x = i_y = \left(1 - \frac{\phi}{90}\right)^2$		Z CUADRADA	Z RECTANGULAR
$i_x = i_y = \left(1 - \frac{\phi}{90}\right)^2$		dc = 1.31	dc = 1.31
$i_y = 0$		dq = 1.16	dq = 1.16
$i_y = 0$		dj = 1.16	dj = 1.16
$i_y = 0$		FACTORES DE INCLINACION	
$i_x = 1 - 0.1 \sqrt{\frac{D}{B}}$		ic = 1.00	ic = 1.00
$i_x = 1 - 0.1 \sqrt{\frac{D}{B}}$		iq = 1.00	iq = 1.00
$i_x = 1 - 0.1 \sqrt{\frac{D}{B}}$		iq = 1.00	iq = 1.00

FACTORES DE FORMA	
Z CUADRADA	Z RECTANGULAR
Sc = 1.38	Sc = 1.27
Sq = 1.19	Sq = 1.14
Sj = 1.19	Sj = 1.14
PLATEA DE CIMENTACION	
Sc =	1.27
Sq =	1.13
Sj =	1.13
CIMENTO CORRIDO	
Sc =	1.02
Sq =	1.01
Sj =	1.01

Calculo del esfuerzo admisible para diferentes tipos de cimentacion corregidos por nivel freatico					Calculo del esfuerzo admisible para diferentes tipos de cimentacion corregidos por asentamiento				
$Q_{adm} = (1/Fs) * (c' * Nc * Sc * dc) + (\gamma' * D * Nq * Sq * dq) + (1/2 * \gamma' * B * N\gamma * Sj * dj)$					$q_{adm} = (1/Fs) * (S * E / 2 * B) * (1 - u^2) * N$				
Altura de Cimentacion Df (m)	CIMENTO CORRIDO B (m)	ZAPATA CUADRADA B (m)	ZAPATA RECTANGULAR B (m) = 2.20 L (m) = 3.10	PLATEA DE CIMENTACION B (m) = 14.00 L (m) = 20.00	Altura de Cimentacion Df (m)	CIMENTO CORRIDO B (m)	ZAPATA CUADRADA B (m) = 2.20 L (m) = 3.10	ZAPATA RECTANGULAR B (m) = 2.20 L (m) = 3.10	PLATEA DE CIMENTACION B (m) = 14.00 L (m) = 20.00
	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)		qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)
2.50	1.11	1.19	1.13	1.50	2.50	1.11	1.13	1.13	1.50
2.70	1.15	1.23	1.17	1.54	2.70	1.15	1.13	1.17	1.54
2.90	1.20	1.28	1.22	1.58	2.90	1.20	1.13	1.22	1.58
3.10	1.24	1.33	1.26	1.62	3.10	1.24	1.13	1.26	1.62
3.30	1.29	1.37	1.30	1.66	3.30	1.29	1.13	1.26	1.66
3.50	1.34	1.43	1.36	1.71	3.50	1.34	1.13	1.26	1.71
3.70	1.38	1.46	1.39	1.74	3.70	1.38	1.13	1.26	1.74
3.90	1.43	1.51	1.44	1.78	3.90	1.43	1.13	1.26	1.78
4.10	1.48	1.56	1.49	1.82	4.10	1.48	1.13	1.26	1.82
4.30	1.53	1.61	1.54	1.86	4.30	1.53	1.13	1.26	1.86
4.50	1.57	1.66	1.58	1.90	4.50	1.57	1.13	1.26	1.90

CIMENTO CORRIDO	ZAPATA CUADRADA	ZAPATA RECTANGULAR	PLATEA DE CIMENTACION	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA	VALIDACION PROFESIONAL
S _{nu} = 1.06 cm	S _{nu} = 3.72 cm	S _{nu} = 3.16 cm	S _{nu} = 0.78 cm	Yeshi Jordan Ugarte	Ethel Alexia Herrera Ortega

ENSAYO Q ADMISIBLE – CAPACIDAD DE CARGA CALICATA 02

	J&T INGEOTECNIA SAC		Código	GAE-Fr-046
	Qadmisible - Capacidad de Carga		Version	1
			Fecha	9/11/2023
			Página	1

REGISTRON*	2	Calicata	CAL - 02
SOLICITANTE	BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSQUISPE Y BACH. STP SURCO ESCALANTE	Muestra	M - 02
PROYECTO	*ZONIFICACION GEOLOGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUSPICHANCHIS, CUSCO 2023*	Profundidad (m)	(0.00 - 1.50)m.
UBICACION	CC PP. HUASO - OROPESA - CUSCO	Estado	MUESTRA INALTERADA
FECHA	9/11/2023		

PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO		PRE-DIMENSIONAMIENTO	
Cohesion C (Kg/cm2)	0.143	CIMENTO CORRIDO	
Angulo de friccion (°)	24.24	Lado B (m):	1.00
Peso unitario (gr/cm3)	1.84	ZAPATA CUADRADA	
Factor de seguridad FS	3.0	Lado B (m):	2.20
Tipo de falla	Local	ZAPATA RECTANGULAR	
Coefficiente de empuje activo Ka	0.553	Ancho B (m):	2.20
Coefficiente de empuje pasivo Kp	1.807	Lado L (m):	3.10
Coefficiente de empuje en reposo K0	0.713	PLATEA DE CIMENTACION	
φ' =	16.71	Ancho B (m):	14.00
c' =	0.10	Lado L (m):	20.00
Nivel Freatico (NF) (m)	1	Df. Prof. Min.(m)	
P. U. Saturado (Tm/m3)	1.95	2.50	

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA		FACTORES DE PROFUNDIDAD	
Nc =	12.13	$q_c = \frac{1}{2} \gamma_c \frac{B^2}{L} \left(\frac{1}{2} + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{L}{B} \right)$ $q_c = \frac{1}{2} \gamma_c \frac{B^2}{L} \left(\frac{1}{2} + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{L}{B} \right)$	CIMENTO CORRIDO	PLATEA DE CIMENTACION	
Nq =	4.64		dc = 1.67	dc = 1.05	
Nγ =	1.88		dq = 1.34	dq = 1.02	
FACTOR DE INCLINACION		FACTOR DE FORMA		FACTORES DE PROFUNDIDAD	
$i_c = \left(1 - \frac{\phi}{90} \right)^2$ $i_q = \left(1 - \frac{\phi}{90} \right)^2$ $i_\gamma = 0$		$F_c = 1 + 0.2 \frac{D_f}{L}$ $F_q = 1 + 0.1 \frac{D_f}{L}$ $F_\gamma = 1$		Z CUADRADA	Z RECTANGULAR
				dc = 1.31	dc = 1.31
				dq = 1.15	dq = 1.15
				dγ = 1.15	dγ = 1.15
				FACTORES DE INCLINACION	
				ic = 1.00	ic = 1.00
				iq = 1.00	iq = 1.00
				ig = 1.00	ig = 1.00

FACTORES DE FORMA	
Z CUADRADA	Z RECTANGULAR
Sc = 1.36	Sc = 1.25
Sq = 1.18	Sq = 1.13
Sγ = 1.18	Sγ = 1.13
PLATEA DE CIMENTACION	
Sc =	1.25
Sq =	1.13
Sγ =	1.13
CIMENTO CORRIDO	
Sc =	1.02
Sq =	1.01
Sγ =	1.01

Calculo del esfuerzo admisible para diferentes tipos de cimentacion					Calculo del esfuerzo admisible para diferentes tipos de cimentacion corregidos por asentamiento				
$q_{adm} = (1/FS) * (c * Nc * Sc * dc) + (\gamma * Df * Nq * Sq * dq) + (1/2 * \gamma * B' * N\gamma * S\gamma * d\gamma)$					$q_{adm} = (1/FS) * (S' * E' / 2 * B' * (1 - u_2) * N)$				
Altura de Cimentacion Df (m)	CIMENTO CORRIDO B (m)	ZAPATA CUADRADA B(m)	ZAPATA RECTANGULAR B(m)± 2.20 L(m)± 3.10	PLATEA DE CIMENTACION B(m) = 14.00 L(m) = 20.00	Altura de Cimentacion Df (m)	CIMENTO CORRIDO B (m)	ZAPATA CUADRADA B(m)	ZAPATA RECTANGULAR B(m)± 2.20 L(m)± 3.10	PLATEA DE CIMENTACION B(m) = 14.00 L(m) = 20.00
	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)		qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)	qadm (Kg/Cm2)
2.50	0.82	0.88	0.84	1.15	2.50	0.82	0.88	0.84	1.15
2.70	0.86	0.92	0.88	1.19	2.70	0.86	0.92	0.88	1.19
2.90	0.90	0.96	0.91	1.22	2.90	0.90	0.96	0.91	1.22
3.10	0.94	1.00	0.95	1.25	3.10	0.94	1.00	0.95	1.25
3.30	0.98	1.04	0.99	1.29	3.30	0.98	1.04	0.99	1.29
3.50	1.02	1.08	1.03	1.32	3.50	1.02	1.08	1.03	1.32
3.70	1.07	1.13	1.08	1.37	3.70	1.07	1.13	1.08	1.37
3.90	1.11	1.17	1.11	1.40	3.90	1.11	1.17	1.11	1.40
4.10	1.14	1.20	1.15	1.43	4.10	1.14	1.20	1.15	1.43
4.30	1.19	1.25	1.20	1.47	4.30	1.19	1.25	1.20	1.47
4.50	1.22	1.29	1.23	1.50	4.50	1.22	1.29	1.23	1.50

CIMENTO CORRIDO	ZAPATA CUADRADA	ZAPATA RECTANGULAR	PLATEA DE CIMENTACION	SUPERVISOR J&T INGEOTECNIA	VALIDACION PROFESIONAL
S _{max} = 0.36 cm	S _{na} = 1.26 cm	S _{na} = 1.08 cm	S _{max} = 0.27 cm	Yelson Jordan Ugarte	Ethel Alexia Herrera Ortega



CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"


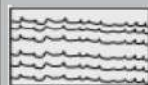

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	CL
CALICATA	C-03
UBICACIÓN	Callapucyoq
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
196274	8497568

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m							
1.20 m							
1.40 m							
1.60 m							
1.60 m		CL	E2			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	Material cohesivo arcilloso de color marron oscuro. Con influencia minima de suelo friccionante
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m							
SE LOCALIZO NIVEL FREATICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.80m							

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

COORDENADAS UTM		Sondeo	C-03
X	Y	SECTOR	Callapucyoq
196274	8497568	SUCS	CL

CAPACIDAD PORTANTE

$\gamma = 1.85 \text{ ton/m}^3$

$L = 2.20 \text{ m}$

$B = 2.20 \text{ m}$

Teoria de Skempton

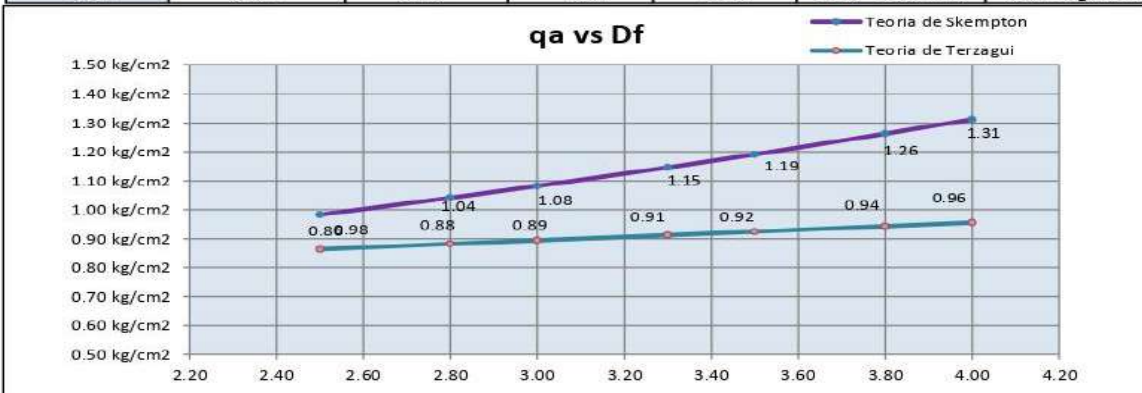
$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq (Df/B)	Nc	qc	qa
2.50	3.71	0.37	1.14	6.49	2.95 ton/m ²	0.98 kg/cm ²
2.80	3.71	0.37	1.27	6.60	3.12 ton/m ²	1.04 kg/cm ²
3.00	3.71	0.37	1.36	6.67	3.24 ton/m ²	1.08 kg/cm ²
3.30	3.71	0.37	1.50	6.76	3.44 ton/m ²	1.15 kg/cm ²
3.50	3.71	0.37	1.59	6.82	3.57 ton/m ²	1.19 kg/cm ²
3.80	3.71	0.37	1.73	6.90	3.79 ton/m ²	1.26 kg/cm ²
4.00	3.71	0.37	1.82	6.94	3.94 ton/m ²	1.31 kg/cm ²

Teoria de Terzagui

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq	Nc	qc	qa
2.50	3.71	0.37	1.00	5.70	2.59 ton/m ²	0.86 kg/cm ²
2.80	3.71	0.37	1.00	5.70	2.65 ton/m ²	0.88 kg/cm ²
3.00	3.71	0.37	1.00	5.70	2.68 ton/m ²	0.89 kg/cm ²
3.30	3.71	0.37	1.00	5.70	2.74 ton/m ²	0.91 kg/cm ²
3.50	3.71	0.37	1.00	5.70	2.77 ton/m ²	0.92 kg/cm ²
3.80	3.71	0.37	1.00	5.70	2.83 ton/m ²	0.94 kg/cm ²
4.00	3.71	0.37	1.00	5.70	2.87 ton/m ²	0.96 kg/cm ²



ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 06



CONGEINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeingc@gmail.com - www.congeingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA. PROVINCIA DE QUISPICANCHI. CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIGUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	SM
CALICATA	C-06
UBICACIÓN	Callapucyoq
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
196012	8497262

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m		SM	E2			Arena Limosa	ESTRATO 02 (Arena limosa de color marron oscuro, no plastico, inoloro, sin intercalaciones de fraccion granular)
1.20 m							
1.40 m							
1.60 m							
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m							
SE LOCALIZO NIVEL FREATICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.40m							



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSCO-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCAL

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 74.22%
 % de finos= 25.78% Retenido en malla N 200= 74.22%
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%
 % de arena= 74.22%
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
 % de la fracción gruesa para la malla N 4= 100.00% (Arena)
 Cu= NP
 Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= NP
 LP= NP
 IP= NP

COORDENADAS UTM	
X	Y
196012	8497262

SUCS	SM
CALCATA	C-06
UBICACION	Callapucyoq

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio	Clasificación de suelos		
	Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3	GW	Grava bien graduada	
Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu < 4 y 1 > Cc > 3	GP	Grava mal graduada	
Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4 Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	GM GM	Grava limosa Grava arcillosa	
Suelos de partículas gruesas mas del 50% de rolado en la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GW-GM	Grava bien graduada con limo
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GW y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
	Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3	SW	Arena bien graduada	
Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu < 6 y 1 > Cc > 3	SP	Arena mal graduada	
Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	SM SM	Arena limosa Arena arcillosa	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SW-GM	Arena bien graduada con limo
	Cumple los criterios para SW y SM	SW-GC	Arena bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SG	Arena mal graduada con arcilla
Limos y arcillas Límite Líquido menor que 50	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
	Límite líquido - secado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico
	Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH
IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"		MH	Limo de alta plasticidad
Límite líquido - secado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado		OH	Arcilla orgánica Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos		PT	Turba

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200															
GRAVAS					ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS					ORG										
LI/PIAS	COMBINACIONES				CON FINOS	LI/PIAS	COMBINACIONES				CON FINOS	LL<50%	LL>50%		ORG										
GW	GP	GW-GI	GW-GC	GP-GI	GP-GC	GI	GC	GC-GI	SW	SP	SW-SI	SW-SC	SP-SI	SP-SC	SI	SC	SC-SI	CL	CL-IL	IL	OL	CH	IH	OH	PT



ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 09



CONGEINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeingc@gmail.com - www.congeingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	SC
CALICATA	C-09
UBICACION	Huasao
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
195383	8497886

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m							
1.20 m							
1.40 m		SC	E2			Arena Arcillosa	ESTRATO 02 (Arena arcillosa de color marron oscuro, baja plasticidad, inoloro, sin intercalaciones de fraccion granular)
1.60 m							
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m							

SE LOCALIZO NIVEL FREATICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.40m



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCAL

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2407

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 63.79%
 % de finos= 36.21% Retenido en malla N 200= 63.79%
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%
 % de arena= 63.79%

% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 45.13%

LP= 16.64%

IP= 28.49%

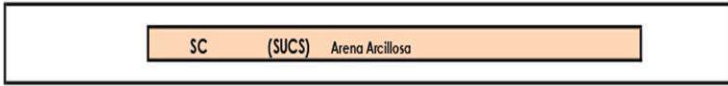
COORDENADAS UTM	
X	Y
195383	8497886

SUCS	SC
CALICATA	C-09
UBICACION	Huasao

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		Clasificación de suelos		
		Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW Grava bien graduada	
		$Cu < 4$ y $1 \leq Cc < 3$	GP Grava mal graduada	
	Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa	
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa	
Suelos de partículas gruesas mas del 50% de rotación en la malla No. 200	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM Grava bien graduada con limo	
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC Grava bien graduada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM Grava mal graduada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC Grava mal graduada con arcilla	
Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW Arena bien graduada	
		$Cu < 6$ y $1 \leq Cc < 3$	SP Arena mal graduada	
	Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa	
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM Arena bien graduada con limo	
		Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC Arena bien graduada con arcilla	
		Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM Arena mal graduada con limo	
		Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC Arena mal graduada con arcilla	
Limos y arcillas Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL Arcilla de baja plasticidad	
		IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML Limo de baja plasticidad	
	Orgánicos	Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OL Arcilla orgánica	
			LO Limo orgánico	
	Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad
	Orgánicos	Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OH Arcilla orgánica	
			LO Limo orgánica	
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba	

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																								
GRUESOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200														
GRAVAS					ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)									
LI/PIAS	COI/BINACIONES				CON FINOS					LI/PIAS	COI/BINACIONES					CON FINOS								
GW	GP	GW-GI	GW-GC	GP-GI	GP-GC	GI	GC	GC-GI	SP	SC	SP-SI	SP-SC	SI	SC	SI-SI	SI-SC	CL	CL-IL	IL	OL	CH	IH	OH	PT



ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 10



CONGEINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeingc@gmail.com - www.congeingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	SC
CALICATA	C-10
UBICACION	Huasao
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
195585	8497606

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m		SC	E2			Arena Arcillosa	ESTRATO 02 (Arena arcillosa de color marron oscuro, baja plasticidad, inoloro, sin intercalaciones de fraccion granular)
1.20 m							
1.40 m							
1.60 m							
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m	SE LOCALIZO NIVEL FREATICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.40m						
2.80 m							
3.00 m							



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCAL

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 63.99%
 % de finos= 36.01% Retenido en malla N 200= 63.99%
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%
 % de arena= 63.99%
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 33.97%

LP= 18.33%

IP= 15.64%

COORDENADAS UTM	
X	Y
195585	8497606

SUCS	SC
CALICATA	C-10
UBICACION	Huasao

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y número de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		Clasificación de suelos	
		Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu > 4 y 1 < Cc < 6	GW	Grava bien graduada
	Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200 Cu < 4 y 1 < Cc > 3	GP	Grava mal graduada
	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
Suelos de partículas gravosas más del 50% de rotación en la malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
	Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
	Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200 Cu > 6 y 1 < Cc < 3	SW	Arena bien graduada
	Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200 Cu < 6 y 1 < Cc > 3	SP	Arena mal graduada
	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
	Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Inorgánicos IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
	Inorgánicos IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
	Orgánicos Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OL	Arcilla orgánica
	Orgánicos límite líquido - no secado < 0.75	OH	Limo orgánico
	Inorgánicos IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
	Inorgánicos IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	Orgánicos Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OH	Arcilla orgánica
	Orgánicos límite líquido - no secado < 0.75	OL	Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																								
GRUESOS										FINOS														
MÁS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										MÁS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200														
GRAVAS					ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)									
LI: LPIAS	CO: BINACIONES				CON FINOS	LI: LPIAS	CO: BINACIONES				CON FINOS	LL < 50%	LL > 50%											
GW	GP	GV-GI	GV-GC	GP-GI	GP-GC	GI	GC	GC-GI	SP	SV-SI	SV-SC	SP-SI	SP-SC	SI	SC	SC-SI	CL	CL-IL	IL	OL	CH	CH	OH	PT



ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 12



CONGEOINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-603



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	GC-GM
CALICATA	C-12
UBICACIÓN	LA FLORIDA
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
195460	8498405

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones		
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa		
0.40 m									
0.60 m									
0.80 m									
1.00 m									
1.20 m									
1.40 m									
1.60 m		MUESTREO DE SUELOS							
1.80 m		GC-GM	E2				Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	ESTRATO 02 (Suelo friccionante gravoso arcilloso limoso de color marron oscuro)	
2.00 m									
2.20 m									
2.40 m									
2.60 m									
2.80 m									
3.00 m									
NO SE LOCALIZO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION									



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCAL

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 86.37%
 % de finos= 13.63% Retenido en malla N 200= 86.37%
 % de grava= 47.53% Retenido en malla N 4= 47.53%
 % de arena= 38.84%
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 55.03% (Grava)
 % de la fracción gruesa para la malla N 4= 44.97% (Arena)
 Cu= NP
 Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 21.99%
 LP= 16.74%
 IP= 5.26%

SUCS	GC-GM
CALICATA	C-12
UBICACION	LA FLORIDA

COORDENADAS UTM	
X	Y
195460	8498405

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		Clasificación de suelos			
		Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3	GW Grava bien graduada		
		Cu < 4 y 1 ≤ Cc > 3	GP Grava mal graduada		
	Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa		
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa		
	Suelos de partículas gruesas mas del 50% de retenido en la malla No. 200	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM Grava bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC Grava bien graduada con arcilla	
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM Grava mal graduada con limo	
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC Grava mal graduada con arcilla	
	Arenas Si 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3	SW Arena bien graduada	
			Cu < 6 y 1 ≤ Cc > 3	SP Arena mal graduada	
Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200		IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa		
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa		
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200			Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM Arena bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC Arena bien graduada con arcilla	
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM Arena mal graduada con limo	
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC Arena mal graduada con arcilla	
Suelos de partículas finas Si 50% o mas pasa la malla No. 200		Limos y arcillas Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL Arcilla de baja plasticidad
				IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML Limo de baja plasticidad
	Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	Orgánicos		Límite líquido - secado al horno < 0.75	OL Arcilla orgánica
				límite líquido - no secado	LO Limo orgánico
		Inorgánicos		IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad
				IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad
Suelos altamente orgánicos	Orgánicos		Límite líquido - secado al horno < 0.75	OH Arcilla orgánica	
			límite líquido - no secado	LO Limo orgánica	
		Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT Turba		

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																								
GRUESOS ENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										FINOS IAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200														
GRAVAS					ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)									
LI PAS	CO BINACIONES				CON FINOS	LI PAS	CO BINACIONES				CON FINOS	LL < 50%		LL > 50%										
GW	GP	GW-G I	GW-GC	GP-G I	GP-GC	G I	GC	GC-G I	SP	SP	SP-S I	SP-SC	SP-S I	SP-SC	S I	SC	SC-S I	CL	CL-I L	CL	CH	I H	CH	PT

GC-GM (SUCS) Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad

ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 14



CONGEOINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	GM
CALICATA	C-14
UBICACIÓN	HUASAO
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
195669	8497958

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m							
1.20 m							
1.40 m							
1.60 m							
1.80 m		GM	E2			Grava Limosa	ESTRATO 02 (Suelo friccionante gravoso limoso de color marron oscuro)
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m							
NO SE LOCALIZO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION							



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"
 Ubicación: CUSCO-QUIPICANCHI-OROPESA
 Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSQUIPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE
 FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificacion

De la granulometria

% de gruesos= 85.18%
 % de finos= 14.82% Retenido en malla N 200= 85.18%
 % de grava= 49.04% Retenido en malla N 4= 49.04%
 % de arena= 36.14%
 % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 57.57% (Grava)
 % de la fraccion gruesa para la malla N 4= 42.43% (Arena)
 Cu= NP
 Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 20.04%
 LP= 16.84%
 IP= 3.22%

SUCS	GM
CALICATA	C-14
UBICACION	HUASAO

COORDENADAS UTM	
X	Y
195669	8497958

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignacion de simbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		Clasificación de suelos	
		Simbolo de grupo	Nombre del grupo
Gravas Mas del 90% de la fraccion gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu > 4 y 1 < Cc < 5 Oa < 4 y 1 < Cc > 3	GW Grava bien graduada GP Grava mal graduada
	Gravas con limos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la linea "A" en la carta de plasticidad IP > 7 o arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa GC Grava arcillosa
	Gravas limpias y con limos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM Cumple los criterios para GW y GC Cumple los criterios para GP y GM Cumple los criterios para GP y GC	GW-GM Grava bien graduada con limo GW-GC Grava bien graduada con arcilla GP-GM Grava mal graduada con limo GP-GC Grava mal graduada con arcilla
	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu > 6 y 1 < Cc < 3 Oa < 6 y 1 < Cc > 3	SW Arena bien graduada SP Arena mal graduada
Suelos de particulas gruesas mas del 50% se retienen en la malla No. 200	Arenas con limos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la linea "A" en la carta de plasticidad IP > 7 o arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa SC Arena arcillosa
	Arenas limpias y con limos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para SW y SM Cumple los criterios para SW y SC Cumple los criterios para SP y SM Cumple los criterios para SP y SC	SW-SM Arena bien graduada con limo SW-SC Arena bien graduada con arcilla SP-SM Arena mal graduada con limo SP-SC Arena mal graduada con arcilla
	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la linea "A" IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la linea "A"	CL Arcilla de baja plasticidad ML Limo de baja plasticidad
	Orgánicos	Límite líquido - sacado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado	OL Arcilla orgánica OH Limo orgánico
Suelos de particulas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la linea "A" IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la linea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad MH Limo de alta plasticidad
	Orgánicos	Límite líquido - sacado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado	OH Arcilla orgánica OH Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS / MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										FINOS / MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200															
GRAVAS						ARENAS				LIMOS Y ARCILLAS						ORG (Turbo)									
LI-IPAS	CO-IBINACIONES					CON FINOS		LI-IPAS	CO-IBINACIONES			CON FINOS		LL<50%	LL>50%										
GW	GP	GV-GI	GV-GC	GP-GI	GP-GC	GI	GC	GC-GI	SW	SP	SV-SI	SV-SC	SP-SI	SP-SC	SI	SC	SC-SI	CL	CL-IL	IL	OL	CH	IH	OH	PT



ENSAYO DE LABORATORIO DE CALICATA 15



CONGEOINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-892-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	GC
CALICATA	C-15
UBICACIÓN	HUASAO
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
196343	8498003

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m							
1.20 m		GC	E2			Grava Arcillosa	ESTRATO 02 (Suelo friccionante gravoso arcilloso de color marron oscuro)
1.40 m							
1.60 m							
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m							
NO SE LOCALIZO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION							



Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSQUISPE Y BACH. STP SUROO ESCALANTE

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 83.11%
 % de finos= 16.89% Retenido en malla N 200= 83.11%
 % de grava= 42.42% Retenido en malla N 4= 42.42%
 % de arena= 40.69%
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 51.04% (Grava)
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 48.96% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 25.05%

LP= 16.77%

IP= 8.27%

SUCS	GC
CALCATA	C-15
UBICACION	HUASAO

COORDENADAS UTM	
X	Y
196343	8498003

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2407

Criterio para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio	Clasificación de suelos	
	Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3	GW Grava bien graduada
Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu < 4 y 1 ≤ Cc > 3	GP Grava mal graduada
Gravas Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa
Suelos de partículas gruesas más del 50% de retenido en la malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM Grava bien graduada con limo
	Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM Grava mal graduada con limo
	Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC Grava mal graduada con arcilla
Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3	SW Arena bien graduada
	Cu < 6 y 1 ≤ Cc > 3	SP Arena mal graduada
Arenas El 50% o más de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM Arena bien graduada con limo
	Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC Arena bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM Arena mal graduada con limo
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC Arena mal graduada con arcilla
Limos y arcillas Límite Líquido menor que 50	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL Arcilla de baja plasticidad
	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML Limo de baja plasticidad
Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla No. 200	Límite líquido - sacado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado	OL Arcilla orgánica
	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad
Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad
	Límite líquido - sacado al horno < 0.75 límite líquido - no sacado	OH Arcilla orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT Turba

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS											FINOS														
LIBROS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200											LIBROS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200														
GRAVAS						ARENAS					LIMOS Y ARCILLAS				ORG (Turba)										
LI/PIAS	COMBINACIONES			CON FINOS	LI/PIAS	COMBINACIONES			CON FINOS	LL<50%	LL>50%														
GW	GP	GW-G1	GW-GC	GP-G1	GP-GC	G1	GC	GC-G1	SW	SP	SW-S1	SW-SC	SP-S1	SP-SC	S1	SC	SC-S1	CL	CL-IL	IL	OL	CH	I.H	OH	PT





CONGEOINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
 congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
 Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Solicita: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

SUCS	CH
CALICATA	C-18
UBICACIÓN	HUASAO
PROFUNDIDAD	3.00 m

COORDENADAS UTM	
X	Y
196571	8497723

Profundidad	ESC	SUCS	ESTRATO	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt	E1			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m							
0.60 m							
0.80 m							
1.00 m							
1.20 m							
1.40 m		CH	E2			Arcilla Organica de Baja Plasticidad	Material cohesivo arcilloso de color marron oscuro. Con influencia minima de suelo friccionante
1.60 m							
1.80 m							
2.00 m							
2.20 m							
2.40 m							
2.60 m							
2.80 m							
3.00 m	SE LOCALIZO NIVEL FREATICO A LA PROFUNDIDAD DE 2.80m						

CONGOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq - Cusco - Cusco

Cel: 921-126-988, 921-992-803

congoingc@gmail.com - www.congoingc.com

DTO: Suelos



PROYECTO: ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE GUISPICANCHI, CUSCO 2023'

SOLICITANTE: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIGUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

FECHA: CUSCO, DICIEMBRE 2023

UBICACIÓN: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

COORDENADAS UTM	
X	Y
196571	8497723

CALICATA	C-18
UBICACIÓN	HUASAO
SUCS	CH

CALCULO DEL N60

$$N_{60} = N_{campo} * C_e * C_r * C_b * C_s$$

N campo: Suma de los 0.30 m ultimos de la penetración del SPT	= 6.35
ER: Eficiencia (60% en condiciones estandar)	= 60.00
H: Altura del cabezal	= 1.75 m
DP: Diametro de perforación (SPT - ROSQUILLA)	= 100 mm
m: Muestreador	= STANDARD
Ce: correccion por eficiencia de energia (al 60%)	= 0.67
Cr: correccion por longitud corta de la barra	= 0.85
Cb: correccion por el diametro de perforación	= 1
Cs: correccion del muestreador estandar	= 1

CORRELACIONES

SEGÚN LA TEORIA DE PRIETO DE MARCO, 2002

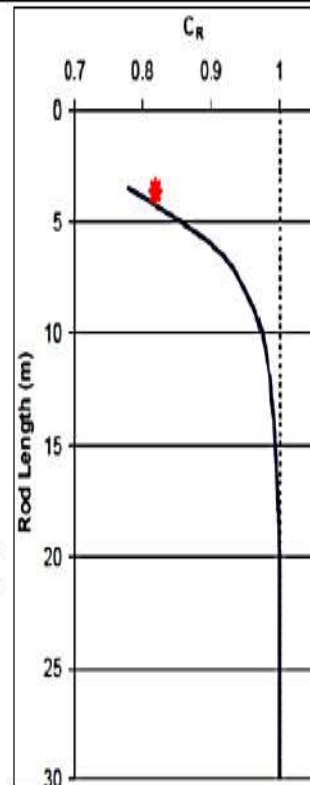
$$S_u = 0.05 * N_{60} \text{ kg/cm}^2$$

Su	
0.18 kg/cm ²	
17.64 Kpa	VERIFICADO!

SEGÚN LA TEORIA DE IMAI 1977

$$V_s = 80.6 * N^{0.331} \text{ m/s}$$

Vs	
123.14	VERIFICADO!



Longitud de la varilla	CR
>10.00 m	1
6.00 m a 10.00 m	0.95
4.00 m a 6.00 m	0.85
3.00 m a 4.00 m	0.75

Diametro de perforación	CB
65.00 a 115.00 mm	1
150.00 mm	1.05
200.00 mm	1.15

Tipo de muestreador	CS
STANDARD	1
SIN FORO	1.2

$$C_r = \frac{ER}{60\%}$$

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS			
PERFIL	Vs	N60	Su
S0	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 Kpa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	CLASIFICACION BASADA EN EL EMS		

El terreno en evaluacion según la normativa E030, corresponde a: **S3**

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL
RUC: 20610425098



DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com
Cel: 921-126-988, 921-992-803

Proyecto: "ZONIFICACION GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA LA EXPANSION URBANA DEL CENTRO POBLADO DE HUASAO, DISTRITO DE OROPESA, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO 2023"

Ubicación: CUSC-QUISPICANCHI-OROPESA

Solicitante: BACH. MIGUEL ÁNGEL HUAMÁN CUSIQUISPE Y BACH. STIP SURCO ESCALANTE

Fecha: CUSCO, DICIEMBRE 2023

CALICATA	C-18
SUCS	CH
UBICACIÓN	HUASAO

COORDENADAS UTM	
X	Y
196571	8497723

DETERMINACION DEL POTENCIAL DE COLAPSO NTP 339.163 (ASTM 5333)

Nº DE CALIC.	DENSIDAD NATURAL SECA (gr/cm ³)			LIMITE LIQUIDO (LL)
	ENCIMA DEL NIVEL DE FUNDACION	DEBAJO DEL NIVEL DE FUNDACION	PROMEDIO	
C-18	1.36 gr/cm ³	1.36 gr/cm ³	1.36 gr/cm ³	58.87 %

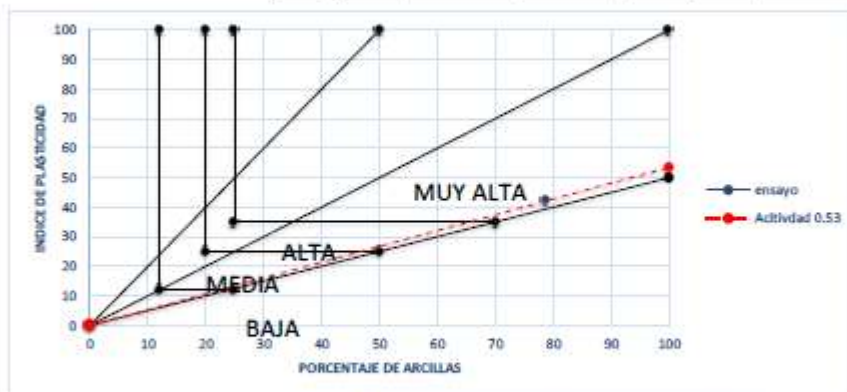


ENTONCES= **NO COLAPSABLE**

DETERMINACION DE LOS SUELOS EXPANSIVOS

Nº DE CALIC.	INDICE DE PLASTICIDAD	PORCENTAJE DE ARCILLA
C-18	42.12 %	78.73%

Potencial de expansión Ep	Expansión en consolidómetro, bajo presión vertical de 7 kPa (0,07 kgf/cm ²)	Índice de plasticidad IP	Porcentaje de partículas menores que dos micras
%	%	%	%
Muy alto	> 30	> 32	> 37
Alto	25 - 30	23 - 45	18 - 37
Medio	10 - 20	12 - 34	12 - 27
Bajo	< 10	< 20	< 17



$$ACTIVIDAD(A) = \frac{IP}{\% < 2\mu m} = 0.53$$

Actividad Coloidal de las Arcillas (Skempton, 1953)	
Actividad	Categoría de Suelo
< 0,75	Inactivo
0,75 - 1,25	Normal
> 1,25	Activo

ENTONCES= **INACTIVO**

ANEXO N°07

PANEL FOTOGRAFICO

Salidas de campo para el cartografiado geológico







Salidas de campo para el cartografiado geotécnico





