



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**“ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
OBRAS CIVILES: ESPACIO CUBIERTO, EDIFICACIÓN PARA
AULAS Y LABORATORIOS, UBICADOS EN EL TERRENO DE LA
ESPOCH EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTORA:

ERIKA JOHANA PUJUPAT ALVARADO

Macas - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**“ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
OBRAS CIVILES: ESPACIO CUBIERTO, EDIFICACIÓN PARA
AULAS Y LABORATORIOS, UBICADOS EN EL TERRENO DE LA
ESPOCH EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTORA: ERIKA JOHANA PUJUPAT ALVARADO

DIRECTOR: ING. FABIÁN RICARDO OJEDA PARDO MGS.

Macas - Ecuador

2022

©2022, Erika Johana Pujapat Alvarado

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ERIKA JOHANA PUJUPAT ALVARADO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 30 de marzo de 2022






Erika Johana Pujapat Alvarado

140054760-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, “**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES: ESPACIO CUBIERTO, EDIFICACIÓN PARA AULAS Y LABORATORIOS, UBICADOS EN EL TERRENO DE LA ESPOCH EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO.**”, realizado por la señorita: **ERIKA JOHANA PUJUPAT ALVARADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales; en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Hernán Negrete Costales MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JOSE HERNAN NEGRETE COSTALES	2022-03-30
Ing. Fabián Ricardo Ojeda Pardo MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: FABIAN RICARDO OJEDA PARDO	2022-03-30
Ing. Jefferson Andrés Carranco López MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JEFFERSON ANDRES CARRANCO LOPEZ	2022-03-30

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, quién me dio la sabiduría e inteligencia que me caracteriza para culminar mi estudio de tercer nivel y nunca me abandonó pese a las dificultades que se presentaron durante mi vida estudiantil.

A mis padres, quienes me brindaron su apoyo e hicieron lo posible para que nada me faltará durante mi formación tanto personal como profesional.

A mi hija Camila Garzón, que ha sido mi motivación para seguir adelante y ser un ejemplo de superación y sobre todo de amor, que con sacrificio y perseverancia se puede cumplir todas las metas propuestas en la vida.

A todas las personas que creyeron en mí, que fueron un empuje más para seguir adelante, que por más dura que sea la vida, una debe ser firme y perseverante, porque como dice la frase “el que persevera, alcanza”.

Erika

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento, por haberme dado la vida y sobre todo salud para seguir adelante con mis estudios y, cumplir uno de los tantos proyectos que me he propuesto alcanzar en la vida.

En segundo lugar, dar gracias a mis padres por su sacrificio, dedicación a lo largo de mi formación y educación. Han sido un pilar fundamental debido al apoyo que me han brindado en cada paso que he tomado en mi vida.

A mi esposo que ha sido una motivación para seguir a pesar de las dificultades que se me han presentado, y sobre todo por su paciencia y comprensión durante este periodo que fue para culminar con mi trabajo de titulación.

También, quiero dar gracias a todas las personas que hicieron posible para que este proyecto se llevara a cabo, a mis profesores que día a día nos brindaron un poco de su sabiduría para comprender y entender todo lo que significa ser un ingeniero en la carrera de Geología y Minas, y lo que esto con lleva a ser un profesional eficaz y eficiente.

Gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago por abrirme las puertas para culminar mis estudios de tercer nivel, y sobre todo acogerme de la mejor manera durante el periodo que realicé mi trabajo técnico en la institución.

Erika

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ANEXOS.....	12
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	14

CAPITULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	16
1.1.	Antecedentes.....	16
1.2.	Planteamiento del problema.....	16
1.3.	Justificación.....	17
1.4.	Objetivos.....	17
1.4.1.	<i>Objetivo General</i>	17
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	17
1.5.	Hipótesis.....	18
1.6.	Generalidades.....	18
1.6.1.	<i>Ubicación</i>	18
1.6.2.	<i>Acceso</i>	18
1.6.3.	<i>Clima</i>	19
1.6.4.	<i>Flora y Fauna</i>	19

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
2.1.	Geomorfología.....	21
2.2.	Geología Regional.....	22
2.2.1.	<i>Formaciones Geológicas</i>	22
2.3.	Topografía.....	23
2.3.1.	<i>Levantamiento Topográfico</i>	24
2.3.1.1.	<i>Instrumentos topográficos</i>	24
2.4.	Geotecnia.....	24

2.5.	Obtención de muestras de suelos	24
2.5.1.	<i>Ensayos de Penetración Estándar (SPT)</i>	25
2.6.	Descripción y clasificación del suelo	25
2.6.1.	<i>Origen y formación</i>	25
2.6.2.	<i>Identificación de los suelos</i>	26
2.6.3.	<i>Distribución granulométrica</i>	26
2.6.4.	<i>Clasificación de suelos</i>	27
2.6.4.1.	<i>Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)</i>	28
2.6.4.2.	<i>Clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i>	29
2.7.	Consistencia del suelo	30
2.7.1.	<i>Límite líquido</i>	31
2.7.2.	<i>Límite plástico</i>	32
2.8.	Sismicidad	32

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	34
3.1.	Metodología	34
3.1.1.	<i>Levantamiento Topográfico</i>	34
3.1.2.	<i>Levantamiento Geológico</i>	35
3.1.2.1.	<i>Geología local</i>	37
3.1.3.	<i>Características Hidrológicas</i>	38
3.1.4.	<i>Ensayo SPT</i>	40
3.1.5.	<i>Nivel Freático</i>	40
3.1.6.	<i>Ensayos de Laboratorio</i>	40
3.1.6.1.	<i>Contenido de humedad natural</i>	41
3.1.6.2.	<i>Ensayo Granulométrico (SUCS)</i>	41
3.1.6.3.	<i>Determinación de Límites de Atterberg</i>	43
3.1.7.	<i>Caracterización sísmica del sitio</i>	44
3.1.8.	<i>Determinación de la tensión admisible</i>	47
3.1.9.	<i>Estimación de asentamientos</i>	48

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	50
4.1.	Modelamiento Geológico	50

4.2.	Caracterización Geotécnica	51
4.2.1.	<i>Nivel 0: Relleno antrópico y Limo arenoso</i>	51
4.2.2.	<i>Nivel I: Arena limosa</i>	51
4.2.3.	<i>Nivel II: Arena limosa</i>	54
4.3.	Perfil estratigráfico	56
4.4.	Propiedades geotécnicas	59
4.5.	Análisis de la cimentación	59
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Coordenadas del área de estudio	21
Tabla 2-2:	Instrumentos topográficos	24
Tabla 3-2:	Número de tamices y aberturas de mallas ASTM D 422	27
Tabla 4-2:	Límites de tamaño recomendados para los sistemas SUCS y AASHTO	28
Tabla 5-2:	Clasificación granulométrica de los suelos	29
Tabla 6-2:	Sistema de clasificación AASHTO	29
Tabla 7-2:	Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	33
Tabla 1-3:	Ficha geológica de campo en el punto 01.....	36
Tabla 2-3:	Ficha geológica de campo en el punto 02.....	37
Tabla 3-3:	Resumen de trabajos in situ	40
Tabla 4-3:	Resumen de ensayos de laboratorio.....	41
Tabla 5-3:	Cálculo del N60 (medio)	45
Tabla 6-3:	Tipo de perfil en función del N60 (medio).....	46
Tabla 7-3:	Valores de factor de sitio, FPGA, en el período cero en el espectro de aceleración.....	47
Tabla 8-3:	Formulación para tensión admisible (Q_{adm})	47
Tabla 1-4:	Clasificación de suelos – Nivel I.....	53
Tabla 2-4:	Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel I.....	54
Tabla 3-4:	Clasificación de suelos - Nivel II	55
Tabla 4-4:	Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel II	56
Tabla 5-4:	Resumen de las propiedades geotécnicas	59
Tabla 6-4:	Tensión admisible - Nivel I	59
Tabla 7-4:	Tensión admisible - Nivel II.....	60
Tabla 8-4:	Cálculo de asiento para cada nivel	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Límites de Atterberg.....	31
Gráfico 1-4:	Curva granulométrica - Nivel 1	52
Gráfico 2-4:	Ubicación de los materiales en la gráfica de Casagrande – Nivel I.....	52
Gráfico 3-4:	Curva Granulométrica - Nivel II	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Mapa de ubicación del área de estudio	18
Figura 2-1:	Mapa de acceso al área de estudio	19
Figura 1-2:	Mapa Geomorfológico del área de estudio	22
Figura 2-2:	Mapa geológico regional del área de estudio.....	23
Figura 3-2:	Tomamuestras, puntazas y elementos del ensayo SPT	25
Figura 4-2:	Mapa de riesgo sísmico.....	32
Figura 1-3:	Levantamiento Topográfico del área de estudio.	34
Figura 2-3:	Mapa topográfico del área de estudio	35
Figura 3-3:	Método del flotador para calcular el caudal de agua.....	39
Figura 4-3:	Mapa hídrico del área de estudio	39
Figura 5-3:	Tamizado de las muestras	42
Figura 6-3:	Lavado de los granos finos	42
Figura 7-3:	Amasado del suelo seco más el agua	43
Figura 1-4:	Perfil litológico del área de estudio.....	50
Figura 2-4:	Perfil Estratigráfico A-A´	57
Figura 3-4:	Perfil Estratigráfico B-B´	58
Figura 4-4:	Mapa Tensión admisible en el nivel I.....	60
Figura 5-4:	Mapa Tensión Admisible del nivel II	61

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** UBICACIÓN EN PLANTA DE LOS SONDEOS
- ANEXO B:** PUNTOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE LAS TRES QUEBRADAS
- ANEXO C:** ENSAMBLAJE DE LA PERFORADORA PARA EL SPT
- ANEXO D:** RECUPERACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO
- ANEXO E:** ENFUNDADO Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS
- ANEXO F:** REGISTRO DE PERFORACIÓN
- ANEXO G:** ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEXO H:** MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar el estudio geotécnico en el terreno de la ESPOCH sede Morona Santiago, ubicado en la ciudad de Macas, perteneciente al cantón Morona, iniciando con una investigación preliminar que reunió la información del área de estudio como: el contrato de comodato entre la Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica (ESPEA) y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), los planos de construcción, los registros de propiedad del GAD del cantón Morona y geología regional del terreno de la sede. Posteriormente, se realizó el trabajo de campo: levantamiento topográfico con el uso de la estación total obteniendo un plano topográfico del área de estudio, un levantamiento geológico fijando dos puntos representativos georreferenciados y una caracterización geotécnica donde se fijaron tres puntos para sondeos de ensayos de penetración estándar (SPT) con una profundidad de hasta 7 metros. Este determinó el número de golpes para la penetración del subsuelo y tomar muestras para ser analizadas en el laboratorio. Del levantamiento topográfico, geológico y geotécnico se determinó que el área de estudio se halla dentro de un depósito coluvial de la formación Mera de edad cuaternaria con presencia de materiales laharíticos, limos y arenas y, depósitos aluviales de ubicados en las orillas del Río Upano. En cuanto a la geotecnia del lugar se determinó dos niveles más representativos: el nivel I, arena limosa de color gris claro a marrón con una plasticidad de limos de media a alta y con una capacidad admisible de 6,61 a 11,54 Ton/ m² según el tipo de cimentación. El nivel II, arena limosa de color gris oscuro, no presenta plasticidad y con una carga admisible de entre 39,64 y 77,72 Ton/m² dependiendo del tipo de cimentación. Se recomienda que la cimentación de la edificación se realice en el Nivel II, es decir, a partir de 4,50 m de profundidad o mejorar el terreno correspondiente al Nivel I, en caso de que se desee cimentar en este nivel.

Palabras clave: <GEOLOGÍA>, <ESTUDIO GEOTÉCNICO>, <LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO>, <LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO>, <CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA>


D.B.R.A.I.
Ing. Cristian Castillo



1384-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this research was to conduct a geotechnical study on the land of the ESPOCH Morona Santiago campus, located in the city of Macas, in the canton of Morona. It was started with a preliminary investigation that gathered information from the study area such as: the gratuitous bailment contract between the Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica (ESPEA) and the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), construction plans, property records of the Municipality of the canton of Morona and regional geology of the campus land. Subsequently, field work was carried out: topographic survey with the use of the total station obtaining a topographic plan of the study area, a geological survey fixing two georeferenced representative points and a geotechnical characterization where three points were fixed for standard penetration test borings (SPT) with a depth of up to 7 meters. This determined the number of blows to penetrate the subsoil and take samples to be analyzed in the laboratory. From the topographic, geological and geotechnical survey it was determined that the study area is within a colluvial deposit of the Mera formation of Quaternary age with the presence of laharitic materials, silts and sands and alluvial deposits located on the banks of the Upano River. Regarding the geotechnics of the site, two more representative levels were determined: level I, light gray to brown silty sand with medium to high silt plasticity and an admissible capacity of 6.61 to 11.54 tons/m² depending on the type of foundation. Level II, dark gray silty sand, has no plasticity and an allowable load of 39.64 to 77.72 Ton/m² depending on the type of foundation. It is recommended that the foundations of the building be laid at Level II, i.e., from a depth of 4.50 m or improve the soil corresponding to Level I, if it is desired to lay foundations at this level.

Keywords: <GEOLOGY>, <GEOTECHNICAL SURVEY>, <TOPOGRAPHIC SURVEY>, <GEOLOGICAL SURVEY>, <GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION>.



Silvia Elizabeth Cárdenas Sánchez

CI 0603927351

INTRODUCCIÓN

El Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) mediante Resolución RCP.S14.No.242.06, de fecha 12 de octubre del 2006, creó la Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, con modalidad de estudios presencial y semipresencial. En la actualidad se encuentra funcionando en la ciudad de Macas, Provincia de Morona Santiago, con el objetivo de seguir formando profesionales e investigadores que contribuyan al desarrollo del país y fomentar la generación de empleo que dinamice la economía del país. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015)

A partir del año 2014, la universidad cuenta con edificio a comodato fideicomiso mediante Contrato de Comodato o Préstamo de Uso No. 2014-06-01-05-P-0944, de fecha 27 de marzo del 2014 notariado en la ciudad de Riobamba, la cual fue remodelada e inaugurada en el año 2017 a fin de que se reapertura las matrículas en las carreras de: Ingeniería en Zootecnia, Minas, Ambiental, y Licenciatura de Contabilidad y Auditoría. La edificación está conformada por tres plantas, que se encuentran asentadas en un terreno de aproximadamente 2 Ha a partir de un talud.

Para la ampliación del campus, se requiere de un estudio geotécnico del área destinada para distintas obras de construcción, tales como: un edificio destinado para aulas frente al edificio principal, la construcción de un espacio cubierto en el área de recreación, y por último un edificio ubicado cerca del parqueadero al final del edificio destinada para laboratorios, para cuyo efecto se desprenden actividades como: el reconocimiento previo del terreno, levantamiento geológico y caracterización del suelo, toma de muestras, análisis de resultados e interpretación de datos, de tal manera que garantice la obra estructural y no se genere situaciones de inestabilidad, inseguridad y/o peligro en el terreno.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El área de estudio pertenece en comodato a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) sede Morona Santiago en la ciudad de Macas. Contrato que se celebró en el año 2014, en la ciudad de Riobamba, en la cual se estipula que puede ser modificado físicamente el bien inmueble con el fin de precautelar la manutención y el buen uso de este, con fines académicos.

El terreno de la sede cuenta con un edificio central para aulas y laboratorios, y frente a este un edificio destinado para biblioteca y sala de reuniones, cuenta también con un salón de comida, áreas de recreación y parqueaderos. Terreno que es de aproximadamente 2 ha, que se encuentra al este de la ciudad de Macas, en el margen derecho de la cuenca del río Upano.

El área de interés está localizada en una zona de terrazas medias con diferentes materiales del subsuelo sin estudio hasta el momento, condiciones climáticas que en épocas del año con más precipitaciones en efecto provocan deslizamientos, y adicionalmente se encuentra dentro de una de las zonas propensas a amenazas sísmicas. Estos factores son considerados dentro del análisis del estudio geotécnico emitido por las Normas Ecuatorianas de la Construcción, (NEC). Estudio que es de importancia para la sede debido a que cuenta como un requisito dentro del proceso para la autorización de construcción de obras públicas en el Ecuador.

1.2. Planteamiento del problema

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, oferta carreras presenciales como: Ingeniería en Zootecnia, Minas, Ambiental, y Licenciatura en Contabilidad y Auditoría da cobertura a estudiantes de la provincia y el resto del país.

Considerando el incremento de los estudiantes cada semestre en las diferentes carreras universitarias, y un amplio espacio físico con el que cuenta la institución, la ESPOCH Sede Morona Santiago requiere construir infraestructuras que cuenten con aulas, laboratorios, espacios recreativos y deportivos, con el objetivo de ampliar y mejorar la cobertura y atención de los estudiantes. Su ubicación y factores naturales de índole geológica y geotécnica son aspectos que anteriormente no se consideraban para poder realizar una construcción. Por esta

razón es necesario estudios geológicos y geotécnicos para realizar obras civiles; evitando posibles problemas que afecten las infraestructuras, como hundimientos y desplazamientos.

1.3. Justificación

El área de estudio está ubicada en la parroquia urbana Macas, perteneciente al Cantón Morona de la Provincia de Morona Santiago, a 376,6 km de la capital Quito del país Ecuador.

Toda vez que, va aumentando la cobertura y la población estudiantil en este centro universitario, y con el derecho que tiene la juventud de la provincia y del país, de recibir una formación académica y científica. La institución tiene la obligación de ofertar una educación competitiva de calidad y calidez, garantizando las condiciones de seguridad y bienestar necesarias para la comunidad estudiantil. Por tal motivo es de suma importancia el realizar un estudio geotécnico, a fin de verificar la factibilidad de las construcciones debido a que tenemos factores que influyen como son: la ubicación con respecto a la Cuenca del río Upano, el clima, la morfología y las litologías del subsuelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar el estudio geotécnico para la construcción de obras civiles: espacio cubierto, edificación para aulas y laboratorios en la ESPOCH extensión Morona Santiago.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geotécnico del terreno de la ESPOCH extensión Morona Santiago.
- Aplicar ensayos de Penetración Estándar (SPT) para identificación del perfil estratigráfico del terreno.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo mediante trabajo de laboratorio.
- Analizar e Interpretar los resultados del estudio geotécnico obtenido, para la toma de decisiones en cuanto a la construcción de las obras civiles en el terreno de la ESPOCH extensión Morona Santiago.

1.5. Hipótesis

La superficie del terreno de la ESPOCH sede Morona Santiago, posee las condiciones de factibilidad geotécnica necesarias para la construcción de otro edificio.

1.6. Generalidades

1.6.1. Ubicación

El área de estudio pertenece a la Provincia de Morona Santiago, Cantón Morona, Parroquia Macas, a 376,6 Km de la capital Quito. Se encuentra en la calle Juan Julio Jaramillo detrás del Complejo Deportivo Tito Navarrete.

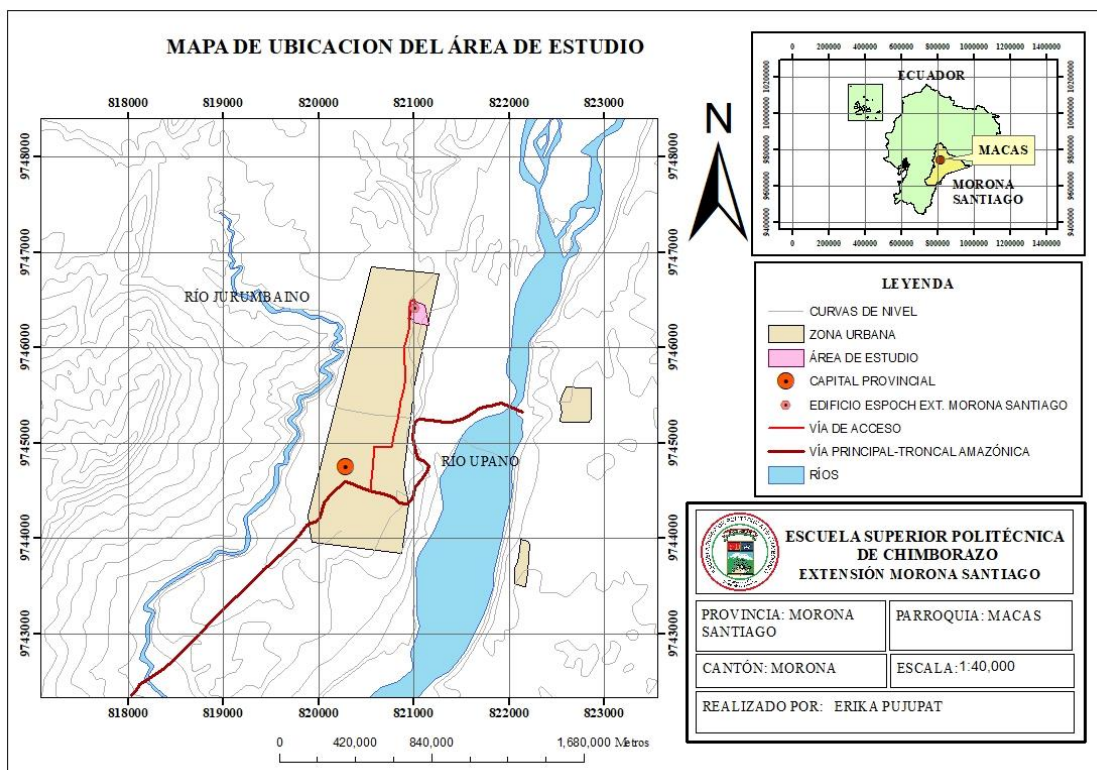


Figura 1-1: Mapa de ubicación del área de estudio

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

1.6.2. Acceso

El acceso al terreno de la ESPOCH sede Morona Santiago, partiendo desde la capital Quito por la vía de primer orden a 376.6 Km hasta la ciudad de Macas. En Macas desde el parque central de la ciudad en la vía de segundo orden la calle Simón Bolívar, hacia la derecha hasta la calle

Don Bosco, por detrás del estadio Tito Navarrete, se toma la calle Juan Julio Jaramillo y a unos 368m aproximadamente a la derecha es la entrada hacia el Campus Universitario.

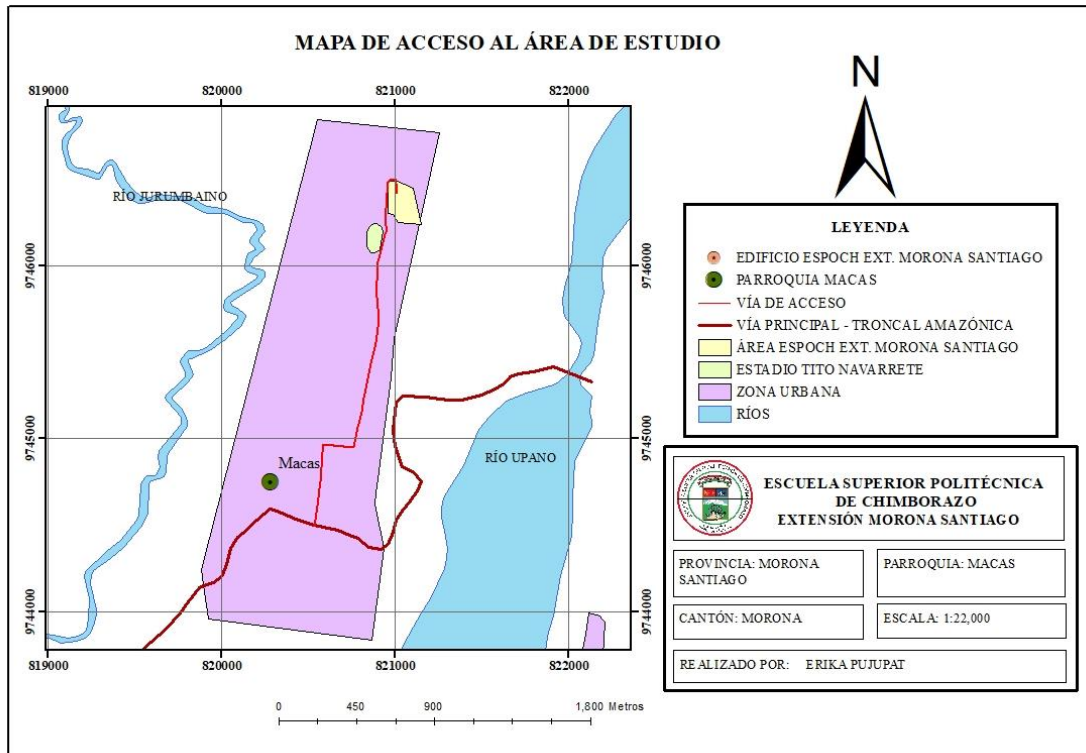


Figura 2-1: Mapa de acceso al área de estudio

Realizado por: Pujupat, Erika, 2022.

1.6.3. *Clima*

Según lo publicado por el GAD Municipal del Cantón Morona (2012), la ciudad de Macas tiene una temperatura que varía en un rango de 20 a 22 grados centígrados y la humedad ambiental esta alrededor de 88%; con precipitaciones desde los 2000 mm a 2500 mm anuales. Pertenece a una zona de clima temperada húmeda, sub-húmeda y lluviosa. Así que los meses de mayor precipitación son: abril, julio y septiembre.

1.6.4. *Flora y Fauna*

La zona de interés según lo observado en la salida de campo, una parte que corresponde al 30% del área está cubierta de vegetación como árboles de medianas a grandes alturas, arbustos medianos, pastizales, malezas y el más común conocido como pindo nativa del lugar, en las que algunas son más densas que imposibilita caminar y otros son destinados para cultivos por los estudiantes zootecnistas. Mientras que el otro 70% está limpia, ya que corresponde al área de circulación para estudiantes y profesores dentro del campus. Por lo que esta zona se encuentra

un poco alejada del casco urbano se puede observar poca variedad de animales silvestres, aves y reptiles.

El estudio tiene un impacto leve que afecta a la flora y fauna, como es el caso del levantamiento topográfico en la que es necesario eliminar parte de la cobertura vegetal en algunos puntos, para mayor visibilidad de la situación real del terreno.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Geomorfología

El área de estudio se encuentra al este de la ciudad de Macas, se puede apreciar terrazas conformadas de roca y arena e inclinada en dirección a la cuenca del río Upano. El relieve del terreno es un valle de tipo “V”, con un flujo de corriente del río Upano de Norte a Sur. No existen fallas geológicas ni pliegues que afecten al área de estudio.

A lo largo de las orillas del río Upano y la zona urbana se encuentra formado una Meseta Volcano-sedimentario conformado por depósitos de lahares que se originan del volcán Sangay y clastos coluviales del valle del Upano (Pasato et al., 2019, pp. 285-294).

Tabla 1-2: Coordenadas del área de estudio

ÁREA DE ESTUDIO		
COORDENADAS UTM WGS 84 - ZONA 17 S.		
PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
P.1	820962,64	9746486,30
P.2	821010,42	9746488,58
P.3	821105,90	9746449,23
P.4	821153,25	9746236,76
P.5	821015,92	9746251,28
P.6	820988,54	9746296,42
P.7	820959,88	9746301,22

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

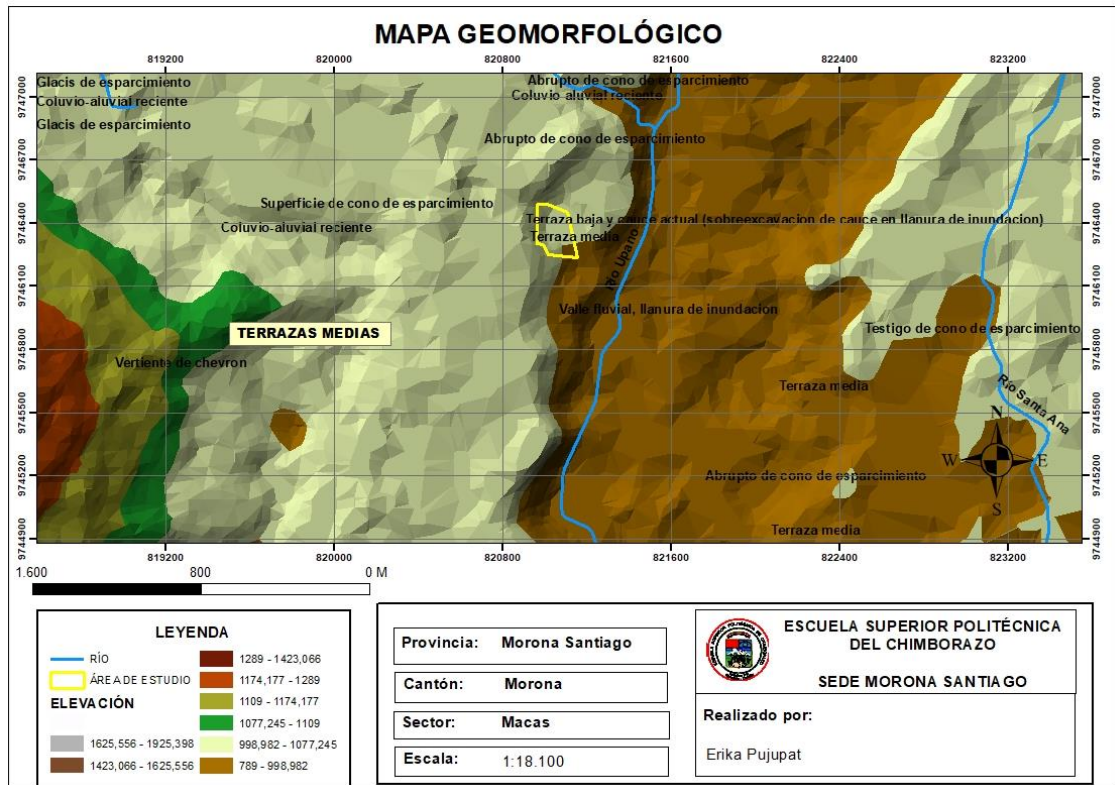


Figura 1-2: Mapa Geomorfológico del área de estudio

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.2. Geología Regional

El área de estudio con respecto a la geología regional, se encuentra ubicada en la zona sub-andina dentro del territorio ecuatoriano, tiene un ancho de 60 a 80 Km y un largo cerca de 800 Km. Esta zona está conformada por tres levantamientos: al norte con levantamiento Napo, al centro con sierra del Cutucú y al sur con sierra de El Cóndor, y también se halla una sub-zona denominada Cuenca de Pastaza (Paladines, 1989, p. 28).

La zona sub-andina por su localización y desarrollo tectónico, se define que es de carácter transicional. Está constituida por complejos plegados y no plegados de rocas de diferentes edades (Paladines, 1989, p. 28).

2.2.1. Formaciones Geológicas

- Formación Mera: (Cuaternario) “Posee terrazas jóvenes cuyos depósitos están compuestos por abanicos de piedemonte del período cuaternario que consisten en areniscas tobáceas y arcillas” (Baldock, 1982; citado en Espín, 2016, p. 10).

- Formación Tena: Esta formación alcanza una potencia de 250 m a 1000 m, se encuentra sobre la formación Napo y es producto de un proceso de regresión marina compuesto de depósitos fluviales y lacustres (Wilkinson, 1982; citado en Escobar y Flores, 2017, p. 10).
- Formación Hollín: “Constituido principalmente por cuarcitas y areniscas, tiene un espesor aproximado de 80 a 240 metros que incluye lutitas fracturadas” (Baldock, 1982; citado en Espín, 2016, p. 10).
- Estructura geológica de predominio en el área de interés es:
- Valle del Río Upano: "La superficie Mera-Upano indica que en el pleistoceno medio y superior se depositaron lahares en el valle del Upano, provenientes del volcán Sangay debido al resultado de dos colapsos sucesivos del edificio del volcán en 260 y 50 ka BP” (Baby et al., 2004, p, 179).

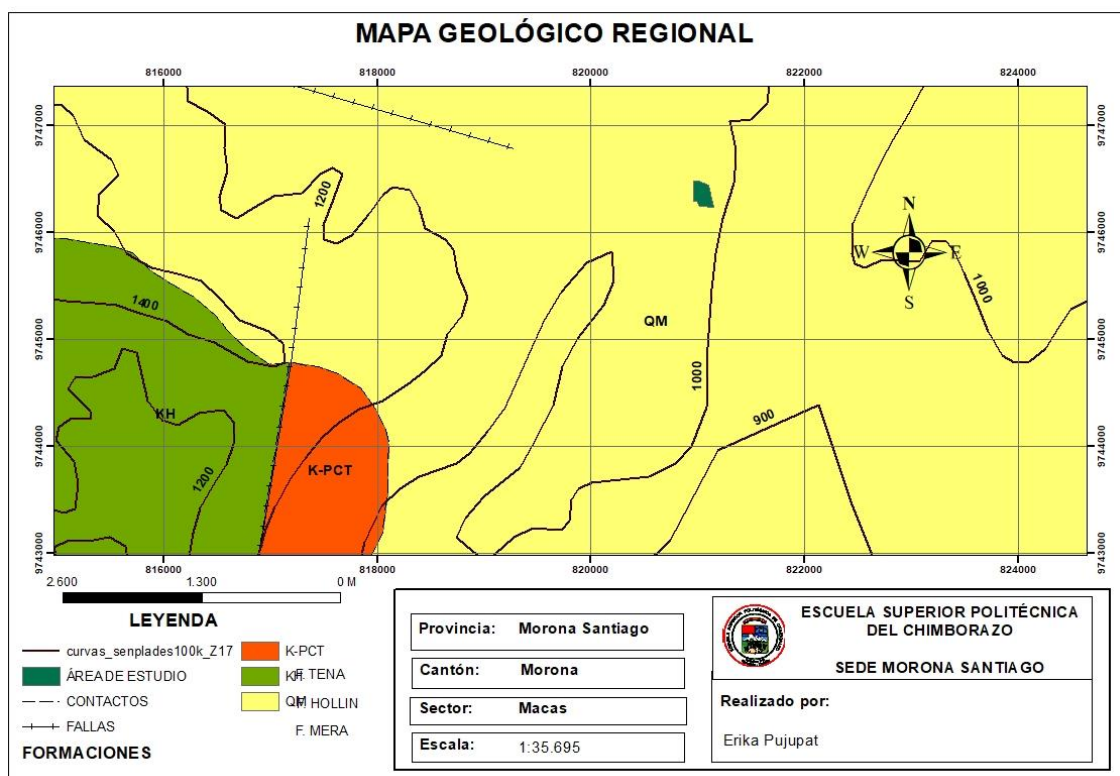


Figura 2-2: Mapa geológico regional del área de estudio

Fuente: Eerguez et al., 2017.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.3. Topografía

Esta técnica consiste en describir y proyectar los relieves de una superficie en un plano, carta o mapa, con el fin de representar gráficamente los rasgos y características de un área de estudio, la cual será como la base para cualquier estudio geológico, geotécnico o civil.

2.3.1. Levantamiento Topográfico

Los levantamientos topográficos son realizados para determinar las características del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre (Casanova, 2002, p. 2-1).

En un levantamiento topográfico se toman datos necesarios para realizar la representación gráfica o para la elaboración de un mapa del área de estudio, además estos mapas constituyen mapas base sobre los que se impregna la información geológica.

2.3.1.1. Instrumentos topográficos

Según Casanova (2002, p. 2-1 – 2-11) los instrumentos topográficos, se clasifican en:

Tabla 2-2: Instrumentos topográficos

Instrumentos simples:	Instrumentos principales:
Cinta métrica	Teodolitos
Escuadras	Teodolitos eléctricos
Clisímetros	Estación total eléctrica
Brújulas	Estación robótica
Miras verticales	Niveles
Planímetro	Distanciómetros eléctricos.

Fuente: Casanova, 2002, p. 2. 1-11.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.4. Geotecnia

Basado en lo que define la Norma Ecuatorianas de la Construcción (2014, p. 6), el estudio geotécnico son actividades como el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería que se requiere para un buen diseño y construcción de las obras con relación al suelo, por lo cual esto garantiza un comportamiento adecuado de las estructuras para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que proteja la vida humana, y también no afecte o cause daños a construcciones que lo rodean.

2.5. Obtención de muestras de suelos

Para la obtención de muestras de suelo se fijó el área potencial de interés, y mediante la técnica mecánica se realizó ensayos de penetración estándar (SPT), que se describe a continuación.

2.5.1. *Ensayos de Penetración Estándar (SPT)*

Es un ensayo en el que se obtiene un valor N de resistencia a la penetración que se correlaciona con parámetros geotécnicos como es la densidad relativa, el ángulo de rozamiento, la carga admisible y los asentos en los suelos granulares, para luego obtener muestras alteradas que se estudian en el laboratorio (González del Vallejo et al., 2002, p. 341).

El procedimiento consiste en llegar cuidadosamente a la cota deseada, para luego en las paredes o en el fondo, retirar la batería de perforación e instalar un tomamuestras que consta de tres elementos; un tubo hipartido, zapata y cabeza de acoplamiento con el varillaje. Se inca sobre el terreno contando el número de golpes hasta llegar a cada tramo de la cota. La masa del golpeo cae libremente desde una altura sobre la cabeza del golpeo. La suma de golpes de los dos tramos es el valor N que se le asigna como resistencia a la penetración estándar (González del Vallejo et al., 2002, p. 341).



Figura 3-2: Tomamuestras, puntazas y elementos del ensayo SPT

Fuente: González del Vallejo et al., 2002, p. 341.

2.6. Descripción y clasificación del suelo

2.6.1. *Origen y formación*

El suelo se origina a partir de una descomposición o disgregación de un macizo rocoso o roca madre, cuando ésta se expone a la atmósfera durante un determinado tiempo, quedando

solamente pequeñas partículas. El proceso de disgregación son los llamados erosión que pueden ser de tres tipos:

- Físicos: son fragmentos pequeños que se desprenden de la roca, la cuales fueron transportados por agentes como el agua, viento o gravedad, para luego seguir con los procesos erosivos en un distinto lugar.
- Químicos: las partículas pequeñas son generadas mediante los procesos de disolución, hidratación, oxidación y cementación, en el cual el agente principal es el agua que produce reacción con los minerales.
- Biológicos: se originan por agentes bacterianos y microorganismos que generan la descomposición de la materia orgánica.

Todos estos procesos de disgregación y transformación dan origen a dos tipos de suelos: suelos residuales y suelos transportados, siendo los residuales los que permanecen in situ; y los transportados son aquellos que han sufrido transporte por diversos agentes que son depositados en distintos sitios, los cuales forman depósitos coluviales, aluviales, etc. (González del Vallejo et al., 2002, p. 18).

2.6.2. Identificación de los suelos

Por la complejidad y la variedad de suelos que se encuentra en el medio ambiente, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa; debido a que consiste en identificar el tipo de suelo en un sistema de clasificación acreditado, en este caso mediante una inspección visual, táctil y olfativa, acompañado de algunos ensayos manuales evaluados en forma cualitativa, ASTM, Designación D 2487-93 (Garnica & Guzmán, 2019, p. 21).

2.6.3. Distribución granulométrica

Para conocer la distribución granulométrica del suelo se procede a realizar un análisis granulométrico, que consiste en fragmentar en diferentes partes el suelo y cada fracción de las partículas determina el tamaño entre valores máximo y mínimo.

Los métodos granulométricos que pueden ser empleados son los siguientes:

- Análisis de ensayos por vía seca (Tamices cribados o calibrados): “para partículas superiores a 0.075 mm”
- Análisis de ensayos por vía húmeda (Hidrómetros): “para tamaños iguales o inferiores a 0.075mm” (González del Vallejo et al., 2002, p. 22).

Los ensayos por vía seca se efectúan colocando las muestras que se pretendan analizar en la columna de tamices dispuestos de manera descendente, es decir, desde el diámetro superior hasta el inferior; luego se agita los tamices para ir separando los materiales de acuerdo a su diámetro correspondiente (Garnica & Guzmán, 2019, p. 21).

Tabla 3-2: Número de tamices y aberturas de mallas ASTM D 422

TAMIZ	ABERTURA(mm)
1/2"	12,5
3/8"	9,5
1/4"	6,3
N°4	4,7
N°8	2,3
N° 10	2,0
N° 20	0,85
N° 30	0,60
N° 40	0,43
N °60	0,25
N° 80	0,18
N° 100	0,15

Fuente: Archivo Lab. CPMS

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.6.4. Clasificación de suelos

Los sistemas de clasificación de suelos más empleados son dos:

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS o USCS).
- Sistema de Clasificación AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Los dos sistemas emplean los análisis de los resultados granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg. Para ello lo recomendado en cuanto a límites de tamaño para los dos sistemas son los siguientes:

Tabla 4-2: Límites de tamaño recomendados para los sistemas SUCS y AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	TAMAÑO DEL GRANO (mm)
Unificado	Grava: 75 mm a 4,5 mm
	Arena: 4,75 mm a 0,75 mm
	Limo Arcilla (finos): < 0,75 mm
AASHTO	Grava: 75 mm a 2,0 mm
	Arena: 2,0 mm a 0,05 mm
	Limo: 0,05 mm a 0,002 mm
	Arcilla: < 0,002 mm

Fuente: Programa de Certificado Vial Competencias Técnicas de Laboratorista en Vialidad Grado 1 (Segarra. M, 2013)

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.6.4.1. Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Este sistema de clasificación es empleado en ingeniería geotécnica, fue expuesto por Arthur Casagrande y revisado en los Estados Unidos en 1952. Es utilizado para especificar la textura y composición de las partículas del suelo, se estandarizó con la norma ASTM D 2487 dentro de las normas Geotécnicas.

Según (M. Das, 2015, p. 82) el SUCS clasifica los suelos en dos categorías:

- a) Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa por medio del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo, el prefijo es:
 - G o S.G: para el suelo de grava o grava
 - S: para la arena o suelo arenoso.
- b) Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo, el prefijo es:
 - M: que es sinónimo de limo inorgánico.
 - C: para la arcilla inorgánica.
 - O: para limos orgánicos y arcillas.
 - Pt: se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado

- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Tabla 5-2: Clasificación granulométrica de los suelos

TIPO	DENOMINACIÓN		TAMAÑO (mm)
Suelos Granulares	Bolos y bloques		>60
	Grava	Gruesa	60 - 20
		Media	20 - 6
		Fina	2 - 6
	Arena	Gruesa	0.6 - 2
		Media	0.2 - 0.6
Fina		0.08 - 0.2	
Suelos Cohesivos	Limo	Gruesa	0.02 - 0.08
		Media	0.006 - 0.02
		Fina	0.002 - 0.006
	Arcilla		< 0.002

Fuente: Manual de Carreteras, s.f.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.6.4.2. Clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Según (M. Das, 2015, p. 78) este sistema fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido propuesta como Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145). El actual sistema de clasificación AASHTO utilizado se muestra en la tabla 2-6.

Tabla 6-2: Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A1			A2			
Grupo de clasificación Análisis de tamiz (% de paso)	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.

Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido Índice de plasticidad	6 máx.		NP	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina		Limo o grava arcillosa		
Clasificación general de la subrasante.	Excelente a bueno						
Clasificación general	Materiales granulares (35% o más del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
Grupo de clasificación Análisis de tamiz (% de paso)	A-4	A-5		A-6		A-7 A-7-5* A-7-6†	
Núm. 10	36 mín.	36 mín.		36 mín.		36 mín.	
Núm. 40							
Núm. 200							
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido Índice de plasticidad	40 máx.	41 mín.		40 máx.	41 mín.		
	10 máx.	10 máx.		11 mín.	11 mín.		
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos			Suelos arcillosos			
Clasificación general de la subrasante.	Regular a malo						
*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$ †Para A-7-6, $PI > LL - 30$							

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica, (Das, 2015)

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.7. Consistencia del suelo

Cuando los minerales de arcilla se encuentran en suelos de grano fino, el suelo puede removerse en presencia de algo de humedad sin que se desmorone, esta acción se debe al agua que fue absorbida por la arcilla. El científico Albert Mauritz Atterberg en 1900 desarrolló un método

para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad (M. Das, 2015, p. 91).

Según M.Das (2015, p. 91) se tiene que:

- Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta como un sólido quebradizo.
- Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido.
- Entonces dependiendo del contenido de humedad la naturaleza del comportamiento del suelo se divide en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la siguiente ilustración.

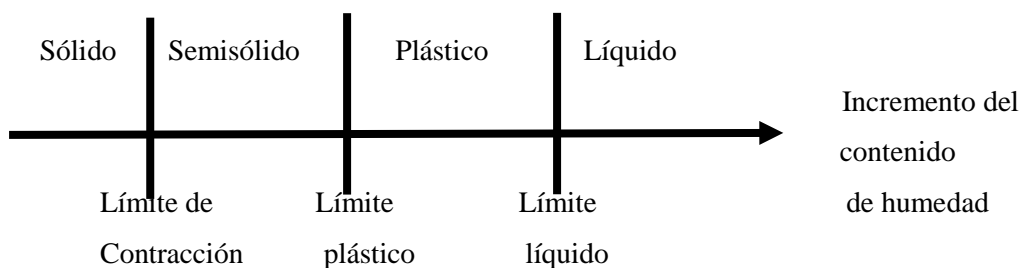


Gráfico 1-2: Límites de Atterberg

Fuente: tomada de (Das, 2015)

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

2.7.1. Límite líquido

Este proceso se efectúa mezclando el agua con el suelo seco para proceder a amasarlo. Se coloca el material húmedo en la Cuchara de Casa Grande, en el cual se va nivelando la superficie a 1cm de espesor eliminando las partículas de aire y en medio de éste se abre un surco con un acanalador, posterior a esto se coloca el molde sobre una base el cual será sometido a un número total de golpes de manera controlada, en este caso 25 golpes para cerrar una abertura de 12 mm.

Para la realización de este procedimiento es contar con dos valores de humedad diferente, anotando el número de golpes y el porcentaje de humedad existente en la muestra. Casagrande definió que los suelos con el límite líquido mayor a 50 son de alta plasticidad mientras que si se encuentra debajo de esto se considera de baja plasticidad (González del Vallejo et al., 2002, p. 21).

2.7.2. Límite plástico

Para realizar el ensayo primero se amasa la muestra del suelo seco con poca agua y se va formando elipsoides, para proceder a arrollar con la palma de la mano sobre una superficie lisa, hasta llegar a un diámetro de unos 3 mm y una longitud de 25-30 mm. Si, en ese momento, los elipsoides se van fragmentando de unos 6 mm, su humedad es la del límite plástico (que se determina secando en estufa varios elipsoides en análogas condiciones). Si no se fragmentan se vuelven a formar elipsoides para que pierdan humedad y lleguen a cuartearse (González del Vallejo et al., 2002, p. 21).

2.8. Sismicidad

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, vigente para el diseño sismo resistente de todo tipo de estructuras que estén sujetas a los efectos de terremotos que podrían presentarse en su vida útil.

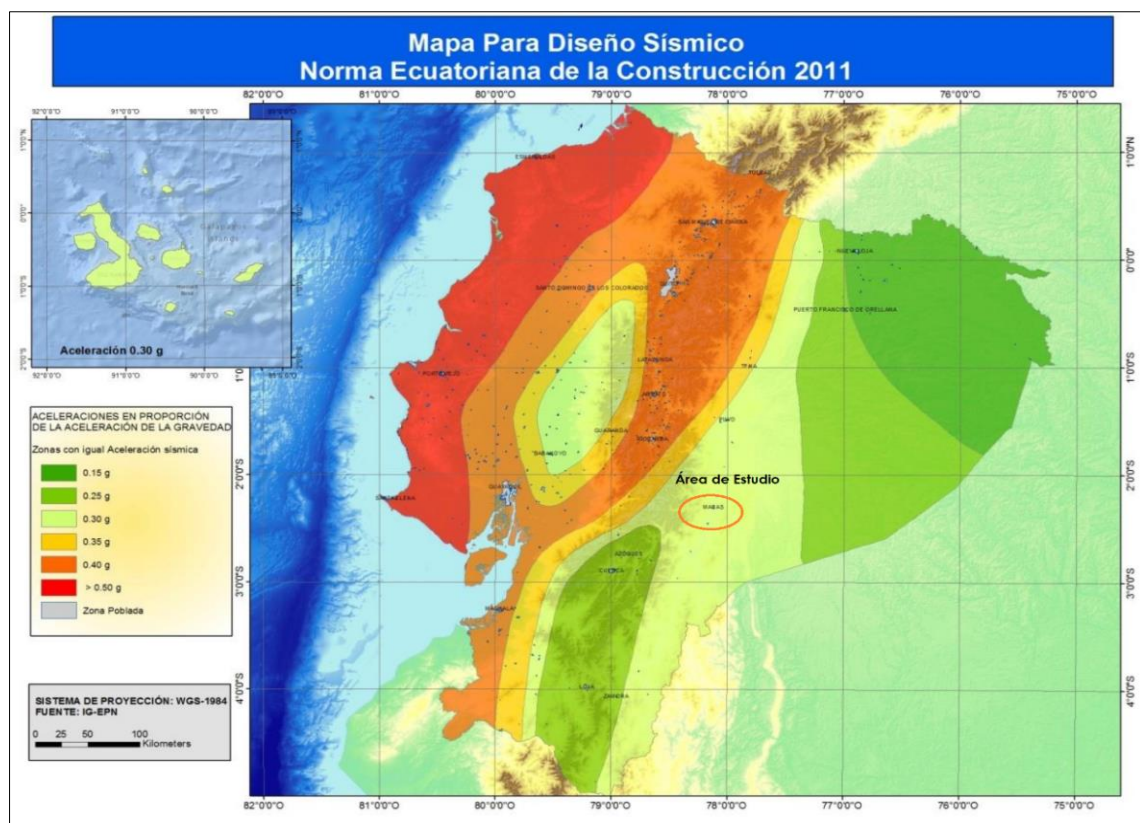


Figura 4-2: Mapa de riesgo sísmico

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014.

El área de estudio se encuentra enclavada en una zona de intensidad sísmica de III grado, valor factor $Z = 0.30$, caracterización de la amenaza sísmica alta, según el mapa de zonificación sísmica para diseño. La percepción del sismo es muy fuerte y el potencial de daño es moderado.

Tabla 7-2: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

Para el desarrollo del trabajo se inició con la recopilación de información bibliográfica física y digital preexistente de la zona, así como planos de construcción del edificio de la ESPEA, los registros de propiedad, el contrato de a comodato o préstamo de uso entre la ESPEA sede Morona Santiago y la ESPOCH sede Morona Santiago, y consulta de tesis afines a la investigación.

Posteriormente se procedió a realizar los siguientes trabajos.

3.1.1. Levantamiento Topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico en la zona de interés, se utilizó la estación total marca Leica SR110. Se tomó tres puntos de referencia en la parte plana, con el fin de visualizar el terreno en toda su extensión, las lecturas que se obtuvieron son: ángulos verticales y horizontales; y distancias. Los datos obtenidos son georreferenciados para generar las curvas nivel del área de estudio, con el objetivo de conocer la realidad del terreno.



Figura 1-3: Levantamiento Topográfico del área de estudio.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

El trabajo realizado se representa en la siguiente carta topográfica.

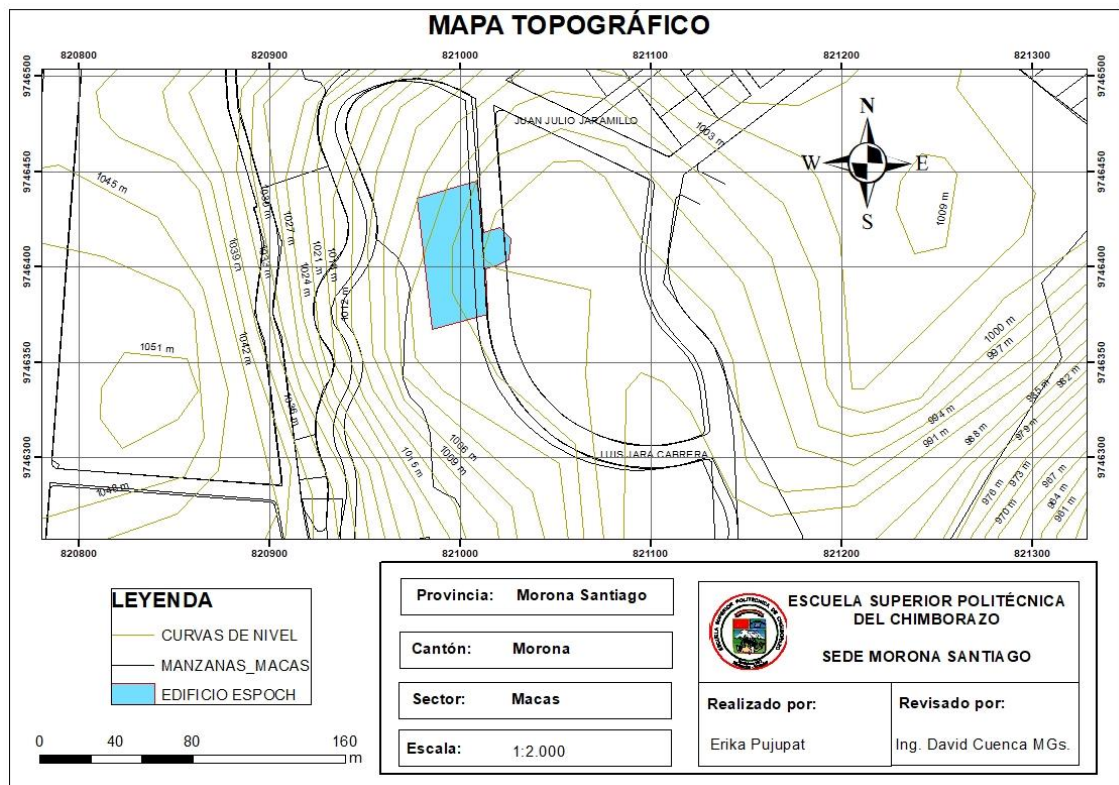



Figura 2-3: Mapa topográfico del área de estudio

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.2. Levantamiento Geológico

Para realizar el levantamiento geológico se procedió a recorrer la zona de estudio, se observó un afloramiento con un talud de aproximadamente 30 m de altura donde se encuentra asentada el edificio central de la Universidad, y en la parte oeste (posterior) de la Universidad también aflora un talud de aproximadamente 25 m, que se encuentra cortado por una variante por donde baja la vía hacia la Universidad. En virtud de ello se descartó realizar trabajos de calicatas, y se seleccionó dos puntos aleatorios más significativos dentro del talud, en el que se observa con claridad las características del suelo. Una vez determinados los puntos, se procedieron a registrar en las siguientes fichas:

Tabla 1-3: Ficha geológica de campo en el punto 01

 FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO			
N°:	01	UBICACIÓN	
FECHA:	2020/08/11	Provincia:	Morona Santiago
COORDENADAS:		Cantón:	Morona
X	Y	Parroquia:	Macas
		Área:	Terreno ESPOCH Ext. Morona Santiago
FOTOGRAFÍA		DESCRIPCIÓN	
		<p>En el talud se puede observar que se tiene conglomerados con una matriz areno limosa con clastos que sobresalen, la potencia es mayor a 40 cm de diámetro. Estos conglomerados están cubiertos por una fina capa de materia orgánica la cual da a la formación y/o crecimiento de musgo y plantas pequeñas.</p> <p>En dicho afloramiento no se observan fracturas, fallas ni pliegues.</p>	

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Tabla 2-3: Ficha geológica de campo en el punto 02

 FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO			
N°:	02	UBICACIÓN	
FECHA:	2020/08/11	Provincia:	Morona Santiago
COORDENADAS:		Cantón:	Morona
X	Y	Parroquia:	Macas
		Área:	Terreno Espoch Ext. Morona Santiago
FOTOGRAFÍA		DESCRIPCIÓN	
		<p>Se observa material cohesionado de color café-marrón, compuesta por una matriz de arena y limo, con clastos angulosos sub-redondeados de roca volcánica (toba), depositados en forma aleatoria dentro del afloramiento. Los tamaños de diámetro de los clastos varían entre 10cm a 15 cm.</p> <p>El material se encuentra cubierto de una fina capa orgánica en el que se presencia el crecimiento de musgos y plantas.</p> <p>En dicho afloramiento no se observan discontinuidades como fracturas ni fallas ni pliegues.</p>	

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.2.1. Geología local

La zona de estudio se encuentra dentro de la formación Mera, que corresponde a una estratigrafía de tipo terrazas, con presencia de una cobertura vegetal, estructuralmente se visualiza al este un escarpe de 80 m de altura aproximadamente, ubicado en la cuenca del Río Upano. Las terrazas son originadas por:

Depósitos coluviales: se encuentra en toda la zona urbana de la ciudad de Macas, conformada por lahares, se tiene taludes de mayor a 50 m de altura, los cuales presentan una matriz que consiste en una mezcla de fragmentos volcánicos-sedimentarios con una orientación al azar, formada por la colisión y fragmentación de los bloques consolidados de la avalancha.

Según el levantamiento insitu, el lahar presenta una textura donde predomina el material arenoso en un 50% aproximadamente, seguido de limo y en menor proporción clastos polimigíticos de varios colores en un 15%, y finalmente se observa materia orgánica perteneciente a residuos de ramas y árboles.

Depósitos aluviales (Cuaternario): pertenecientes a la última unidad formacional que cubre una extensa zona en las partes aledañas al río Upano, caracterizados por bloques redondeados a sub-redondeados no cohesionados de tamaño que varían entre 15 cm y 90cm de diámetro y gravas, en una matriz de arena de grano fino a grueso, y limos. Los materiales rocosos pertenecientes a este depósito son de composición polimigíticas, y debido a las continuas inundaciones se tiene como suelo una acumulación de limo-arcilloso de potencias centimétricas las mismas que están conformadas con ramas de árboles, palos y otros debido al arrastre del río, donde se vienen germinando pastizales y matorrales.

3.1.3. Características Hidrológicas

En la zona se encuentran tres quebradas pequeñas, que bajan por el talud desembocando en el río Copuantza, en el cual se realizaron los respectivos trabajos de drenaje para su correcta circulación. En el punto: X= 820987 y Y= 9746320 tenemos una escorrentía debido al clima lluvioso que caracteriza a la ciudad de Macas, en cual se procedió a calcular el caudal usando el más común y eficaz como es el método del flotador. La fórmula según (González, 2014) es:

$$Q = A * V$$

Dónde:

Q= Caudal del agua

A= Área de la sección

V= Velocidad

Reemplazando los valores, se obtuvo lo siguiente:

$$Q = 254 \text{ cm}^2 * 0,16 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,004064 \text{ m}^3/\text{s}$$

En el segundo punto con coordenadas X= 821109 y en Y= 9746453 se tiene un caudal de

$$Q_2 = 0,010 \text{ m}^3/\text{s} \text{ y en el tercer punto se tiene un caudal de } Q_3 = 0,0048516 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Teniendo en cuenta los tres caudales se tiene, $\sum Q = 0,0189156 \text{ m}^3/\text{s}$.

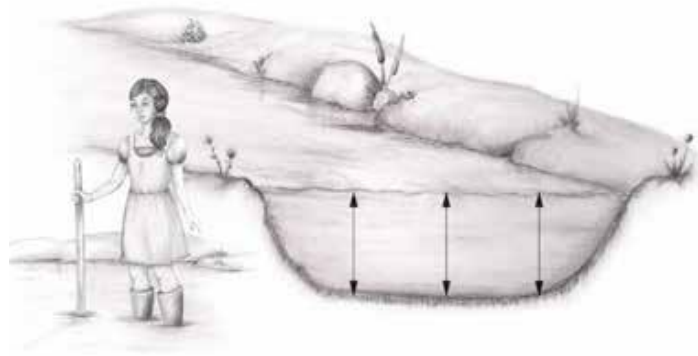


Figura 3-3: Método del flotador para calcular el caudal de agua

Fuente: González, 2014.

En el siguiente mapa se puede observar las quebradas existentes en el área de estudio, de las cuales se obtuvo un caudal de $Q = 0,0189156 \text{ m}^3/\text{s}$.

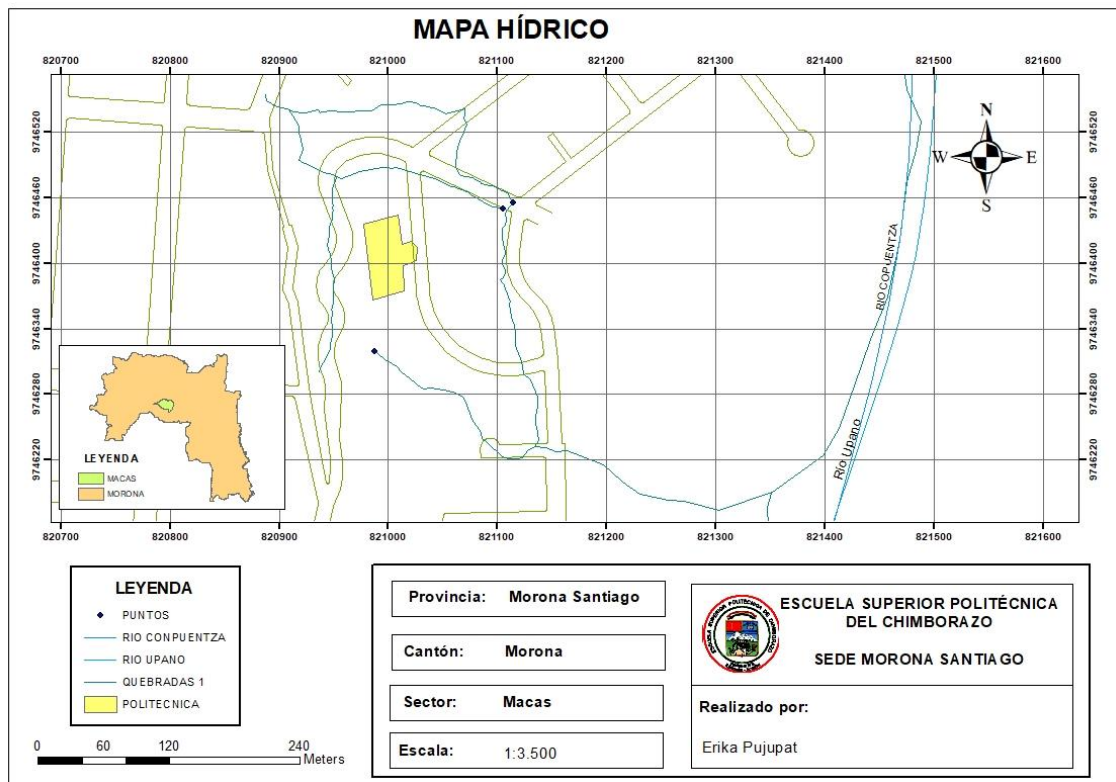


Figura 4-3: Mapa hídrico del área de estudio

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.4. *Ensayo SPT*

Con el propósito de obtener muestras, y conocer las características litológicas y mecánicas del subsuelo, se procedió a realizar los sondeos, con ayuda de la maquinaria y el personal especializado de la empresa GEO-Ingeniería. La ubicación de los puntos fue analizada teniendo en cuenta el diseño y ubicación de las estructuras.

Se realizó tres sondeos a rotación de 75,3 mm. de diámetro (NQ), con un alcance de hasta 7,00 m. de profundidad, además, se ejecutaron ensayos de penetración dinámica (S.P.T.) en cada metro. Las muestras recuperadas se describieron mediante un análisis manual – visual, de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D 2488, permitiéndonos identificar las distintas facies estratigráficas (Ver Anexo A). Las muestras recuperadas fueron etiquetadas, embaladas y transportadas al laboratorio de Suelos, como indica la norma ASTM D 4220.

3.1.5. *Nivel Freático*

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones de cimentación, por lo que durante la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática.

Durante el estudio geotécnico se registró nivel freático a 1,20 m, 2,40 m y 0,60 m de profundidad en los sondeos SEP-1, SEP-2 y SEP-3 respectivamente.

Tabla 3-3: Resumen de trabajos in situ

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)	MUESTRAS EXTRAIDAS (U)
SEP - 1	6,00	1,20	5
SEP - 2	6,00	2,40	6
SEP - 3	7,00	0,60	6

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.6. *Ensayos de Laboratorio*

Los ensayos de laboratorio empleados para identificar los suelos y determinar los parámetros geotécnicos más relevantes, han consistido en la realización de:

Tabla 4-3: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA	NÚMERO DE ENSAYOS
Contenido de Humedad Natural	ASTM D-2216	6
Análisis granulométrico por tamizado (SUCS).	ASTM D-422	6
Determinación de Límites de Atterberg.	ASTM D-4318	6

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo a las Normas Estándar de la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* y las requeridas por la Norma Ecuatoriana de Geotecnia y Diseño de Cimentaciones (NEC-SE-GM). Los registros de los ensayos se adjuntan en el Anexo G.

3.1.6.1. Contenido de humedad natural

Para efectuar este ensayo, se pesa el tarro de secado que se va a emplear para el ensayo (peso tarro).

1. Se toma en un recipiente una parte de la muestra obtenida y se la pesa (peso húmedo)
2. Se coloca en el horno a 110 °C durante 24 horas.
3. La muestra secada se deja enfriar para proceder a pesarla (peso seco).
4. Una vez obtenido los valores: peso tarro, peso húmedo y peso seco, se procede a calcular el % de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco} - \text{peso recipiente}} \quad (\text{Ec. 1})$$

3.1.6.2. Ensayo Granulométrico (SUCS)

El análisis determina la cantidad en porcentaje de los diferentes tamaños de las partículas que constituye un suelo, por tal motivo se realizó la clasificación granulométrica mediante el tamizado.

Se procedió de la siguiente manera:

1. Se toma una muestra representativa de suelo y se lava empleando un tamiz #200

2. El material retenido en dicho tamiz se coloca en el horno a una temperatura de 110°C. durante 24 horas.
3. Pasado el tiempo se lo retira del horno, se reposa hasta que se enfríe y se lo pasa por los tamices con mallas de diferentes tamaños.
4. Se pesa la porción de material retenido en cada uno de los tamices: el % de grava, % de arena y el % de finos.



Figura 5-3: Tamizado de las muestras

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.



Figura 6-3: Lavado de los granos finos

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.6.3. Determinación de Límites de Atterberg

Para realizar estos ensayos se emplea material de suelo y se pasa por el tamiz No. 40.

Límite líquido

1. Se toma una porción de 100g del material, se coloca en una cápsula y con la espátula se hace una mezcla pastosa homogénea y de consistencia suave, agregándole pequeñas cantidades de agua durante la mezcla.
2. Se coloca una porción de la mezcla en la cuchara de Casagrande y se hace un corte en su centro, usando una herramienta de ranurado.
3. La cuchara es accionada por una manivela haciéndola elevar para dejarse caer desde una altura de 10 mm. Se cuenta el número de golpes necesarios para que la parte inferior se cierre a los 12.7 mm, a razón de dos golpes por segundo. En el caso de que no se cumpla con lo establecido, se recoge la muestra de la cuchara y se le agrega un poco más de agua volviéndola a mezclar.
4. Obtenido el número de golpes, se toma una cantidad de la mezcla de suelo del área más cercana a la ranura para determinar el contenido de agua, esta mezcla se deposita en un tarro.
5. Se repite el procedimiento humedeciendo el suelo. Al añadir el agua se debe mezclar bien con el suelo hasta que este quede uniformemente incorporado.
6. Cada tarro se pesa y se los coloca en el horno por 24 horas (Ph).
7. Una vez secas las muestras se vuelve a pesar. (Ps)
8. Con los valores obtenidos se procede a realizar los cálculos respectivos.



Figura 7-3: Amasado del suelo seco más el agua

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Límite Plástico

1. Se realiza haciendo uso de la mezcla sobrante del ensayo de Límite líquido.
2. La mezcla sobrante se evapora eliminando la humedad hasta obtener una muestra plástica para después realizar rodados repetidos de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado, hasta que se forme un hilo de diámetro uniforme de unos 3 mm.
3. Si el hilo ha sufrido una disgregación hasta llegar a un diámetro de 3 mm, deberá juntarse nuevamente la masa, para volver a enrollarla. El hilo debe llegar hasta 3 mm de diámetro sin que se haya disgregación. Los suelos que no puedan ser enrollados se los considera como NP que significa suelos no plásticos.
4. Se recogen todos los fragmentos de suelo disgregado y se los coloca en un recipiente (tapa seca), se los pesa y coloca en el horno por 24 horas. Una vez seca se lo vuelve a pesar.
5. El proceso se repite con otra porción de masa y con los valores obtenidos se realizan los cálculos respectivos.

3.1.7. Caracterización sísmica del sitio

También se ha definido el perfil del suelo de acuerdo al criterio establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción (numeral 10.5, literal a), en función principalmente del número medio de golpes SPT corregido (N_{60}) y la velocidad de la onda de corte V_s .

Para los estratos localizados en los 30 m superiores del perfil deben emplearse la siguiente relación:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:




d_i = número de muestra.

N_i = número de golpes SPT corregido (N_{60}).

Tabla 5-3: Cálculo del N₆₀ (medio)

ESTUDIO GEOTÉCNICO - ESPOCH											
Sondeo SEP-1				Sondeo SEP-2				Sondeo SEP-3			
Prof.	di	N ₆₀	di/Ni	Prof.	di	N ₆₀	di/Ni	Prof.	di	N ₆₀	di/Ni
0.00				0.00				0.00			
0.50				0.50				0.50			
1.00				1.00	1	2	0.500	1.00			
1.50				1.50				1.50			
2.00	1	5	0.200	2.00	1	1	1.000	2.00	1	4	0.250
2.50				2.50				2.50			
3.00	1	8	0.125	3.00	1	1	1.000	3.00	1	5	0.200
3.50				3.50				3.50			
4.00	1	16	0.063	4.00	1	2	0.500	4.00	1	3	0.333
4.50				4.50				4.50			
5.00	1	34	0.029	5.00	1	17	0.059	5.00	1	5	0.200
5.50				5.50				5.50			
6.00	1	34	0.029	6.00	1	14	0.071	6.00	1	5	0.200
6.50				6.50				6.50			
7.00				7.00				7.00	1	25	0.040

∑di	3	∑di/Ni	0.121	∑di	2	∑di/Ni	0.130	∑di	3	∑di/Ni	0.440
		N ₆₀	25			N ₆₀	15			N ₆₀	7

 Nivel 0	 Nivel I	 Nivel II
---	---	---

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

El valor medio del N₆₀ del ensayo de penetración estándar en el Nivel I es inferior a 15 golpes, y del Nivel II está entre 15 y 50 golpes, con excepción en el sondeo SEP-3. De acuerdo con la clasificación la NEC-SE-DS, equivalente a la tabla de AASHTO LRFD, la clasificación del perfil del suelo: del nivel I corresponde a un perfil tipo E y del Nivel II a un perfil tipo D.

Tabla 6-3: Tipo de perfil en función del N60 (medio)

CLASE DE SITIO	TIPO DE SUELO Y PERFIL
A	Roca dura con velocidad de onda de corte medida, $v_s > 5000$ ft/s.
B	Roca con 2500 pies/seg < 5000 pies/seg
C	Roca de suelo muy denso con 1,200 pies/seg $< v_s < 2,500$ pies/s, o con > 50 golpes/pie, o $s_u > 2,0$ Ksf
D	Suelo rígido con 600 pies/s < 1200 pies/s, o con cualquier 15 < N < 50 golpes/pie, o $1,0 < s_u < 2,0$ Ksf
E	Perfil de suelo con $v_s < 600$ pies/s o con N < 15 golpes/pie o $s_u < 1,0$ Ksf, o cualquier perfil con más de 10,00 pies de arcilla blanda definido como suelo con $P_1 > 20$, $w > 40$ % y $s_u < 0,5$ kf
F	Suelos que requieren evaluaciones específicas del sitio, tales como: <ul style="list-style-type: none">– Turbas o arcillas altamente orgánicas (H > 10.0 pies de turba o arcilla altamente orgánica donde H = espesor del suelo)– Arcillas de muy alta plasticidad (H > 25.0 ft con $P_1 > 75$)– <input type="checkbox"/> Arcillas blandas/mediamente rígidas muy gruesas (H > 120 ft).

Fuente: AASHTON, 2004.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Con respecto al factor de amplificación F_{pga} (Considerado como F_a en las NEC), la Norma Ecuatoriana de la Construcción recomienda (en el volumen correspondiente a Peligro sísmico: numeral 9) se recurra al AASTHO LRFD 2017, valores del factor de sitio:

Tabla 7-3: Valores de factor de sitio, FPGa, en el período cero en el espectro de aceleración

SITIO	COEFICIENTE DE ACELERACIÓN DE TIERRA				
	PICO (PGA)´				
	PGA < 0.10	PGA= 0.20	PGA= 0.30	PGA = 0.40	PGA > 50
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	*	*	*	*	*

Fuente: AASHTO, 2017.

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

De esta manera, en función del perfil suelo y el valor PGA (Z), el factor de sitio para los Niveles I-II es Fpga. = 1,20.

3.1.8. Determinación de la tensión admisible

Para el cálculo de la Tensión Admisible se han empleado los valores de golpeo considerados más representativos de los ensayos SPT, y se han introducido en las ecuaciones de Terzaghi y Peck, de Bowles, y de Meyerhof.

Tabla 8-3: Formulación para tensión admisible (Qadm)

FÓRMULACIÓN PARA TENSIÓN ADMISIBLE (Q _{adm})	
BOWLES (B>1.2m)	MEYERHOF (B>1.2m)
$Q_{adm} = 11.98 * N \left(\frac{3.28*B+1}{3.28*b} \right)^2 * F_d * \left(\frac{S_e}{25.4} \right)$	$Q_{adm} = \frac{N*S}{8} * \left(\frac{B+0.3}{B} \right)^2$
<p>Q_{adm}: Tensión admisible (kPa). N: Número de golpes SPT. F_d: 1+0.33 (D_f/B). B: Ancho de cimentación (m). D_f: Empotramiento de la cimentación (m). S_e: Asiento tolerable en mm (25mm).</p>	<p>Q_{adm}: Tensión admisible (Kg/cm²). N: Número de golpes SPT. B: Ancho de cimentación (m). S_e: Asiento admisible (1 pulgada para zapatas).</p>

TERZAGHI Y PECK (B<1.2m)	MEYERHOF (B<1.2m)
$Q_{adm} = \frac{N \cdot S}{8}$	$Q_{adm} = \frac{N \cdot S_t}{0.13}$
<p>Q_{adm}: Tensión admisible (Kg/cm²).</p> <p>N: Número de golpes SPT.</p> <p>S: Asiento admisible (1 pulgada).</p>	<p>Q_{adm}: Tensión admisible (kPa).</p> <p>N: Número de golpes SPT.</p> <p>S_t: Asiento admisible (2.5cm).</p>
	MEYERHOF (Losa)
	$Q_{adm} = \frac{N \cdot S}{18.62}$
	<p>Q_{adm}: Tensión admisible (kPa).</p> <p>N: Número de golpes SPT.</p> <p>S: Asiento admisible (2.5cm para losa).</p>

Fuente: (Gonzales del Vallejo, y otros, 2002)

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

3.1.9. Estimación de asentamientos

Comprobar las cargas transmitidas por la cimentación es de importancia, para que en efecto no se encuentren limitadas por los asientos que se puedan generar en el terreno como consecuencia de la sobrecarga ejercida por las estructuras.

Se diferencia dos tipos: asentamientos totales y los asentamientos diferenciales. Los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa 2,50 cm. (NEC-SE-GC), que es el asentamiento máximo para estructuras convencionales.

Los métodos más comunes emplean varias integraciones de la solución de Boussinesq para determinar el asentamiento de una carga puntual en la superficie de un semi-espacio homogéneo, isotrópico y elástico.

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E} I \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

S_i = Asentamiento inicial.

Q = Esfuerzo promedio transmitido.

B = Ancho de la zapata.

E = Módulo de Young.

I = Factor de influencia.

μ = Coeficiente de Poisson.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Modelamiento Geológico

Con los datos obtenidos de los registros de perforación se puede apreciar la siguiente litología:

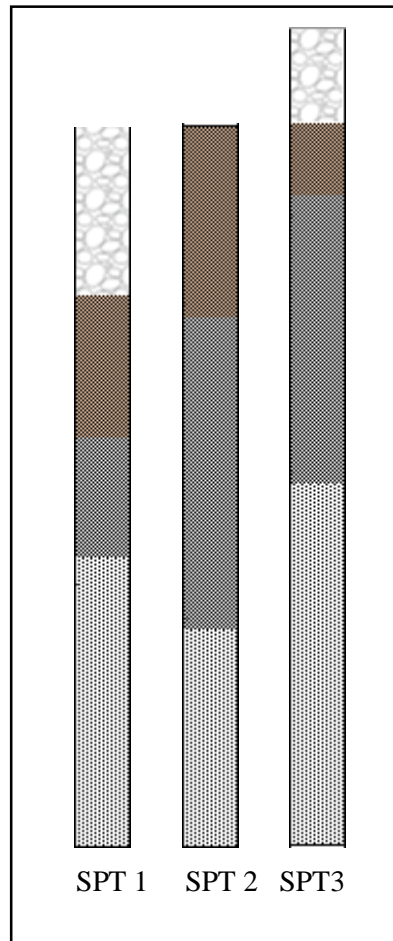


Figura 1-4: Perfil litológico del área de estudio

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

En los dos primeros SPT se observa que están a una profundidad de 6 m mientras que en el SPT 3 a una profundidad de 7 m, formación que se describe de la siguiente manera: en el nivel 0 se tiene el relleno antrópico, con presencia de arena limosa, color gris oscuro a negruzco, con presencia de materia orgánica, contiene gravas (30%) subredondeadas de hasta 10,0 cm de diámetro, saturada. y limo arenoso color café-marrón, contiene gravas en un 5% de hasta 3,0 cm de diámetro de compactación muy suelta y saturada.

En el nivel I, el nivel O subyace a este y se tiene arena limosa, color gris claro a marrón, con intercalaciones de estratos centimétricos de limo plástico grisáceo y presencia de óxidos, contiene gravas en un 20% subredondeadas de hasta 2,0 cm de diámetro, compacidad compacta.

Mientras que en el nivel II se tiene arena limosa, color gris oscuro, con presencia esporádica de materia orgánica, contiene gravas en un 25% subredondeadas de hasta 3,0 cm de diámetro, de compacidad densa y se encuentra saturada.

4.2. Caracterización Geotécnica

El conjunto de datos obtenidos en el campo y realizados en el laboratorio han permitido realizar una caracterización geotécnica de los materiales que componen el subsuelo del área. Como se puede observar en las fichas de registro de perforación se tiene un perfil estratigráfico en la que describe las potencias y la litología del material que se encontró en los tres sondeos, de esta manera se realizó una correlación determinando tres niveles geotécnicos:

- *Nivel 0:* entre 0,0 m a 1,50 - 2,60m de profundidad.
- *Nivel I:* entre 1,50 – 2,60m a 3,50 - 4,30m de profundidad.
- *Nivel II:* entre 3,50 - 4,30m a 7,00m de profundidad.

A continuación, se realiza una descripción geotécnica de los materiales y se cuantifican sus principales parámetros mecánicos, comenzando por el más superficial hasta alcanzar el nivel más profundo.

4.2.1. Nivel 0: Relleno antrópico y Limo arenoso

Este nivel se encuentra en la parte superficial del terreno. Debido a la consistencia blanda y presencia de materia orgánica, este nivel debe quedar superado por la cimentación, lo que quedará solventado con la excavación de material durante la construcción de la cimentación.

4.2.2. Nivel I: Arena limosa

De las seis muestras que se obtuvieron en este material mediante ensayos de S.P.T., dos se enviaron al laboratorio para su respectivo análisis.

Desde un punto de vista granulométrico, este nivel está formado por partículas finas (tamaño inferior a 0,08 mm) en una proporción entre 36% al 53%, y por partículas tamaño arena

(tamaños comprendidos entre 5 y 0,08 mm) con una proporción entre 34% al 42%; y por contenido por partículas tamaño grava (superior a 5 mm) entre el 7% al 22%.

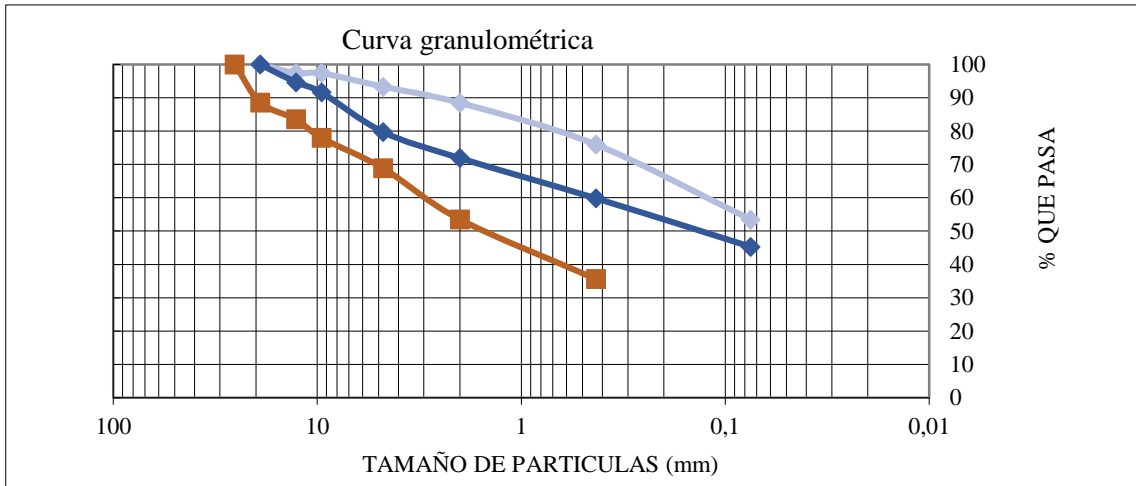


Gráfico 1-4: Curva granulométrica - Nivel 1

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Con la porción fina de estos materiales, se han realizado ensayos para determinar límites de Atterberg. Los valores de plasticidad se han recogido en la Gráfica de Casagrande:

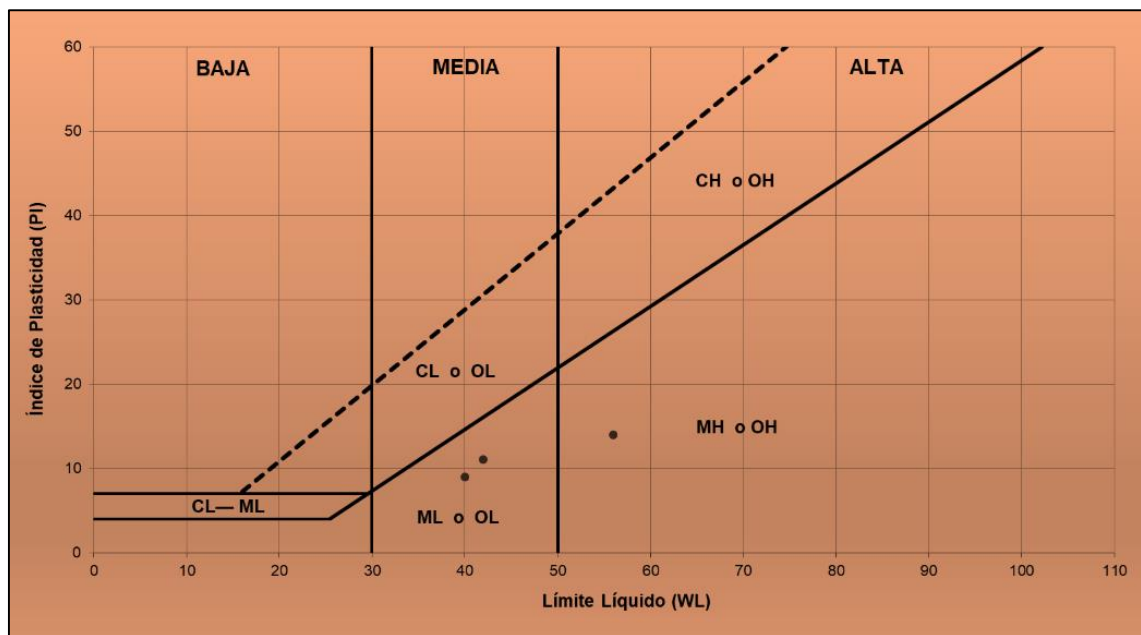


Gráfico 2-4: Ubicación de los materiales en la gráfica de Casagrande – Nivel I

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

El límite líquido se estimó entre 40% y 56%, mientras que el índice de plasticidad se estimó entre 9% y 14%, determinando así el límite de plasticidad entre un 31% a 42%. Estos resultados

indican que esta fracción fina tiene una plasticidad característica de los limos de plasticidad media-alta.

De acuerdo con la granulometría y plasticidad determinadas anteriormente, se clasificó la muestra según el sistema SUCS y la norma ecuatoriana de construcción (NEC), los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: Clasificación de suelos – Nivel I

Muestra	Profundidad	Descripción	SUCS	NEC
SEP1 – SPT2	2,55 - 3,00	Arena limosa	SM	E
SEP2 – SPT4	3,55 - 4,00	Limo de mediana plasticidad	ML	E
SEP3 – SPT2	2,55 - 3,00	Arena limosa	SM	E

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

La humedad natural del material es alta, entre 55% a 65%, mayor al límite plástico, por lo que ha perdido la cohesión.

S

e realizaron seis ensayos S.P.T. en este nivel, con valores entre 1 a 7 golpes/30 cm. Este valor indica una consistencia muy blanda a mediana. A partir de correlaciones entre el número de golpes de SPT corregido $N_{1(60)}$ propuesto por Japan National Railway (JNR), adaptada para cimentaciones superficiales y otros autores como Terzaghi & Peck, Skempton, González, se ha estimado el ángulo de fricción interna del material. El ángulo de fricción interna fue determinado haciendo un promedio entre las ecuaciones de los autores antes mencionados, las ecuaciones son:

Según JNR $\phi' = 27 + 0,30N_{1(60)}$

Según González $\phi' = 12,79 + \sqrt{(25,86N_{1(60)})}$

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2-4: Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel I

Sondeo	Profundidad (m)	N _{SPT}	N ₁₍₆₀₎ Skempton	Ángulo de Fricción
SEP-1	3.00	7	11	30
SEP-2	2.00	1	1	23
	3.00	1	1	23
	4.00	3	3	25
SEP-3	2.00	5	6	27
	3.00	7	8	28
	4.00	4	4	26
	Promedio	4	5	26

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

4.2.3. Nivel II: Arena limosa

De las ocho muestras que se obtuvieron en este material mediante ensayos de S.P.T., tres se enviaron al laboratorio para su respectivo análisis.

Desde un punto de vista granulométrico, este nivel está formado por partículas finas (tamaño inferior a 0,08 mm) en una proporción entre 21% al 28%, y por partículas tamaño arena (tamaños comprendidos entre 5 y 0,08 mm) con una proporción entre 50% al 61%; y por contenido por partículas tamaño grava (superior a 5 mm) entre el 18% al 22%.

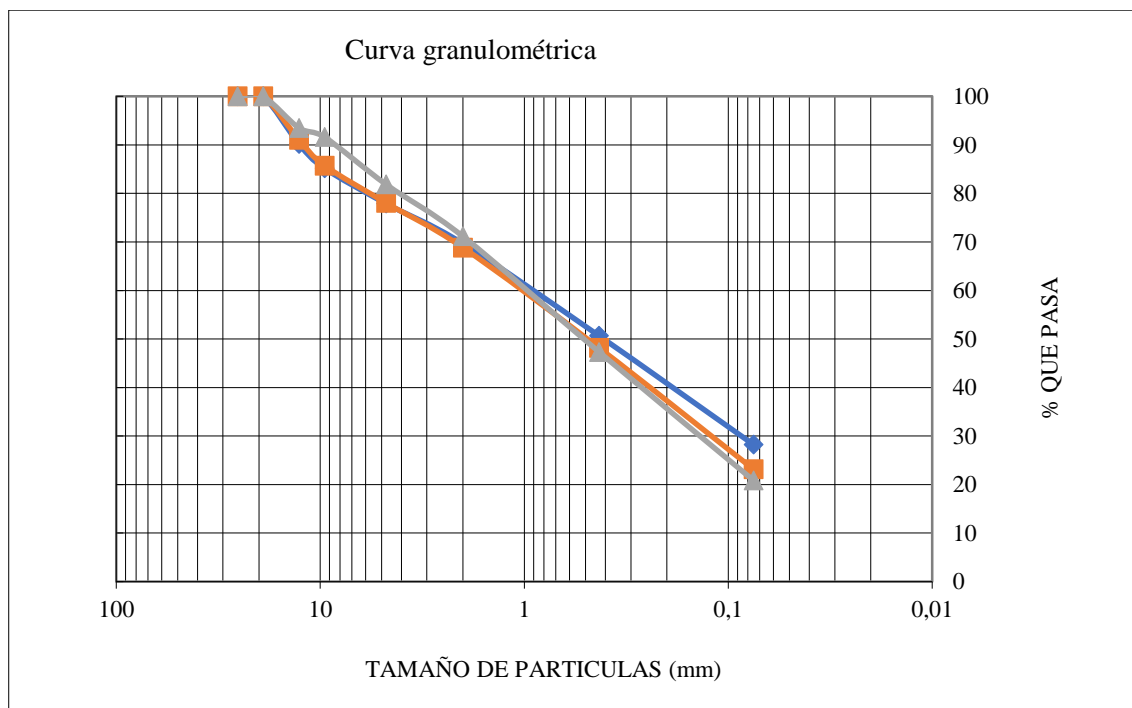


Gráfico 3-4: Curva Granulométrica - Nivel II

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Con la fracción fina de estos materiales, se intentó realizar ensayos para determinar límites de Atterberg, sin embargo, el material no presenta plasticidad.

De acuerdo a la granulometría y plasticidad determinadas anteriormente, se clasificaron las muestras según el sistema SUCS y la norma ecuatoriana de construcción (NEC), los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Clasificación de suelos - Nivel II

Muestra	Profundidad (m)	Descripción	SUCS	NEC
SEP1 – SPT4	4,55 - 5,00	Arena limosa	SM	D
SEP2 – SPT6	5,55 - 6,00	Arena limosa	SM	D
SEP3 – SPT6	6,55 - 7,00	Arena limosa	SM	D

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

La humedad natural del material se encuentra entre 19% y 35%, y está bajo el nivel freático. Se realizaron ocho ensayos S.P.T. en esta unidad, con valores comprendidos entre 6 y 45 golpes/30 cm. Estos valores indican una compactidad suelta a densa. A partir de correlaciones entre el número de golpes de SPT corregido $N_{1(60)}$ propuesto por Japan National Railway, adaptada para cimentaciones superficiales y otros autores como Terzaghi & Peck, Skempton, González, se ha

estimado el ángulo de fricción interna del material. El ángulo de fricción interna fue determinado haciendo un promedio entre las ecuaciones de los autores antes mencionados, las ecuaciones son:

Según JNR $\phi' = 27 + 0,30N_{1(60)}$

Según Gonzales $\phi' = 12,79 + \sqrt{(25,86N_{1(60)})}$

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4-4: Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel II

Sondeo	Profundidad (m)	N _{SPT}	N ₁₍₆₀₎	Ángulo de Fricción
SEP-1	4.00	21	22	35
	5.00	45	45	44
	6.00	45	43	43
SEP-2	5.00	20	22	35
	6.00	17	18	33
SEP-3	5.00	6	7	27
	6.00	6	6	27
	7.00	26	29	38
	Promedio	29	30	38

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

4.3. Perfil estratigráfico

Realizado los ensayos SPT respectivos se obtiene, un perfil estratigráfico donde se representa las unidades geotécnicas, los espesores, el nivel freático y el número de golpes del SPT.

Como se observa en la siguiente figura 4-2. El corte A-A se correlaciona las potencias de los estratos entre el sondeo 1 y el sondeo 2, posterior se determinan las unidades geotécnicas.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO A-A'

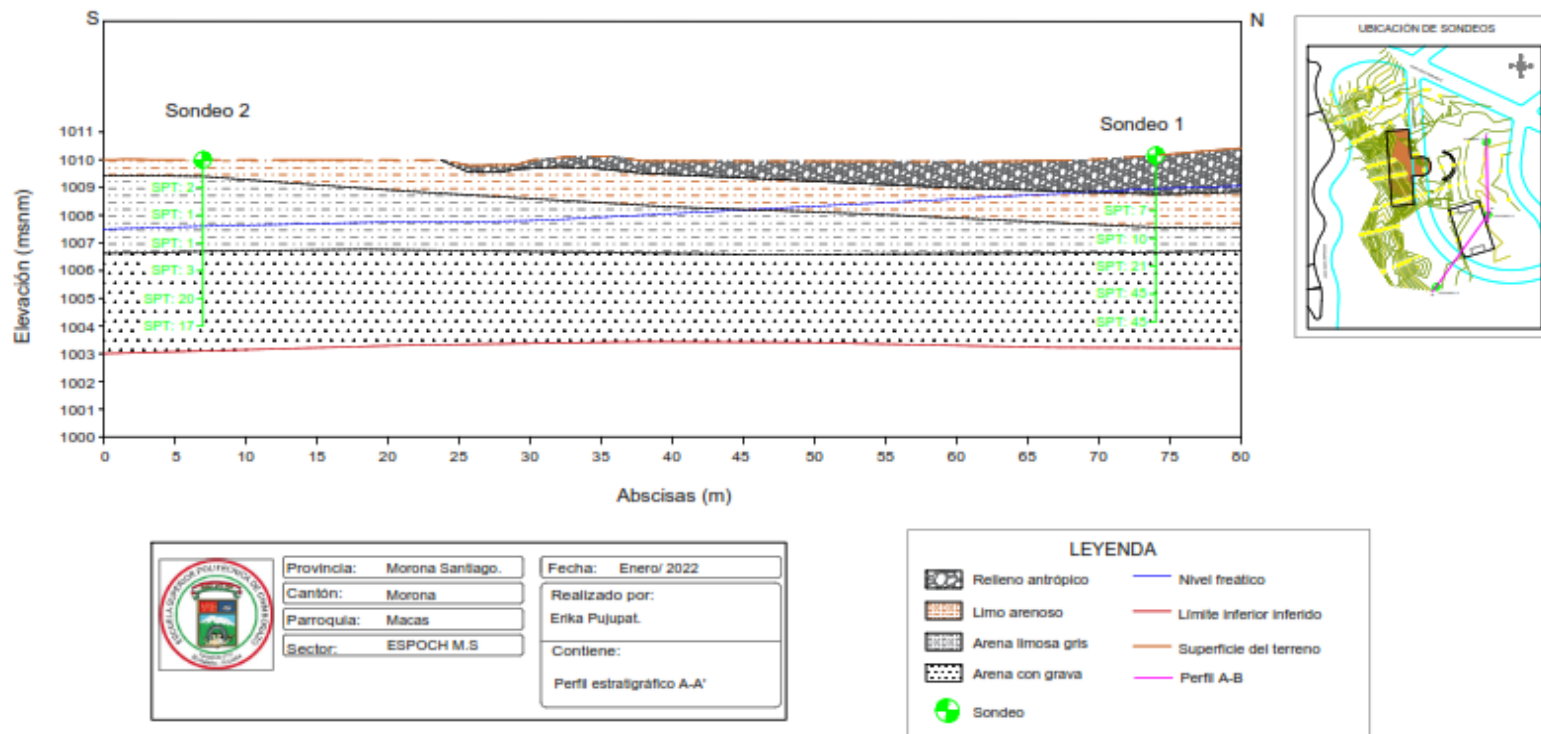


Figura 2-4: Perfil Estratigráfico A-A'

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

En la figura 4-3. el corte B-B' se correlaciona las potencias de los estratos entre el sondeo 3 y el sondeo 2, posterior se determinan las unidades geotécnicas.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO B-B'

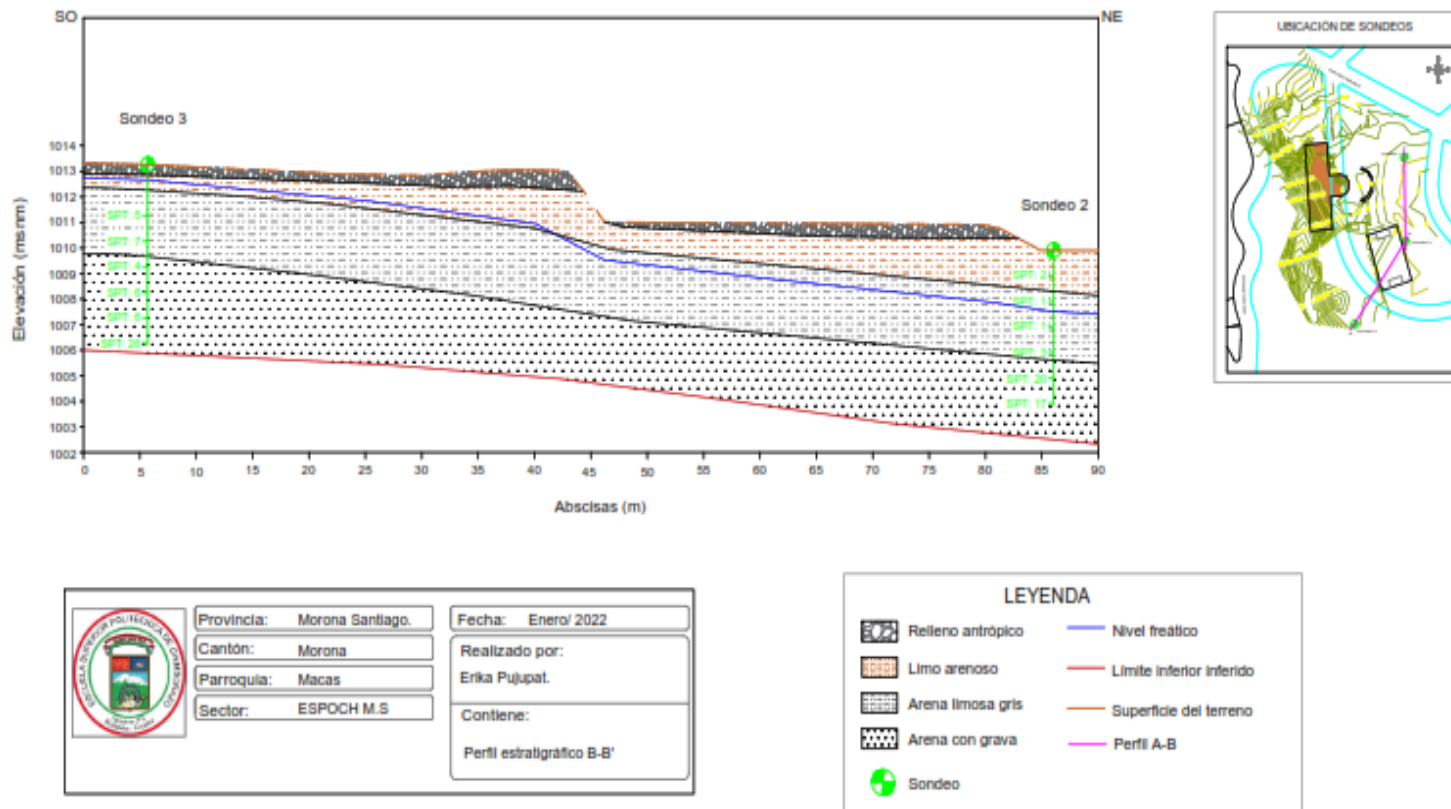


Figura 3-4: Perfil Estratigráfico B-B'

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

4.4. Propiedades geotécnicas

En la siguiente tabla se recogen los valores representativos de los principales parámetros geotécnicos de las diferentes unidades geotécnicas.

Tabla 5-4: Resumen de las propiedades geotécnicas

Material / Parámetro	Nivel I	Nivel II
Número de muestras	7	8
Contenido de finos (%)	36 - 53	21 - 28
Límite líquido	40 - 56	No plástico
Límite plástico	31 - 42	No plástico
Humedad (%)	55 - 65	19 - 35
Nº SPT	1 - 7	6 - 45
N ₁₍₆₀₎	5	30
Ángulo de rozamiento (°)	26	38
PGA (Z)	1.2	1.2

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

4.5. Análisis de la cimentación

Los resultados obtenidos en la determinación de la tensión admisible para el Nivel I, calculada en base al número de golpes de SPT corregido igual a cinco (5) y una profundidad de desplante (D_f) igual a 3,00 m, se obtiene:

Tabla 6-4: Tensión admisible - Nivel I

CIMENTACIÓN	TERZAGHI (Kg/cm ²)	MEYERHOF (Kg/cm ²)	BOWLES (Kg/cm ²)	MEDIA (Kg/cm ²)	Qadm (Tn/m ²)
Zapata de 0,8 m de lado	0,63	0,98	-	0,80	7,90
Zapata de 1,0 m de lado	0,63	0,98	-	0,80	7,90
Zapata de 1,2 m de lado	0,63	0,98	-	0,80	7,90
Zapata de 1,5 m de lado	-	0,90	1,44	1,17	11,54
Zapata de 2,0 m de lado	-	0,83	1,19	1,01	9,94
Zapata de 2,5 m de lado	-	0,78	1,06	0,92	9,06
Losa	-	0,67	-	0,67	6,61

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

La tensión admisible tiene valores que varían ente 6,61 a 11,54 Tn/m², dependiendo del tipo de cimentación.

A continuación, se representan los resultados obtenidos para el Nivel II, calculada en base al número de golpes de SPT corregido igual a treinta (30) y una profundidad de desplante (D_f) igual a 4,50 m:

Tabla 7-4: Tensión admisible - Nivel II

CIMENTACIÓN	TERZAGHI (Kg/cm ²)	MEYERHOF (Kg/cm ²)	BOWLES (Kg/cm ²)	MEDIA (Kg/cm ²)	Qadm (Tn/m ²)
Zapata de 0,8 m de lado	3,75	5,88	-	4,82	47,40
Zapata de 1,0 m de lado	3,75	5,88	-	4,82	47,40
Zapata de 1,2 m de lado	3,75	5,88	-	4,82	47,40
Zapata de 1,5 m de lado	-	5,40	10,39	7,90	77,72
Zapata de 2,0 m de lado	-	4,96	8,35	6,65	65,48
Zapata de 2,5 m de lado	-	4,70	7,24	5,97	58,77
Losa	-	4,03	-	4,03	39,64

Realizado por: Pujapat E, 2022.

La tensión admisible tiene valores que varían ente 39,64 a 77,72 Tn/m², dependiendo del tipo de cimentación.

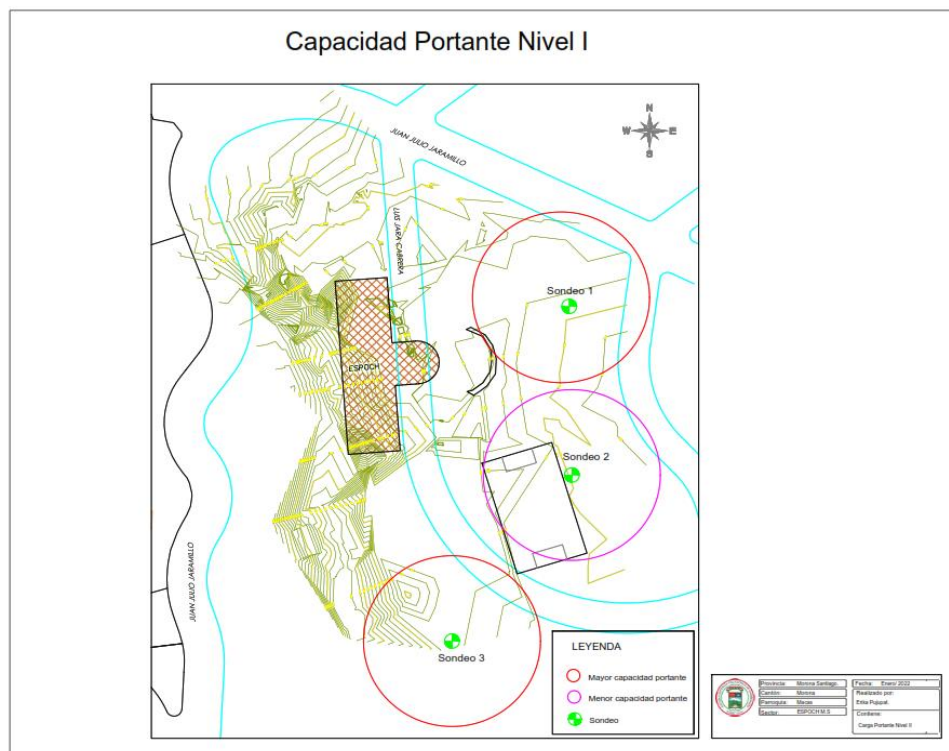


Figura 4-4: Mapa Tensión admisible en el nivel I

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

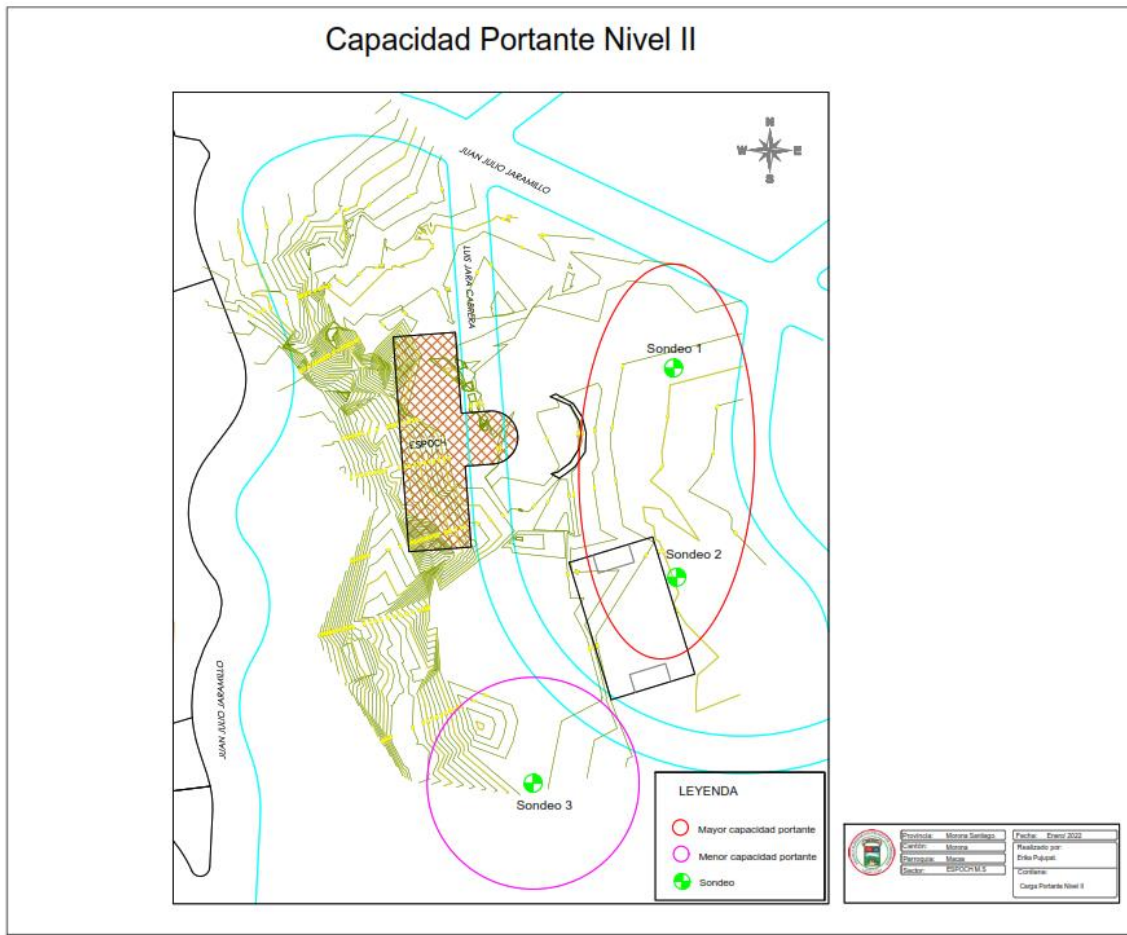


Figura 5-4: Mapa Tensión Admisible del nivel II

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

En el presente mapa de la figura 4-4, refleja los resultados de la carga portante, el más alto se localiza en el punto 1 y 3 de los sondeos, mientras que el más bajo se encuentra en el punto 2 de los sondeos. En la figura 4-5 la carga puntual más alta en el nivel II se encuentra entre el punto 1 y 2 de los sondeos, mientras que la carga portante más baja está en el punto 3 de los sondeos.

La estimación de asentamientos se determinó en base a las propiedades elásticas del suelo de cimentación que fueron asumidas a partir de tablas por Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá implantada la edificación (Tabla 8-4).

Tabla 8-4: Cálculo de asiento para cada nivel

CÁLCULO DE ASIENTOS	Nivel I	Nivel II
Carga última(Qh) (Kg/cm ²)	3.0	3.0
Coefficiente de Poisson (v)	0.32	0.32
Módulo de Elasticidad € (kg/cm ²)	70	270
Asiento admisible (Smax) (cm)	2.5	2.5
Ancho cimentación (B) (cm)	150.0	150.0
Factor de forma (k)	0.8	0.8
Asiento total (cm)	4.62	1.20

Realizado por: Pujapat, Erika, 2022.

Se observa que con la carga última de 3,0 kg/cm² transmitida al terreno produce un asentamiento estimado de 4,62 cm en el Nivel I, y de 1,2 cm en el nivel II; estando dentro del valor permitido solo el Nivel II.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio geotécnico desarrollado, me permito remitir los puntos más relevantes a continuación:

- Con el levantamiento geológico realizado, se determinó que el área de estudio se halla dentro de un depósito coluvial de la formación Mera perteneciente a la edad cuaternaria, con una matriz consistente de limo arenosa en una mezcla de fragmentos volcánicos-sedimentarios con una orientación al azar, formada por la colisión y fragmentación de bloques consolidados de la avalancha.
- Realizado los trabajos de perforación se correlacionó los perfiles y se determinó tres niveles geotécnicos: en el nivel 0 se encuentra el relleno antrópico y material de arena limosa, en el nivel I se encuentra las arenas limosas de color gris claro a marrón, con gravas de 2 cm de diámetro, mientras que en el nivel II se encontró arenas limosas de color gris oscuro a negruzco con presencia esporádica de material orgánico. De estos niveles geotécnicos se tomó los dos más representativos.
- Los resultados obtenidos de laboratorio en los dos niveles más representativos tenemos: Nivel I con un número de muestras de 7 con contenido de material fino entre 36% a 53 %, la humedad natural corresponde entre 55% a 65%, y de los límites de atterberg en el límite líquido oscilan entre 40% a 56%, mientras que en el límite plástico fluctúan entre 31% a 42%.; con un ángulo de rozamiento de 26°. En cuanto al nivel II se determinó un número de muestras de 8, el contenido de material fino entre 21% a 28%, el contenido de humedad natural de entre 19% a 35%, mientras que en los límites de atterberg el límite líquido y límite plástico no se tiene plasticidad, de acuerdo con la norma ASTM; con un ángulo de fricción de 38°.
- La tensión admisible más alto en el nivel II se encuentra entre el punto 1 y 2 de los sondeos, mientras que la tensión admisible más bajo está en el punto 3 de los sondeos. La tensión admisible en el nivel I se localiza en el punto 1 y 3 de los sondeos, mientras que el más bajo se encuentra en el punto 2 de los sondeos.
- Analizando los resultados de la cimentación, se determinó que el Nivel geotécnico II se encuentra dentro de los estándares de los valores admisibles propuestos por la NEC-SC-GC, con una carga de trabajo de 3,00 kg/cm², un coeficiente de poisson de 0.32, un módulo de

elasticidad de 270 Kg/cm^2 , un asiento admisible de 2.5 cm, un ancho de cimentación de 150 cm, y un factor de forma de 0.8 k, obteniendo de esta forma un asiento total de 1.20.

–Realizado el estudio se verifica la hipótesis planteada al inicio del proyecto, confirmando la factibilidad geotécnica de construcción de los edificios para aulas y laboratorios, y el espacio cubierto, con los parámetros establecidos en el estudio y tomando en cuenta las recomendaciones.

RECOMENDACIONES

- El trabajo realizado en la zona de estudio ha sido deducido a partir de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto del área de estudio en las condiciones actuales del subsuelo, pero eso no es impedimento para que se puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas realizadas con anterioridad al comienzo de la obra. Una vez expuesto esto, se recomienda al ingeniero civil definir un diseño de cimentación conforme a los resultados obtenidos en el estudio, con el respectivo análisis económico que garantice la viabilidad y factibilidad de la construcción.
- De acuerdo con el análisis realizado del estudio, se recomienda que la cimentación de la edificación se lo realice en el Nivel II, es decir, a partir de 4,50m de profundidad. O a su vez, mejorar el terreno correspondiente al Nivel I, en caso que se desee cimentar en este nivel.
- En cuanto al área de estudio se recomienda a las autoridades de la ESPOCH sede Morona Santiago, dar mantenimiento de toda el área debido que se dificultó el ingreso en algunos sectores del campus, y por ende existe en una parte del terreno invasión por personas aledañas.

BIBLIOGRAFÍA

BABY, Patrice., RIVADENEIRA, Marco & BARRAGÁN, Roberto. *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo.* 3° ed. Quito – Ecuador, 2014. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280027594_La_Cuenca_Oriente_Geologia_y_Petroleo_Nueva_edicion

CASANOVA MATERA, Leonardo. *Topografía Plana.* Mérida: Taller de Publicaciones de Ingeniería ULA, 2002.

EGÜEZ, Arturo., GAONA, Miguel & ALBÁN, Andrea. *Mapa Geológico de la República del Ecuador 2017.* Instituto de Investigación Geológico y Energético. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321099030_MAPA_GEOLOGICO_DE_LA_REPUBLICA_DEL_ECUADOR_2017/link/5a1b2e5ea6fdcc50adec809f/download

ESCOBAR CHANALATA, Steve Hamilton & FLORES CARVAJAL, Mariuxi Dayanara. Estudio de estabilidad de taludes del paso lateral de la ciudad de Macas [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Geología y Minas. Macas – Ecuador, 2017, p. 10. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7671/1/53T0029.pdf>

ESPÍN CAMPOS, Jorge Ronny. “Análisis de estabilidad del talud de la vía Macas – Puyo, mediante el método de equilibrio límite en el tramo comprendido entre las abscisas 0+550 hasta 1+450” (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Geología y Minas. Macas – Ecuador, 2016, p. 10. [Consulta: 24 noviembre 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/54700018-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-extencion-morona-santiago.html>

GARNICA CHUQUI, Jerson Eduardo & GUAMÁN SEGARRA, Iván Marcelo. Levantamiento geológico del parque arqueológico Catazho y estudio geotécnico del sitio para la implementación del centro de interpretación [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Macas – Ecuador. 2019, p. 21. [Consulta: 02 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10761/1/53T0041.pdf>

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA. Clima y Temperatura [en línea]. 2012. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1460000290001_DOCUMENTO%20FINAL%20PCDOT_M%202015-2019_15-03-2015_21-36-57.pdf

GONZÁLEZ VALENCIA, Alejandro. *Manual Piragüero 3 – Medición del Caudal* [en línea]. Medellín – Colombia, 2014. [Consulta: 25 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf

GUILLIER, B., CHATELAIN, J., JAILLARD, E., YEPES, H., POUPINET, G & FELS, J. Seismological evidence on the geometry of the orogenic system in central-northern. “Geophysical Research Letters” [en línea], 2001, 28(19), pp. 3549-3552. [Consulta: 05 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235983473_Seismological_evidence_on_the_geometry_of_the_orogenic_system_in_Central-Northern_Ecuador_South_America

LITHERLAND, M. *The metamorphic belts of Quito*. Quito – Ecuador, 1994.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis., FERRER, Mercedes., ORTUÑO, Luis & OTEO, Carlos. *Ingeniería Geológica*. Madrid – España: PEARSON EDUCACIÓN, 2002. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro%202.pdf

M. DAS. Braja. *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. 4° ed. México: Editores OVA, 2015, pp. 78-91. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. *Geotecnia y Cimentaciones*. Quito – Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2014. [Consulta: 24 noviembre 2021]. Disponible en: <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec6.pdf>

PASATO JARRO, Joao Andrés., CUESTA ANDRADE, Gregory Guillermo., TOAPANTA SANTACRUZ, Santiago Nathanael & GRANJA CARRERA, Jenny Priscila. “Análisis geológico, estructural y estratigráfico de la ciudad de Macas para la planificación de las zonas de expansión urbana”. *Ciencia Digital* [en línea], 2019, (Ecuador) 3(2), pp. 285-294. [Consulta: 25 octubre 2021]. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/701/1697>

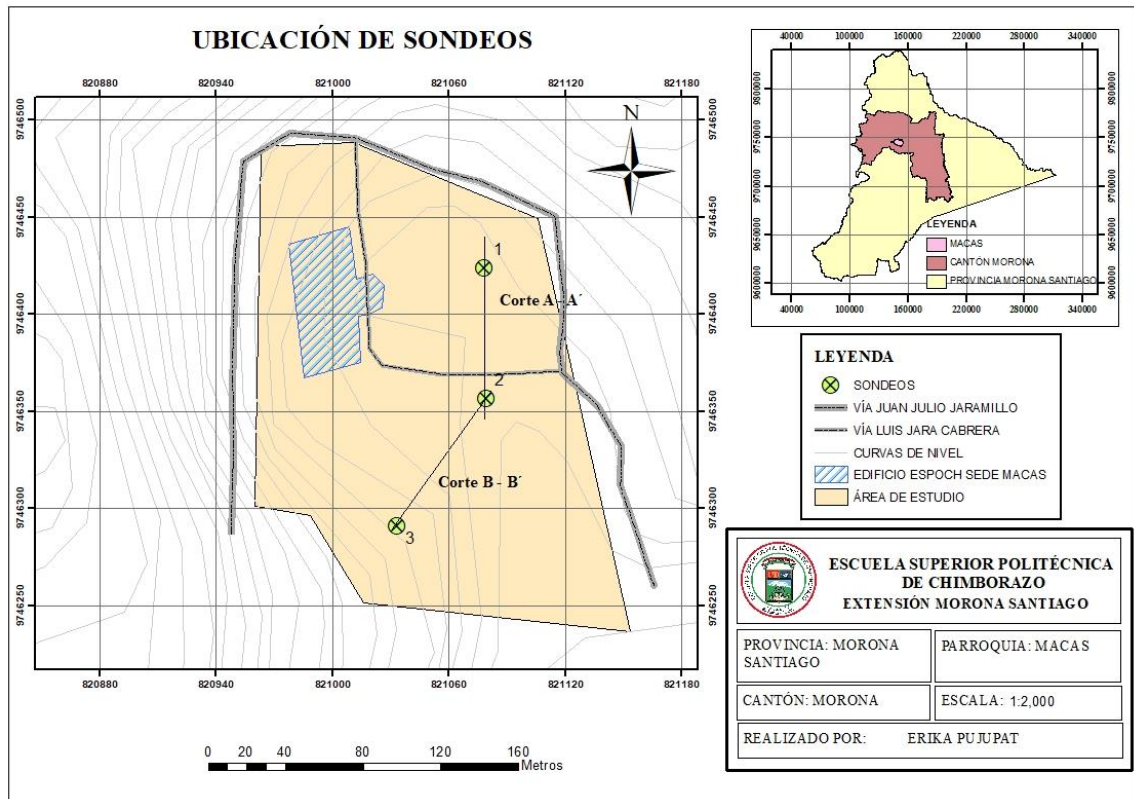
PALADINES, Agustín. *Zonificación geotectónica y metalogenia del Ecuador*. Quito - Ecuador: Mañana Editores., 1989.


Ing. César Castillo



ANEXOS

ANEXO A: UBICACIÓN EN PLANTA DE LOS SONDEOS



ANEXO B: PUNTOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE LAS TRES QUEBRADAS



Toma de datos de la Quebrada 1



Toma de datos de la Quebrada 2



Toma de datos de la Quebrada 3.

ANEXO C: ENSAMBLAJE DE LA PERFORADORA PARA EL SPT



Plataforma del sondeo SEP-1



Plataforma del sondeo SEP-2



Plataforma del sondeo SEP-3

ANEXO D: RECUPERACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO



SEP1 - SPT-4



SEP1 - SPT-5



SEP2 - SPT-4



SEP2 - SPT-5



SEP2 - SPT-6



SEP3 - SPT-1



SEP3 - SPT-3



SEP3 - SPT-4



SEP3 - SPT-6

ANEXO E: ENFUNDADO Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS



ANEXO F: REGISTRO DE PERFORACIÓN

REGISTRO DE PERFORACIÓN

Proyecto: Estudio Geotécnico para cimentación.
Ubicación: ESPOCH Extensión Morona Santiago.

Sondeo: SEP-1
Nivel de agua: 1,20 m.

Encargado: Ramón J.

Prof (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N1(72)	GRÁFICO	HUMEDAD	SUCS		
0.20		0,00-1,40m Relleno antrópico: Arena limosa, color gris oscuro a negruzco, con presencia de materia orgánica. Contiene gravas (30%) subredondeadas de hasta 10,0 cm de diámetro. Saturada.								
0.40										
0.60										
0.80										
1.00										
1.20										
1.40		1,40 m.								
1.60	1	1,40-2,60m Limo arenoso, color café-marrón. Contiene gravas (5%). De hasta 3,0cm de diámetro. Compacidad muy suelta y saturada.		6 - 4 - 3	8					
1.80										
2.00										
2.20										
2.40		2,60 m.								
2.60	2	2,60-3,50m Arena limosa, color gris claro a marrón, con intercalaciones de estratos centimétricos de limo plástico grisáceo y presencia de óxidos. Contiene gravas (20%).		5 - 3 - 7	11		63	SM		
2.80										
3.00										
3.20										
3.40		3,50 m.								
3.60	3	3,50-6,00m Arena limosa, color gris oscuro, con presencia esporádica de materia orgánica (restos de madera). Contiene gravas (25%) subredondeadas de hasta 3,0 cm de diámetro. Compacidad densa y se encuentra saturada.		8 - 11 - 20	22					
3.80										
4.00										
4.20										
4.40		6,00 m.								
4.60	4			11 - 14 - 31	45		19	SM		
4.80										
5.00										
5.20										
5.40		6,00 m.								
5.60	5			18 - 20 - 25	43					
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										

5	Ensayo de SPT
0	Tubo Shelby
0	Muestra recuperada mediante perforación a rotación.



REGISTRO DE PERFORACIÓN

Proyecto: Estudio Geotécnico para cimentación.
Ubicación: ESPOCH Extensión Morona Santiago.

Sondeo: SEP-2
Nivel de agua: 2,40 m.

Encargado: Ramón J.

Prof (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	NI(72)	GRÁFICO	HUMEDAD	SUCS
0.20		0,00-1,60m Limo arenoso, color café-marrón. Contiene gravas (5%). De hasta 3,0cm de diámetro. Compacidad muy suelta y saturada.	[Perfil: Línea vertical sólida]	3 - 1 - 1	2	[Gráfico: Línea roja (NI(72)) y azul (N SPT) en un gráfico de profundidad vs. resistencia]		
0.40								
0.60								
0.80	1							
1.00								
1.20								
1.40								
1.60		1,60 m.						
1.80	2	1,60-4,30m Arena limosa, color gris claro a marrón, con intercalaciones de estratos centimétricos de limo plástico grisáceo y presencia de óxidos. Contiene gravas (10%) subredondeadas de hasta 2,0 cm de diámetro. Compacidad compacta.	[Perfil: Línea vertical punteada]	1 - 0 - 1	1	[Gráfico: Línea roja (NI(72)) y azul (N SPT) en un gráfico de profundidad vs. resistencia]		
2.00								
2.20								
2.40								
2.60								
2.80	3							
3.00								
3.20								
3.40								
3.60								
3.80	4			1 - 2 - 1	3		55	ML
4.00								
4.20		4,30 m.						
4.40		4,30-6,00m Arena limosa, color gris oscuro, con presencia esporádica de materia orgánica (restos de madera). Contiene gravas (25%) subredondeadas de hasta 3,0 cm de diámetro. Compacidad densa y se encuentra saturada.	[Perfil: Línea vertical punteada]	8 - 9 - 11	17	[Gráfico: Línea roja (NI(72)) y azul (N SPT) en un gráfico de profundidad vs. resistencia]		
4.60								
4.80	5							
5.00								
5.20								
5.40								
5.60				8 - 5 - 12	14		25	SM
5.80	6							
6.00								
6.20								
6.40								

- 6 Ensayo de SPT
- 0 Tubo Shelby
- 0 Muestra recuperada mediante perforación a rotación.



REGISTRO DE PERFORACIÓN

Proyecto: Estudio Geotécnico para cimentación.
Ubicación: ESPOCH Extensión Morona Santiago.

Sondeo: SEP-3
Nivel de agua: 0,60 m.

Encargado: Ramón J.

Prof (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N1(72)	GRÁFICO	HUMEDAD	SUCS
0.20		0,00-0,90m Relleno antrópico: Arena limosa, color gris oscuro a negruzco, con presencia de materia orgánica. Contiene gravas (30%) de hasta 10,0 cm de diámetro. Saturada						
0.40								
0.60								
0.80								
1.00				0,90 m.				
1.20		0,90-1,50m Limo arenoso, color café-marrón. Contiene gravas (5%). De hasta 3,0cm de diámetro.						
1.40								
1.60	1	1,50 m.						
1.80				3 - 1 - 4	6			
2.00								
2.20								
2.40	2	1,50-4,10m Arena limosa, color gris claro a marrón, con intercalaciones de estratos centimétricos de limo plástico grisáceo y presencia de óxidos. Contiene gravas (20%).						
2.60								
2.80				5 - 3 - 4	8			
3.00								
3.20								
3.40								
3.60	3	4,10 m.						
3.80				2 - 2 - 2	4			
4.00								
4.20								
4.40	4	4,10-7,00m Arena limosa, color gris oscuro, con presencia esporádica de materia orgánica (restos de madera). Contiene gravas (20%) subredondeadas de hasta 3,0 cm de diámetro. Compacidad densa y se encuentra saturada.						
4.60								
4.80				2 - 2 - 4	7			
5.00								
5.20								
5.40								
5.60	5							
5.80				5 - 3 - 3	6			
6.00								
6.20								
6.40	6							
6.60								
6.80				21 - 15 - 11	29			
7.00								
7.20								
7.40								

6	Ensayo de SPT
0	Tubo Shelby
0	Muestra recuperada mediante perforación a rotación.



ANEXO G: ENSAYOS DE LABORATORIO



ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.

Sondeo: SEP-1
Muestra N°: SPT-2
Profundidad: 2,55 - 3,00m.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216-05)

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	46.52	35.45	17.68	62.30	62.67
	2	40.07	31.18	17.08	63.05	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318-05)

35	3	42.15	33.59	17.69	53.84	56.57
24	4	42.60	33.22	16.61	56.47	
15	5	35.39	27.77	14.94	59.39	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-06)

	6	11.15	10.34	8.37	41.12	42.00
	7	11.31	10.56	8.77	41.90	
	8	18.29	17.25	14.83	42.98	

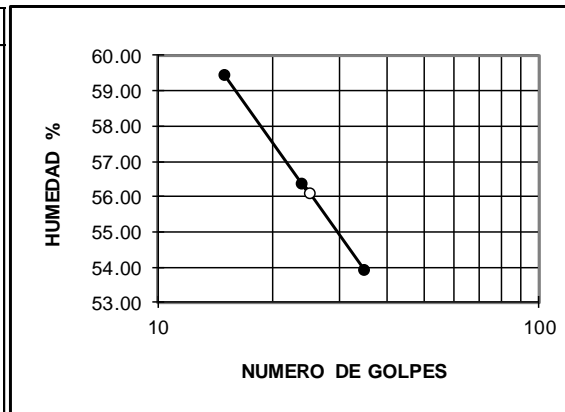
Peso de la muestra húmeda	144.56 g
Peso de la muestra seca	88.87 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0.00	100.00
1 1/2"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	4.79g	5.39	94.61
3/8"	7.47g	8.41	91.59
No 4	18.04g	20.30	79.70
No 10	24.99g	28.12	71.88
No 40	35.72g	40.20	59.80
No 200	48.63g	54.72	45.28

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



RESULTADOS

Grava	20%	L. Líquido	56.1%	SUCS	SM
Arena	34%	L. Plástico	42.0%	AASHTO	A-7-5
Finos	45%	I. Plástico	14.1%	IG.	4

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.

Sondeo: SEP-1
Muestra N°: SPT-4
Profundidad: 4,55 - 5,00m.

ENSAYO	CÁPSULA	P. HÚMEDO	P. SECO	P. CÁPSULA	HUMEDAD	PROMEDIO
Humedad Natural (ASTM D 2216-05)	1	57.12	50.22	15.70	19.99	19.30
	2	57.19	50.75	16.13	18.60	
Límite Líquido (ASTM D 4318-05)						MATERIAL NO PLASTICO
Límite plástico (ASTM D4318-06)						MATERIAL NO PLASTICO

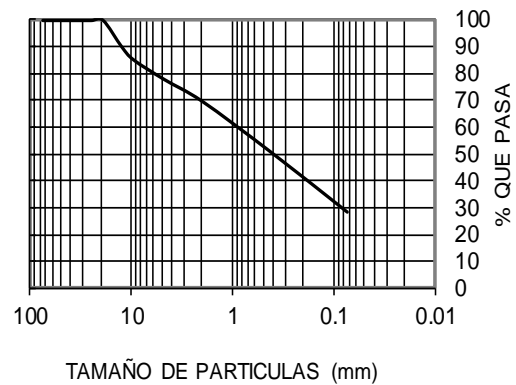
Peso de la muestra húmeda: 179.97 g
 Peso de la muestra seca: 150.86 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

TAMIZ	P.RETENIDO	% RETENIDO	% Q' PASA
3"		0.0	100.0
2"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"	14.81	9.8	90.2
3/8"	22.32	14.8	85.2
No 4	33.34	22.1	77.9
No 10	45.72	30.3	69.7
No 40	74.42	49.3	50.7
No 200	108.31	71.8	28.2

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados

GRAVA	22%	L.Líquido	N.P.	SUCS	SM
ARENA	50%	L.Plástico	N.P.	AASHTO	A-2-4
FINOS	28%	I.Plástico	N.P.	IG.	0

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.

Sondeo: SEP-2
Muestra N°: SPT-4
Profundidad: 3,55 - 4,00m.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216-05)

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	44.51	34.75	17.09	55.27	55.13
	2	48.02	36.36	15.16	55.00	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318-05)

32	3	47.92	39.36	17.10	38.45	39.72
24	4	39.60	33.12	17.08	40.40	
12	5	42.98	34.91	15.78	42.19	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-06)

	6	12.03	11.30	8.89	30.29	30.71
	7	13.10	12.12	8.97	31.11	
	8	14.13	13.15	9.96	30.72	

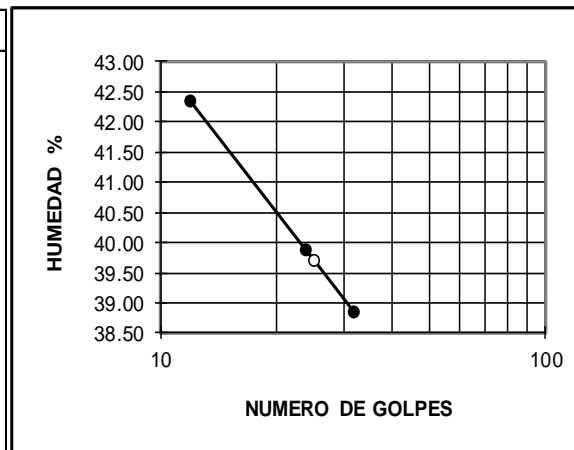
Peso de la muestra húmeda	126.19 g
Peso de la muestra seca	81.34 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0.00	100.00
1 1/2"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	2.17g	2.67	97.33
3/8"	2.17g	2.67	97.33
No 4	5.47g	6.72	93.28
No 10	9.42g	11.58	88.42
No 40	19.59g	24.08	75.92
No 200	37.88g	46.57	53.43

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



RESULTADOS

Grava	7%	L. Líquido	39.7%	SUCS	ML
Arena	40%	L. Plástico	30.7%	AASHTO	A-4
Finos	53%	I. Plástico	9.0%	IG.	3

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.
Sondeo: SEP-2
Muestra N°: SPT-6
Profundidad: 5,55 - 6,00m.

ENSAYO	CÁPSULA	P. HÚMEDO	P. SECO	P. CÁPSULA	HUMEDAD	PROMEDIO
Humedad Natural (ASTM D 2216-05)	1	47.14	40.86	16.25	25.52	24.77
	2	63.64	54.41	15.99	24.02	
Límite Líquido (ASTM D 4318-05)						MATERIAL NO PLASTICO
Límite plástico (ASTM D4318-06)						MATERIAL NO PLASTICO

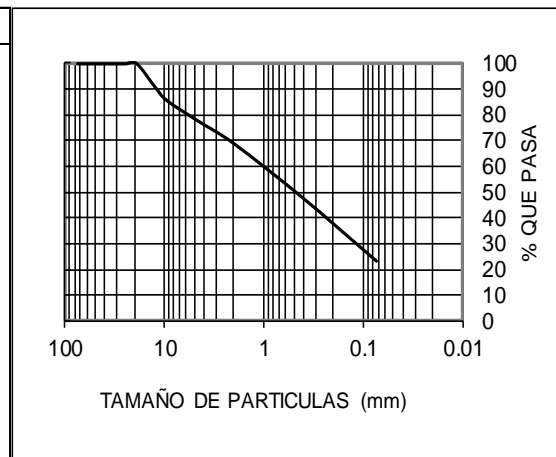
Peso de la muestra húmeda: 158.34 g
 Peso de la muestra seca: 126.90 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

TAMIZ	P.RETENIDO	% RETENIDO	% Q' PASA
3"		0.0	100.0
2"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"	11.38	9.0	91.0
3/8"	18.10	14.3	85.7
No 4	27.88	22.0	78.0
No 10	39.54	31.2	68.8
No 40	65.77	51.8	48.2
No 200	97.55	76.9	23.1

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados

GRAVA	22%	L.Líquido	N.P.	SUCS	SM
ARENA	55%	L.Plástico	N.P.	AASHTO	A-1-b
FINOS	23%	I.Plástico	N.P.	IG.	0

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.

Sondeo: SEP-3
Muestra N°: SPT-2
Profundidad: 2,55 - 3,00m.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216-05)

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	41.78	31.84	16.60	65.22	65.35
	2	52.28	37.50	14.93	65.49	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318-05)

34	3	36.56	30.65	16.25	41.04	42.26
24	4	40.73	33.37	16.13	42.69	
14	5	34.54	28.71	15.49	44.10	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-06)

	6	14.34	12.93	8.46	31.54	31.14
	7	11.15	10.53	8.53	31.00	
	8	14.03	13.07	9.96	30.87	

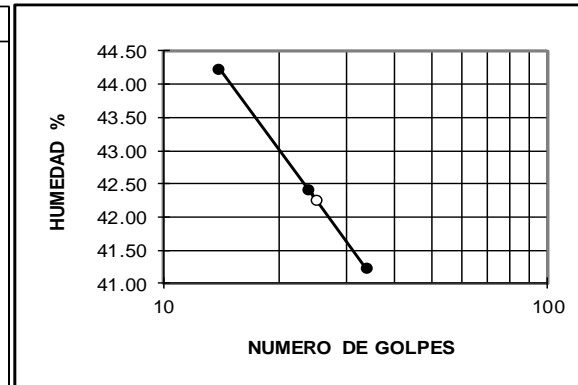
Peso de la muestra húmeda	159.45 g
Peso de la muestra seca	96.43 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0.00	100.00
1 1/2"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	11.04g	11.45	88.55
3/8"	15.90g	16.49	83.51
No 4	21.28g	22.07	77.93
No 10	30.08g	31.19	68.81
No 40	44.83g	46.49	53.51
No 200	62.07g	64.37	35.63

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



RESULTADOS

Grava	22%	L. Líquido	42.3%	SUCS	SM
Arena	42%	L. Plástico	31.1%	AASHTO	A-7-5
Finos	36%	I. Plástico	11.1%	IG.	0

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)

Proyecto: Estudio geotécnico para cimentación
Ubicación: ESPOCH EXT. MORONA SANTIAGO
Fecha: Agosto - 2020.

Sondeo: SEP-3
Muestra N°: SPT-6
Profundidad: 6,55 - 7,00m.

ENSAYO	CÁPSULA	P. HÚMEDO	P. SECO	P. CÁPSULA	HUMEDAD	PROMEDIO
Humedad Natural (ASTM D 2216-05)	1	78.22	62.72	17.47	34.25	34.95
	2	71.85	57.23	16.22	35.65	
Límite Líquido (ASTM D 4318-05)			MATERIAL NO PLASTICO			
Límite plástico (ASTM D4318-06)			MATERIAL NO PLASTICO			

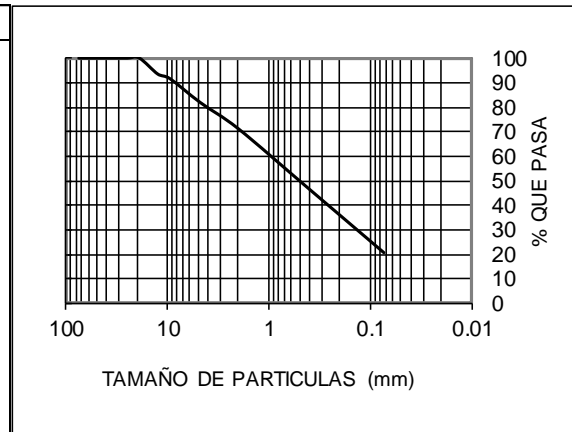
Peso de la muestra húmeda: 193.64 g
 Peso de la muestra seca: 143.49 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

TAMIZ	P.RETENIDO	% RETENIDO	% Q' PASA
3"		0.0	100.0
2"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"	9.34	6.5	93.5
3/8"	12.00	8.4	91.6
No 4	26.03	18.1	81.9
No 10	41.37	28.8	71.2
No 40	75.58	52.7	47.3
No 200	113.64	79.2	20.8

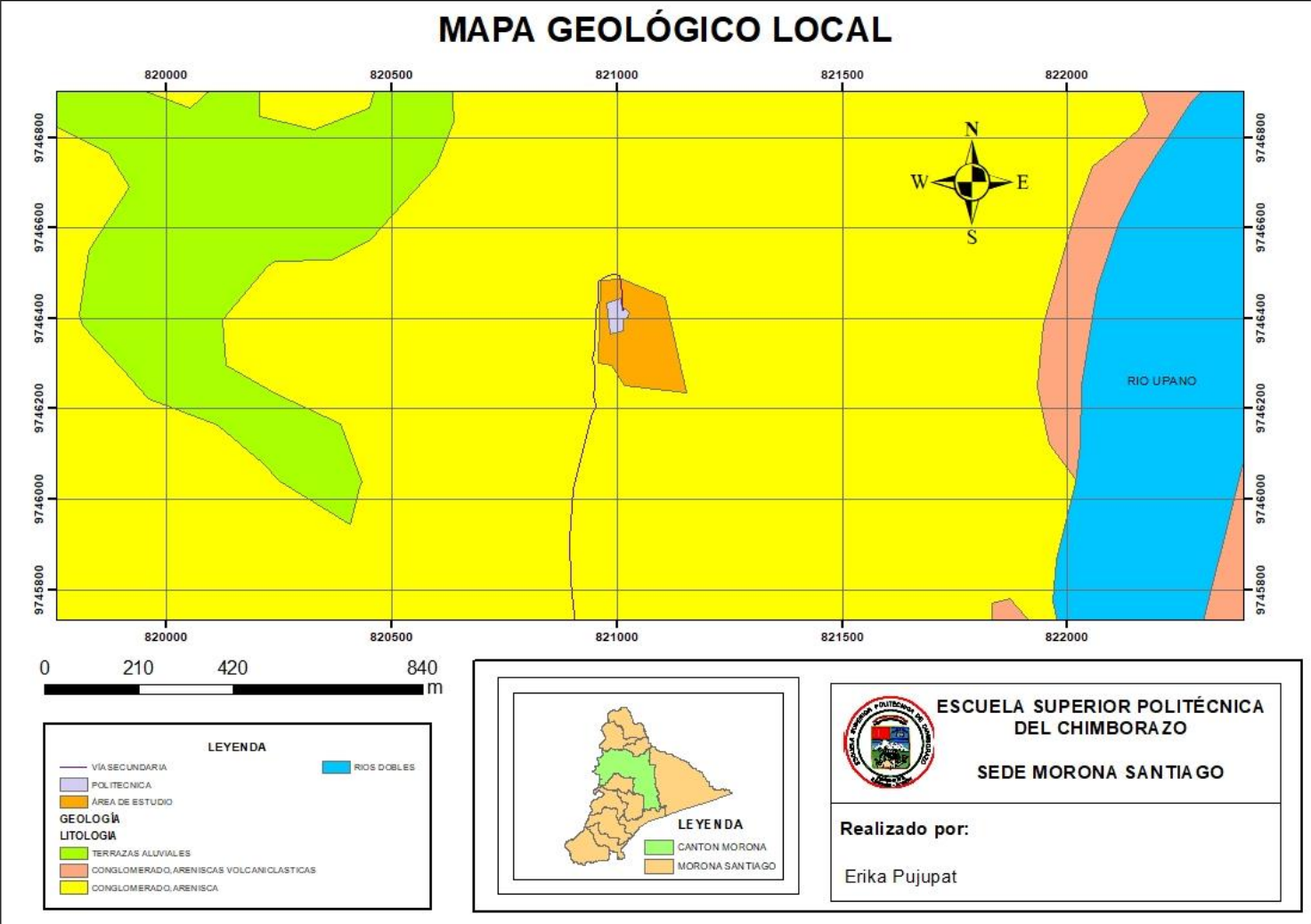
CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados

GRAVA	18%	L.Líquido	N.P.	SUCS	SM
ARENA	61%	L.Plástico	N.P.	AASHTO	A-1-b
FINOS	21%	I.Plástico	N.P.	IG.	0

ANEXO H: MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO





esPOCH

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19 / 07 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Erika Johana Pujupat Alvarado
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales.
Carrera: Minas.
Título a optar: Ingeniera en Geología y Minas.
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Fernando Castillo



1384-DBRA-UTP-2022