



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN
MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MINAS

AUTOR/(ES):

TANIA DANIXA WAMPIU TAISH

EVELYN SILVANA HERNÁNDEZ CARDOSO

Macas – Ecuador

2023



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN
MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MINAS

AUTORAS: TANIA DANIXA WAMPIU TAISH

EVELYN SILVANA HERNÁNDEZ CARDOSO

DIRECTOR: Ing. ERNESTO REYES CÉSPEDES Mgs.

Macas – Ecuador

2023

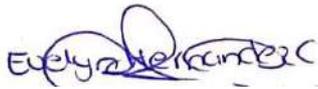
© 2023, Evelyn Silvana Hernández Cardoso & Tania Danixa Wampiu Taish

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.

Nosotras, Evelyn Silvana Hernández Cardoso y Tania Danixa Wampiu Taish, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

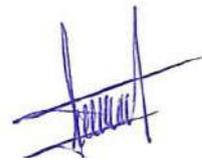
Como autores asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 27 de noviembre de 2023



Evelyn Silvana Hernández Cardoso

060467421-8

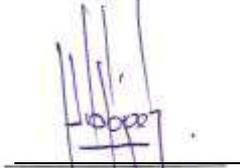


Tania Danixa Wampiu Taish

140066132-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por las señoritas: **TANIA DANIXA WAMPIU TAISH** y **EVELYN SILVANA HERNÁNDEZ CARDOSO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales; en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Julio López Ayala, Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023 – 11 – 27
Ing. Ernesto Reyes Céspedes, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023 – 11 – 27
Ing. Marco Antonio Mejía Flores, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023 – 11 – 27

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación le dedico en primer lugar a Dios ya que me ha brindado salud y firmeza para culminar con éxito mi meta más deseada. A mis padres Ximena Cardoso y Oswaldo Hernández por ser mi inspiración más grande y el pilar fundamental en todo este trayecto, a mi hermano Diego Hernández por ser mi ejemplo de esfuerzo y dedicación, así también a todos mis familiares y amigos que estuvieron al pendiente de mi formación académica.

Evelyn

El presente trabajo de titulación se lo dedico con mucho amor a mi madre Sara Taish por todo el apoyo que me ha brindado desde el inicio hasta el fin de mi carrera, por confiar en mi capacidad y siempre darme ánimos para no rendirme, a mi esposo Withman Maldonado por brindarme sus conocimientos y apoyo durante el desarrollo de la tesis, finalmente a mi amado hijo Arthur Maldonado por ser ese brillo de luz e inspiración para luchar cada día

Tania

AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente a Dios y a nuestros padres por confiar en nuestra capacidad para culminar nuestra formación académica. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago por abrirnos las puertas a la Carrera De Ingeniería en Minas, a todos los docentes de la carrera por compartir con nosotras sus conocimientos, en especial a nuestro director de tesis Ing., Ernesto Reyes Céspedes y a nuestro asesor Ing. Marco Antonio Mejía Flores, finalmente al Municipio del Cantón Morona por darnos paso y permitirnos desarrollar nuestro trabajo de integración curricular.

Tania & Evelyn

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento y definición del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Planteamiento de Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Marco Legal.....	6
2.2. Generalidades.....	7
2.2.1. <i>Ubicación Geográfica</i>	7
2.2.2. <i>Clima</i>	8
2.2.2.1. <i>Temperatura</i>	8
2.2.2.2. <i>Precipitación</i>	9
2.2.2.3. <i>Hidrología</i>	10
2.2.3. <i>Geología Regional</i>	10
2.2.4. <i>Geología Local</i>	13
2.2.4.1. <i>Depósitos cuaternarios</i>	14
2.2.4.2. <i>Formación Mera</i>	14
2.2.5. <i>Geología Estructural</i>	16

2.3.	<i>Identificación de parámetros a investigarse</i>	17
2.3.1.	<i>Caracterización del suelo</i>	17
2.3.1.1.	<i>Granulometría del suelo por tamizado</i>	17
2.3.2.	<i>Caracterización del material de relleno</i>	17
2.3.2.1.	<i>Pavimentación</i>	17
2.3.2.2.	<i>Excavaciones</i>	17
2.3.2.3.	<i>Demoliciones</i>	18
2.3.2.4.	<i>Construcción de infraestructura</i>	18
2.3.2.5.	<i>Obra gris</i>	18
2.3.2.6.	<i>Acabados</i>	18
2.3.3.	<i>Compactación del material del relleno</i>	18
2.3.4.	<i>Contenido de humedad</i>	19
2.3.5.	<i>Propiedades físico-mecánicas</i>	19
2.3.5.1.	<i>Cohesión</i>	19
2.3.5.2.	<i>Ángulo de fricción interna</i>	19
2.3.6.	<i>Identificación de la zona</i>	20
2.3.6.1.	<i>Nivel freático "α"</i>	20
2.3.6.2.	<i>Factor de resistencia de la cimentación "β"</i>	20
2.3.6.3.	<i>Factor topográfico o de pendiente "θ"</i>	21
2.3.6.4.	<i>Factor relativo al entorno humano y material afectado "η"</i>	22
2.3.6.5.	<i>Factor de alteración de la red de drenaje "δ"</i>	22
2.4.	<i>Tipología y descripción de una escombrera</i>	23
2.4.1.	<i>Por sus dimensiones</i>	23
2.4.2.	<i>Por su emplazamiento</i>	23
2.4.2.1.	<i>Vaguada</i>	23
2.4.2.2.	<i>De ladera</i>	24
2.4.2.3.	<i>En llanura o exenta</i>	24
2.4.2.4.	<i>De relleno de corta o hueco minero</i>	24
2.4.3.	<i>Por el tipo o sistema de vertido</i>	24
2.4.3.1.	<i>De vertido libre o por gravedad</i>	24
2.4.3.2.	<i>De vertido libre por fases adosadas</i>	25
2.4.3.3.	<i>De vertido por fases ascendentes retranqueadas y superpuestas</i>	26
2.5.	<i>Clasificación del tipo de escombros</i>	26
2.5.1.	<i>Materiales de dragado</i>	26
2.5.2.	<i>Residuos peligrosos</i>	26
2.5.3.	<i>Materiales de construcción</i>	27

2.6.	Residuos destinados a una escombrera	27
2.7.	Parámetros para el diseño de escombrera	28
2.7.1.	Lugar de emplazamiento	28
2.7.1.1.	<i>Distancia a Zonas Urbanas</i>	28
2.7.1.2.	<i>Distancia a Recursos Hídricos</i>	29
2.7.1.3.	<i>Distancia a vías</i>	29
2.7.1.4.	<i>Uso de suelo</i>	29
2.7.1.5.	<i>Distancia a fallas geológicas</i>	29
2.7.1.6.	<i>Accesibilidad</i>	29
2.7.2.	Tamaño y forma	29
2.8.	Método de construcción de escombrera	30
2.8.1.	<i>Por basculamiento final</i>	30
2.8.2.	<i>Por tongadas horizontales compactadas</i>	30
2.9.	Hidrología	31
2.9.1.	<i>Histograma de diseño</i>	31
2.10.	Estimaciones de caudales	31
2.11.	Subdrenaje	32
2.11.1.	<i>Subdrenaje sintético</i>	32

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Propuesta de diseño de escombrera	33
3.1.1.	<i>Primera etapa</i>	33
3.1.2.	<i>Segunda etapa</i>	34
3.1.2.1.	<i>Investigación de campo</i>	34
3.1.2.2.	<i>Ensayos de laboratorio</i>	34
3.1.2.3.	<i>Caracterización geotécnica</i>	36
3.1.2.4.	<i>Sismicidad</i>	37
3.1.2.5.	<i>Método del índice de calidad</i>	37
3.1.3.	Tercera etapa	38
3.1.3.1.	<i>Tensión admisible</i>	38
3.1.3.2.	<i>Estimación del número de asientos</i>	39
3.1.3.3.	<i>Selección del periodo de retorno</i>	39
3.1.4.	<i>Análisis estadístico de datos hidrológicos</i>	40
3.1.5.	<i>Determinación de la Tormenta de Diseño</i>	40

3.1.6.	<i>Curvas intensidad - Duración - Frecuencia</i>	41
3.1.7.	<i>Tiempo de concentración</i>	42
3.1.8.	<i>Precipitación total y efectiva</i>	42
3.1.8.1.	<i>Método SCS para abstracciones</i>	43
3.1.9.	<i>Método racional</i>	44
3.1.9.1.	<i>Método racional modificado</i>	45

CAPÍTULO IV

4.	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	48
4.1.	Hidrología	48
4.2.	Clima	48
4.3.	Sismicidad	49
4.4.	Topografía	49
4.4.1.	<i>Curvas de nivel del área de estudio</i>	50
4.4.1.1.	<i>Coordenadas de la zona de estudio</i>	51
4.5.	Investigación de campo	51
4.5.1.	<i>Nivel freático</i>	52
4.6.	Ensayos de laboratorio	53
4.7.	Caracterización Geotécnica	53
4.7.1.	<i>Granulometría</i>	53
4.7.1.1.	<i>Procedimiento</i>	54
4.7.1.2.	<i>Porcentaje de retenido</i>	54
4.7.2.	<i>Humedad Natural</i>	56
4.7.2.1.	<i>Procedimiento</i>	56
4.7.2.2.	<i>Resultados</i>	57
4.7.3.	<i>Límite líquido</i>	58
4.7.3.1.	<i>Procedimiento</i>	58
4.7.3.2.	<i>Resultados</i>	58
4.7.4.	<i>Límite plástico</i>	59
4.7.4.1.	<i>Procedimiento</i>	59
4.7.4.2.	<i>Resultados</i>	60
4.7.5.	<i>Sondeos geotécnicos</i>	60
4.7.5.1.	<i>Nivel I: Suelo vegetal</i>	61
4.7.5.2.	<i>Nivel II: Limo arcilloso plástico café y gris claro</i>	61
4.7.5.3.	<i>Nivel III: Arena limosa</i>	64

4.8.	Caracterización sísmica del sitio	66
4.9.	Resumen de propiedades geotécnicas	68
4.10.	Perfil estratigráfico	69
4.11.	Análisis de la cimentación	69
4.11.1.	<i>Determinación de la tensión admisible</i>	69
4.11.2.	<i>Estimación de asentamientos</i>	72
4.12.	Maquinaria	75
4.12.1.	<i>Excavadora hidráulica</i>	75
4.12.2.	<i>Volquete</i>	76
4.12.3.	<i>Buldócer</i>	76
4.13.	Parámetros de diseño	76
4.13.1.	<i>Especificaciones técnicas de la escombrera</i>	76
4.13.2.	<i>Geometría de la escombrera</i>	78
4.13.3.	<i>Drenaje de la escombrera</i>	80
4.13.4.	<i>Construcción de la escombrera</i>	83
4.13.4.1.	<i>Conformación del descapote</i>	84
4.13.4.2.	<i>Conformación de los accesos</i>	87
4.13.4.3.	<i>Conformación del subdrenaje</i>	88
4.13.4.4.	<i>Conformación de la subbase</i>	89
4.13.4.5.	<i>Conformación de la escombrera</i>	91

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1.	Conclusiones	94
5.2.	Recomendaciones	95

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Temperatura media (°C)	8
Tabla 2-2: Temperatura máxima (°C)	9
Tabla 2-3: Temperatura mínima (°C).....	9
Tabla 2-4: Precipitación (mm)	10
Tabla 2-5: Principales tipos de depósitos cuaternarios	11
Tabla 2-6: Profundidad del nivel freático	20
Tabla 2-7: Tipo de suelo y potencia.....	21
Tabla 2-8: Clasificación del relieve de acuerdo al rango	21
Tabla 2-9: Clasificación de acuerdo con la pendiente.....	21
Tabla 2-10: Entorno humano y zona afectada	22
Tabla 2-11: Alteración de la red de drenaje	22
Tabla 2-12: Clasificación de los residuos de construcción	27
Tabla 2-13: Tipo de residuos de construcción	27
Tabla 2-14: Criterios de selección del apilamiento.....	28
Tabla 3-1: Serie de tamices empleados según la Norma ASTM-422	35
Tabla 3-2: Clasificación del índice de calidad	38
Tabla 3-3: Clasificación de humedad AMC.....	44
Tabla 4-1: Coordenadas de la zona de estudio.....	51
Tabla 4-2: Resumen de los ensayos de laboratorio.....	51
Tabla 4-3: Resumen de los trabajos in situ	52
Tabla 4-4: Nivel freático en sondeos	52
Tabla 4-5: Resumen de ensayos de laboratorio.....	53
Tabla 4-6: Tamices usados en los ensayos de laboratorio	53
Tabla 4-7: Resultados de Límite Líquido Sondeo 1.....	58
Tabla 4-8: Resultados de Límite Líquido Sondeo 1.....	59
Tabla 4-9: Profundidad de ensayo SPT.....	61
Tabla 4-10: Clasificación de suelos – Nivel II.....	62
Tabla 4-11: Estimación del ángulo de fricción interna y Resistencia al corte no drenado	64
Tabla 4-12: Clasificación de suelos – Nivel III	64
Tabla 4-13: Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel III.....	66
Tabla 4-14: Cálculo del N60 (medio)	66
Tabla 4-15: Tipo de perfil en función del N60 (medio).....	67
Tabla 4-16: Tipo de perfil en función del N60 (medio).....	68
Tabla 4-17: Resumen de las propiedades geotécnicas	68

Tabla 4-18: Formulación para tensión admisible (Q_{adm}) - Suelos cohesivos.....	69
Tabla 4-19: Formulación para tensión admisible (Q_{adm}) – Suelos no cohesivos.....	70
Tabla 4-20: Tensión admisible - Nivel II.....	70
Tabla 4-21: Tensión admisible - Nivel III	71
Tabla 4-22: Cálculo de asiento para cada Nivel.....	74
Tabla 4-23: Parámetros de selección	74
Tabla 4-24: Estimación del ángulo de rozamiento.....	79
Tabla 4-25: Paramétricos geométricos.....	80
Tabla 4-26: Coeficiente de escorrentía	81
Tabla 4-27: Intensidad de duración de frecuencia de estación M0062 Macas Aeropuerto	81
Tabla 4-28: Periodo de retorno	82
Tabla 4-29: Cálculo del caudal máximo	82
Tabla 4-30: Resumen de los parámetros de diseño.....	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Ubicación geográfica de la parroquia Sevilla Don Bosco	7
Ilustración 2-2:	Geología de la provincia de Morona Santiago.....	13
Ilustración 2-3:	Geología local de la parroquia Sevilla Don Bosco	15
Ilustración 2-4:	Formación Geológica del área de estudio.....	16
Ilustración 2-5:	Tipo de escombrera: Vertido Libre.....	25
Ilustración 2-6:	Tipo de escombrera: Vertido por fases adosadas.....	25
Ilustración 2-7:	Tipo de escombrera: Fases ascendentes superpuestas	26
Ilustración 2-8:	Método por basculamiento final	30
Ilustración 2-9:	Método por tongadas horizontales compactadas	30
Ilustración 3-1:	Propuesta de diseño de escombrera	33
Ilustración 3-2:	Número de tamices	35
Ilustración 3-3:	Método por tongadas horizontales compactadas	40
Ilustración 3-4:	Método SCS para abstracciones.....	43
Ilustración 4-1:	Levantamiento topográfico del área de estudio.	50
Ilustración 4-2:	Curvas de nivel del área de estudio.....	50
Ilustración 4-3:	Método elástico para el cálculo de asentamientos inmediatos.....	73
Ilustración 4-4:	Ángulo de reposo distintos materiales.	78
Ilustración 4-5:	Sección transversal drenaje principal.....	83
Ilustración 4-6:	Sección transversal diseño Subdrenaje	83
Ilustración 4-7:	Mapa de secciones – descapote.....	85
Ilustración 4-8:	Plataforma de trabajo inicial	85
Ilustración 4-9:	Vista superior y modelo 3D del descapote	86
Ilustración 4-10:	Transporte del descapote al relleno sanitario.....	86
Ilustración 4-11:	Conformación de los accesos.....	87
Ilustración 4-12:	Modelo de escombrera con rampas de acceso	87
Ilustración 4-13:	Conformación del subdrenaje	88
Ilustración 4-14:	Secciones subdrenaje principal y secundario.....	89
Ilustración 4-15:	Vista en planta y modelo 3D – subdrenaje	89
Ilustración 4-16:	Mapa de secciones - subbase	90
Ilustración 4-17:	Sección 0+040 - subbase.....	90
Ilustración 4-18:	Vista superior y 3D - subbase	91
Ilustración 4-19:	Descapote del área de estudio	91
Ilustración 4-20:	Vertido y disposición de los residuos	92
Ilustración 4-21:	Conformación del segundo banco de la escombrera.....	92

Ilustración 4-22: Cunetas de drenaje	93
Ilustración 4-23: Vista en planta y modelo 3D - Escombrera	93

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO B: VISITA AL CAMPO

ANEXO C: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO D: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO E: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA, LIMITE
LIQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO

ANEXO F: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE GRAVEDAD
RELATIVA/GRAVEDAD ESPECÍFICA

ANEXO G: PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

ANEXO H: MAQUINARIA

ANEXO I: DESCAPOTE

ANEXO J: COLOCACIÓN SUB-BASE

ANEXO K: SUBDREN

ANEXO L: DISEÑO ESCOMBRERA

ANEXO M: MARCO LEGAL

RESUMEN

El propósito principal de este proyecto fue desarrollar un diseño para una escombrera destinada a los residuos de construcción, específicamente para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Morona en la provincia de Morona Santiago. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo diversas etapas y se empleó el software CivilCAD 3D. Inicialmente, se realizó un ensayo SPT para evaluar la capacidad de carga del suelo. Luego, se emplearon herramientas como ArcGIS, AutoCAD y CivilCAD 3D para analizar la topografía, morfología, geología, hidrología y otros parámetros cruciales que contribuyeron a definir un diseño adecuado para la escombrera. Además, se llevaron a cabo ensayos de clasificación de suelos, determinación del contenido de humedad natural, gravedad específica y análisis granulométrico por tamizado. Estos datos fueron esenciales para calcular el volumen necesario para el acopio en la escombrera, así como para determinar los volúmenes correspondientes al descapote y al material subbase. Con base en toda esta información recopilada, se propuso un diseño de escombrera que cumple con los requisitos para la disposición controlada de residuos de construcción. Este diseño incluye dos bancos, bermas de seguridad, cunetas trapezoidales para el drenaje superficial a lo largo de cada banco, una red de subdrenaje interno y una geomembrana como subbase para garantizar una vida útil de 50 años. Este enfoque responde de manera eficiente a las necesidades actuales de acopio de residuos de construcción en la ciudad y así evitar el colapso del relleno sanitario del cantón.

Palabras clave: <ESCOMBRERA >, < RESIDUOS>, < TOPOGRAFÍA >, < DISEÑO >, < CLASIFICACIÓN DE SUELOS>, < VIDA ÚTIL>.

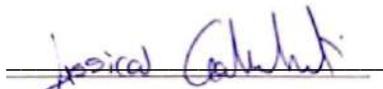


0120/DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

This project mainly aimed to develop a design of a dump for construction waste, specifically for the Autonomous Decentralized Municipal Government of Morona canton in the province of Morona Santiago. To achieve this objective, several stages were carried out using CivilCAD 3D software. At first, an SPT test was carried out to evaluate the load capacity of the soil. Then, tools such as ArcGIS, AutoCAD and CivilCAD 3D were used to analyze the topography, morphology, geology, hydrology and other crucial parameters that contributed to define an adequate design for the dump. In addition, soil classification tests, determination of natural moisture content, specific gravity and sieve grain size analysis were carried out. These data were essential to calculate the volume required for stockpiling in the dump, as well as to determine the volumes corresponding to the stripping and subbase material. Based on all the information gathered, it was proposed a dump design that meets the requirements for the controlled disposal of construction waste. The design includes two benches, safety berms, trapezoidal ditches for surface drainage along each bench, an internal subdrainage network, and a geomembrane subbase to guarantee a 50-year lifespan. This approach efficiently responds to the city's current construction waste collection needs and thus avoids the collapse of the canton's landfill.

Keywords: <DUMP>, <WASTE>, <TOPOGRAPHY>, <DESIGN>, <SOIL CLASSIFICATION>, <LIFESPAN>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI 175646848-2

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y el crecimiento a nivel del territorio, sobre todo en los centros urbanos y asentamientos rurales; se debe a las diferentes actividades de construcción y regeneración que se realiza constantemente, como resultado de esto se generan grandes cantidades de residuos de escombros a nivel mundial (Alomoto y Quinllin, 2023, p. 20).

Las actividades a nivel internacional de las obras civiles, demoliciones, construcciones producen numerosas cantidades de residuos que es necesario acopiar en lugares adecuados, planeando su ubicación en zonas idóneas y en condiciones especiales en lo que se refiere a su estabilidad, seguridad e incorporación con el entorno y que no causen impactos ambientales (Actis, 2009, p. 9).

Es así como los trabajos de construcción, adecuación o reconstrucción de edificaciones, vías, entre otras en el Ecuador produce grandes cantidades de materiales de escombros provocando acumulación excesiva de estos y efectos altamente negativos al medio ambiente. De modo que necesitan ser depositadas en un lugar apropiado, para prevenir conflictos sociales, contaminación de cuerpos de agua y precautelar la salud de los pobladores (Monroy, 2015, p. 198).

Dentro del Cantón Morona no existe un lugar establecido para el manejo de residuos de construcción, por lo que la disposición final de estos se los realiza dentro del relleno sanitario de modo que esto causa su deterioro y a su vez la disminución de su tiempo de vida útil, por lo cual se ha propuesto nuevas zonas donde se puede alojar estos materiales, reduciendo así las molestias de la ciudadanía y precautelando el aspecto físico de la ciudad (Monroy, 2015, p. 198).

Este proyecto técnico pretende presentar un posible diseño de escombrera para la disposición de estos residuos de construcción acorde a las nuevas necesidades, bajo parámetros ambientales, beneficiando así a la ciudad y alrededores del cantón (Alomoto y Quinllin, 2023, p. 20).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y definición del problema

En el país, no se cuentan con registros del sector de la construcción que aseguren una gestión integral adecuada de los residuos producidos por estas actividades. Por esta razón, es fundamental llevar a cabo una supervisión continua a lo largo de todo el proceso de construcción, teniendo en cuenta las repercusiones y los efectos adversos que la generación de estos desechos conlleva. (Rea, 2017, p. 8).

Teniendo en cuenta que todo trabajo civil conlleva diferentes etapas, como son:

- Identificación de escombros de excavaciones y demoliciones
- Generación de desechos de mampostería y enlucidos, identificándose que en esta fase se genera la mayor cantidad de materiales de escombros.

Ante esta situación se debe realizar una propuesta adecuada de diseño de escombrera para su alojamiento y disposición final sostenible.

El cantón Morona presenta una constante renovación y aumento de viviendas, así como también la ampliación de las zonas urbanas, suburbanas y rurales; ocasionando el aumento de la construcción de obras civiles; sin embargo, estas obras generan escombros de materiales y de suelos, preocupando al GAD municipal del cantón Morona, debido a que dentro del territorio no existe una escombrera para la disposición final de los residuos que se producen, los mismos que son depositados en el relleno sanitario del cantón, dando un uso inadecuado, causando así, la culminación de su vida útil.

En vista de la necesidad por la cual atraviesa el cantón Morona, el propósito del proyecto se enmarca en realizar el diseño técnico de una escombrera, en base a la normativa Ambiental Libro VI anexo 6, “Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos” considerando algunos de los parámetros ingenieriles y económicos, para optimizar el manejo de disposición final de estos residuos y escombros de construcción que se producen en el cantón, los cuales no deben contener ni generar lixiviados para evitar contaminar el suelo. Acorde a ello, se considera el área para la construcción de la escombrera en base a las necesidades de la disposición final del material que cumpla con las características físicas, estratégicas y sociales.

El fin de la investigación se enfoca en la promoción del desarrollo sostenible, que garantice un ambiente sano y equilibrado, con el trabajo en conjunto del GAD Cantonal de Morona, alineando al proyecto al Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS, 2010).

1.2. Antecedentes

A nivel mundial se realizan estudios para desarrollar un buen manejo de los desechos del sector de la construcción, donde los países de Dinamarca y Holanda son líderes en planificación y diseño de escombreras; por otro lado, en América encabeza Estados Unidos donde se realiza seguimientos específicos de las obras civiles, para cada sistema constructivo; los cuales son referencia para otros países. Por otro lado, en nuestro país no se ha desarrollado sistemas constructivos industrializados como en los países mencionados, siendo así que utilizamos sistemas con menor tecnología e industrialización, sin embargo, es de gran importancia atender a las necesidades de los sectores, garantizando un manejo sostenible de la disposición final de los desechos de la construcción de obras civiles (Lozano, 2017 p. 2).

A nivel nacional se establece que se debe cumplir los requerimientos en base con:

El Código Orgánico del Ambiente (COA), en el artículo 27 correspondiente al Título II, capítulo II, donde faculta a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental a elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos (Asamblea Nacional del Ecuador 2017, p. 19).

Por otro lado, se establece en el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) en el artículo 54 letras a) y k), las funciones de los gobiernos autónomos descentralizados municipales, en promover un desarrollo sustentable dentro del territorio cantonal que garantice el buen vivir; de la misma forma el artículo 55 letra d), donde se indica que los gobiernos “Prestar los servicios públicos de manejo de desechos ‘sólidos’” que establezcan en la ley (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019, pp. 28-29).

En este contexto, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Morona según la Ordenanza que regula la implementación, organización, administración y ejecución de la gestión integral de desechos sólidos en el cantón Morona, en el capítulo XI: Disposición final de los desechos o desechos sólidos no peligrosos, artículo 42 donde dicta que los desechos de demolición, áridos,

tierra y similares podrán ser dispuestos en escombreras previamente autorizadas por el municipio (Gobierno Municipal del Cantón Morona 2017, p. 21).

Razón por la cual el presente proyecto técnico pretende realizar un diseño de escombrera para la disposición de estos residuos en el área asignada por el Municipio tomando en cuenta las características del terreno y sus irregularidades. Con el fin de impulsar hacia una gestión de escombros en el municipio con un enfoque sostenible e integral.

1.3. Justificación

El presente proyecto técnico beneficia directamente a los habitantes del cantón Morona, cumpliendo a la necesidad de tener una correcta disposición final de los escombros producidos por los residuos de construcción. Para ello el GAD Municipal del cantón, bajo el trabajo en conjunto con el Departamento de Gestión Ambiental, donde se tiene previsto un área óptima para el correcto manejo y gestión de los residuos que se generen en todo el cantón; para este fin se requiere implementar un diseño técnico de escombrera que cubra con las necesidades mencionadas, acorde a los estudios topográficos y características geotécnicas del terreno.

A corto plazo se pretende la construcción y preparación de la escombrera para su servicio; a mediano y largo plazo la escombrera servirá para una tecnificada y correcta disposición final de los residuos, identificando los volúmenes, recolección y el tratamiento que se deben llevar a cabo, por un tiempo de vida de 8 a 12 años; indicándose que la vida útil culminará una vez que el material alcance el volumen total planificado.

El diseño de escombrera, además de facultar al correcto empleo de la disposición final de los residuos producidos a causa de la ampliación del cantón y renovación de viviendas; también es beneficioso para reducir el impacto ambiental que afecta actualmente en el relleno sanitario.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una escombrera para residuos de construcción, mediante el uso de software asistido CivilCAD 3D, para el GAD Municipal del Cantón Morona provincia de Morona Santiago.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

Caracterizar las condiciones geotécnicas del terreno donde se pretende realizar el diseño de la escombrera.

Ejecutar ensayos de laboratorio con muestras tomadas del lugar para la identificación de sus características geomecánicas.

Realizar el diseño geométrico de la escombrera con el fin de obtener la capacidad de disposición de los residuos de construcción.

1.5. Planteamiento de Hipótesis

¿El Diseño Técnico de la escombrera será óptimo para el alojamiento de residuos de construcción del GAD Municipal del cantón Morona?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco legal

De conformidad a lo previsto en el artículo 14 y artículo 66 numeral 27 de la Constitución de la República menciona que es un derecho constitucional de todos los ecuatorianos el vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 4).

En la investigación también se toma en cuenta la normativa de la constitución de la República artículo 415 en el cual destaca que los Gobiernos Autónomos Descentralizados que desarrollen el tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. (Constitución de la República del Ecuador 2008, p. 193). Por otra parte, en la ordenanza desarrollada por parte del GAD Municipal del cantón Morona, hace mención en el artículo 44, que “El Municipio a través de la Dirección Municipal de Gestión Ambiental y Servicios Públicos, con la coordinación de otras dependencias municipales. Previa solicitud por escrito para lo que es el uso de terrenos de personas particulares como escombreras, inspeccionará y autorizará el uso de dichos sitios, siempre y cuando estos cumplan con los requerimientos técnicos y ambientales necesarios (Gobierno Municipal del Cantón Morona 2017, p. 21).

Basándose en la Normativa Ambiental Libro VI anexo 6, “Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos”, existen distintos lugares en el cantón Morona, específicamente en la parroquia Sevilla Don Bosco, Sinaí y Cuchaentza aptos para que se ubique un relleno sanitario. Sin embargo tomando en cuenta los diferentes estudios realizados, se llega a la conclusión de que por los diferentes factores como el sistema vial, zonas pobladas, aeropuertos, hidrografía, uso del suelo, bienes culturales, áreas protegidas, bosques protectores además del análisis geológico, riesgos sísmicos, deslizamientos, análisis geográfico y análisis climatológico, dan como resultado que el lugar más adecuado para implementar un relleno sanitario, está ubicado en la parroquia Sevilla Don Bosco específicamente en la comunidad Uyunts, razón por la cual el equipo consultor recomienda que el Municipio del cantón Morona realice los tramites respectivos para la expropiación del predio de 42 hectáreas o a su vez llegue a acuerdos con la comunidad o con el propietario del terreno para la inmediata adquisición del mismo. Así también poder cubrir con la necesidad de implementar una escombrera para el alojamiento de residuos de construcción designando un alrededor de 25 de las 42 hectáreas previstas para el relleno sanitario asegurando así su posterior construcción. Anexo 13 (Cando, 2021, p. 73).

2.2. Generalidades

2.2.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio está ubicada en la parroquia Sevilla Don Bosco, la cual se encuentra en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago, cuenta con una extensión de 2.305.44 km² de superficie (GAD Sevilla Don Bosco, 2019, p. 46). La parroquia se encuentra ubicada al margen izquierdo del río Upano, planicie denominada Valle del Río Upano, frente a la ciudad de Macas, en las coordenadas 02° 26' de latitud sur y 78° 11' de longitud oeste, se extiende desde los 400 msnm hasta los 2300 msnm.

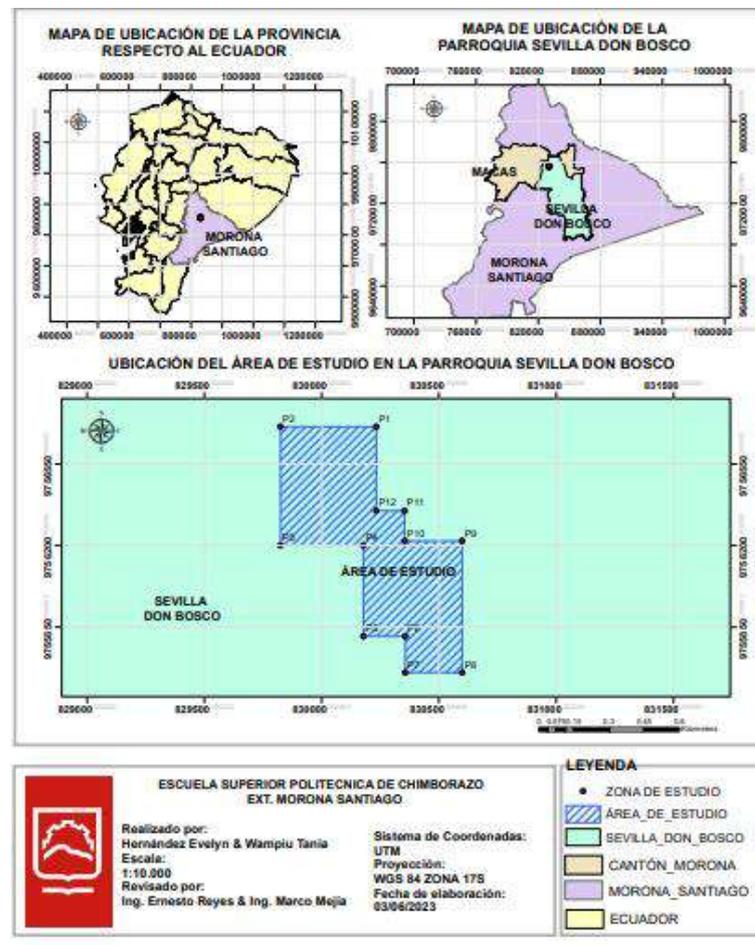


Ilustración 2-1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023

2.2.2. Clima

El clima engloba diversos valores estadísticos sobre los recursos del tiempo atmosférico en cada zona, para la caracterización del clima en el sector de influencia es fundamental tener en cuenta los próximos límites: precipitación, temperatura y humedad.

Posee climas tropicales y subtropicales de tipo cálido-húmedo con temperaturas elevadas durante todo el año que oscilan entre 18° C y 23° C.

2.2.2.1. Temperatura

La estación Macas aeropuerto M0062 perteneciente al GAD Provincial de Morona Santiago, se observa que la zona tiene una temperatura media anual de 25.36 °C, una temperatura máxima anual de 32.61 y una mínima anual de 19.79 °C (Gestión Ambiental, 2020, p. 5).

Datos reflejados en las siguientes tablas, donde los espacios en blanco son información inexistente que no afecta al momento de sacar un promedio final.

Tabla 2-1: Temperatura media (°C)

TEMPERATURA MEDIA (°C)													
Año	Meses												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Temperatura media anual
2014						22.21	21.73	22.41	23.12	23.08	23.5	23.31	22.77
2015	22.14	23	22.74	22.66	22.36	22.2	22.07	23.05	23.95	23.85	23.8	23.14	22.91
2016	25.57	24.55	24.13	23.73	23.25	23.14	24.12	24.38	24.13	25.45	25.74	24.82	24.42
2017	29.13	29.37	29.24	28.5	28.38	28.11	27.11	28.45	28.2	28.57	28.91		28.54
2018	28.1	28.98	28.27	28.01	27.83	27.23	27.35	27.46	28.61	28.86	28.8	28.39	28.16
Promedio mensual y anual	26.2	26.5	26.1	25.7	25.5	24.6	24.5	25.2	25.6	26	26.2	24.9	25.36

Fuente: Gestión Ambiental, 2020.

Tabla 2-2: Temperatura máxima (°C)

Temperatura máxima (°c)													
Año	Meses												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Temperatura media
2014						29.79	29.8	31.59	33.88	32.76	32.42	31.89	31.74
2015	30.65	32.21	32.3	34.46	31.38	30.16	30.7	32.47	33.8	33.81	33.21	32.32	32.29
2016	26.41	25.91	25.05	24.43	23.85	24.39	24.8	25.1	25.14	26.63	26.7	25.79	25.35
2017	36.77	36.41	36.89	36.12	35.67	36.12	36.1	37.98	36.94	37.41	37.03		36.68
2018	36.75	36.76	38.24	38.14	36.3	35.44	36.3	36.16	38.29	37.72	37.45	36.26	36.99
Promedio mensual y	32.6	32.8	33.1	33.3	31.8	31.2	31.5	32.7	33.6	33.7	33.4	31.6	32.61

Fuente: Gestión Ambiental, 2020.

Tabla 2-3: Temperatura mínima (°C)

Temperatura mínima (°c)													
Año	Meses												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Temperatura media
2014						17.9	15.9	16.86	17.51	17.4	18.49	19.08	17.59
2015	18.82	18.65	17.82	17.39	16.93	17.29	15.3	16.57	17.75	18.09	19.25	15.95	17.49
2016	24.64	23.54	23.28	22.39	22.17	21.62	23.4	23.53	23.02	24	24.53	24.32	23.37
2017	21.64	23.14	22.03	20.55	21.09	20.61	13.2	18.78	16.5	17.48	23.14		19.83
2018	21.91	22.17	21.28	21.08	21.41	19.89	20	20.24	19.2	19.85	18.99	22.22	20.69
Promedio mensual y	21.8	21.9	21.1	20.4	20.4	19.5	17.6	19.2	18.8	19.4	20.9	20.4	19.79

Fuente: Gestión Ambiental, 2020.

2.2.2.2. Precipitación

La zona analizada presenta una precipitación media anual aproximada de 3.238.9 mm anuales, desde el año 2014 al 2018, información obtenida a partir de la información de la estación Macas Aeropuerto perteneciente al GAD Provincial de Morona Santiago. Presentan mayores precipitaciones los meses de noviembre, diciembre y abril, siendo la precipitación menor el resto del año (Gestión Ambiental, 2020, p. 4).

Tabla 2-4: Precipitación (mm)

PRECIPITACIÓN (mm)													
Años	Meses												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precipitación anual
2014						234. 2	257	178. 12	316. 32	253. 42	375. 1	375.0 5	1989. 11
2015	377.1	299. 1	463. 09	441. 8	345. 4	337	368	189. 9	162. 05	246. 12	322. 92	237.6 2	3790. 41
2016	96.78	401. 85	289. 04	354. 5	200	188. 6	178	140. 92	307. 07	309. 62	461. 41	1606. 17	4533. 72
2017				154 5			65.5	180. 44	240. 57	317	341. 27		2689. 62
2018	322.4	114. 66	230. 65	349. 5	376. 6	224. 6	260	322. 95	145. 56	366. 09	350. 95	127.7 1	3191. 53
Promedio mensual y	265.4	271. 9	327. 6	672. 7	307. 3	246. 1	225. 7	202. 5	234. 3	298. 5	370. 3	586.6	3238. 9

Fuente: Gestión Ambiental, 2020.

2.2.2.3. Hidrología

La hidrología son las interrelaciones entre el agua y el ambiente, se interesa por el agua que es localizada en la superficie del suelo, se la considera importante la investigación para gestionar, y controlar todos los recursos del agua, así como también el desarrollar sistemas de control de inundaciones, erosión de suelos, contaminación de aguas, conservación hídrica, diseños hidráulicos, etc.

2.2.3. Geología Regional

La Provincia se encuentra limitada por la Cordillera Oriental y ha sido afectada por cuatro orogénias diferentes, incidiendo directamente en la formación de estructuras menores (levantamiento del Kutukú y el Cóndor) (GAD Tiwintza, 2014, p. 66), las mismas que fueron reguladoras de la mineralización de la región, la que presenta interesantes perspectivas de explotación de minerales.

El área de estudio se ubica en la zona Subandina o cuenca oriental, que en contacto con los Andes Orientales presentan una zona de pliegues y cabalgamientos con dirección NE y oeste de manera

conjugada. Las estructuras predominantes de esta zona de norte a sur corresponden al Levantamiento Napo, la Depresión Pastaza, el Levantamiento Cutucú y la Cordillera del Cóndor. La Cuenca Oriente es el resultado de esfuerzos transgresivos presentes a partir del Cretácico Terminal, los que provocan la emersión de la Cordillera Real y la formación de la cuenca de antepaís, transarco propiamente dicha. (Baldock, 1982, p. 11). Esta cuenca está formada por depresiones geomorfológicamente alargada, y se encuentra en su mayoría cubierto por materiales como:

- *Aluviales Recientes (Holoceno)*: Clastos rodados principalmente de rocas volcánicas, metamórficas. La potencia se estima entre 5 a 15m.
- *Formación Mera*: consiste en terrazas más jóvenes (topográficamente inferiores) depósitos compuestos por abanicos de piedemonte del Cuaternario areniscas tobáceas y arcillas, las que post datan al último periodo importante del fallamiento y levantamiento y están menos disectadas que las terrazas remanentes de la Formación Mera (Rotuno). (Baldock, 1982, p.22)

Hacia el este los sedimentos de las terrazas disminuyen en espesor, tamaño del grano y altitud, eventualmente gradan transicionalmente hacia el aluvión del cuaternario parcialmente retrabajado de las cuencas de drenajes actuales.

Esta zona Subandina, se caracteriza por fallas inversas activas que levantan toda la secuencia sedimentaria y depósitos cuaternarios, algunos erosionados, de la Cuenca Oriente.(Carranco 2017, p. 12)

Tabla 2-5: Principales tipos de depósitos cuaternarios

Determinación Genética	Índice	Agentes Formadores	Características	Sinónimos
Depósitos Eluviales	Q-el	Abundante Humedad Fuerte variación de temperatura	Producto de la meteorización intensa (descomposición física y química) de la roca in situ. Los materiales no han sufrido transporte	Suelo residual Sapolito Regolito
Depósitos Aluviales	Q-al	Corrientes aguas de ríos principales	Fragmentos rocosos heterogéneos en tamaño, transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas playas	Fluvial Fluvialtil Fluvio-aluvial

Depósitos Proluviales	Q-pl	Corrientes temporales de aguas de lluvia.	Fragmentos rocosos heterogéneos en tamaño, con relleno limo-arenoso-arcilloso, depositados en el fondo de los balles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con un río mayor. Material lavado y arrastrado por las lluvias.	Aluviones Huaycos Flujos de lodo Liocila
Depósitos Deluviales	Q-dl	Erosión de los suelos Gravedad Lluvias Viento	Capas de sedimentos finos y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos que se depositan y cubren las laderas de cerros con taludes suaves y moderados.	Derrumbos de laderas Coluviales Pedregales
Depósitos Coluviales	Q-cl	Meteorización Gravedad Movimientos Telúricos Topping	Bloques rocosos heterogéneos acumulados al pie de taludes escarpados en forma de conos. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los de tamaño menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables	Conos de derrubio Coluviales Talus Pedregales Canchales
Depósitos Lacustrinos	Q-la	Represamientos Naturales Decantación de finos en aguas tranquilas	Sedimentos muy finos, arcillo-limosos a veces con lentes arenogravosos. Estratificados en capas muy finas denominadas varvas. También ocurren intercalaciones con lentes orgánicos.	Lagunales Lacustres
Depósitos Glaciares	Q-gl	Deshielos Cambios climáticos	Morrenas de fondo laterales y frontales constituidos por bloques heterogéneos subredondeados rellenos con matriz arcillo-limo-arenosa	Morrenas Tilitas

Fuente: Prefectura de Morona Santiago, 2019.

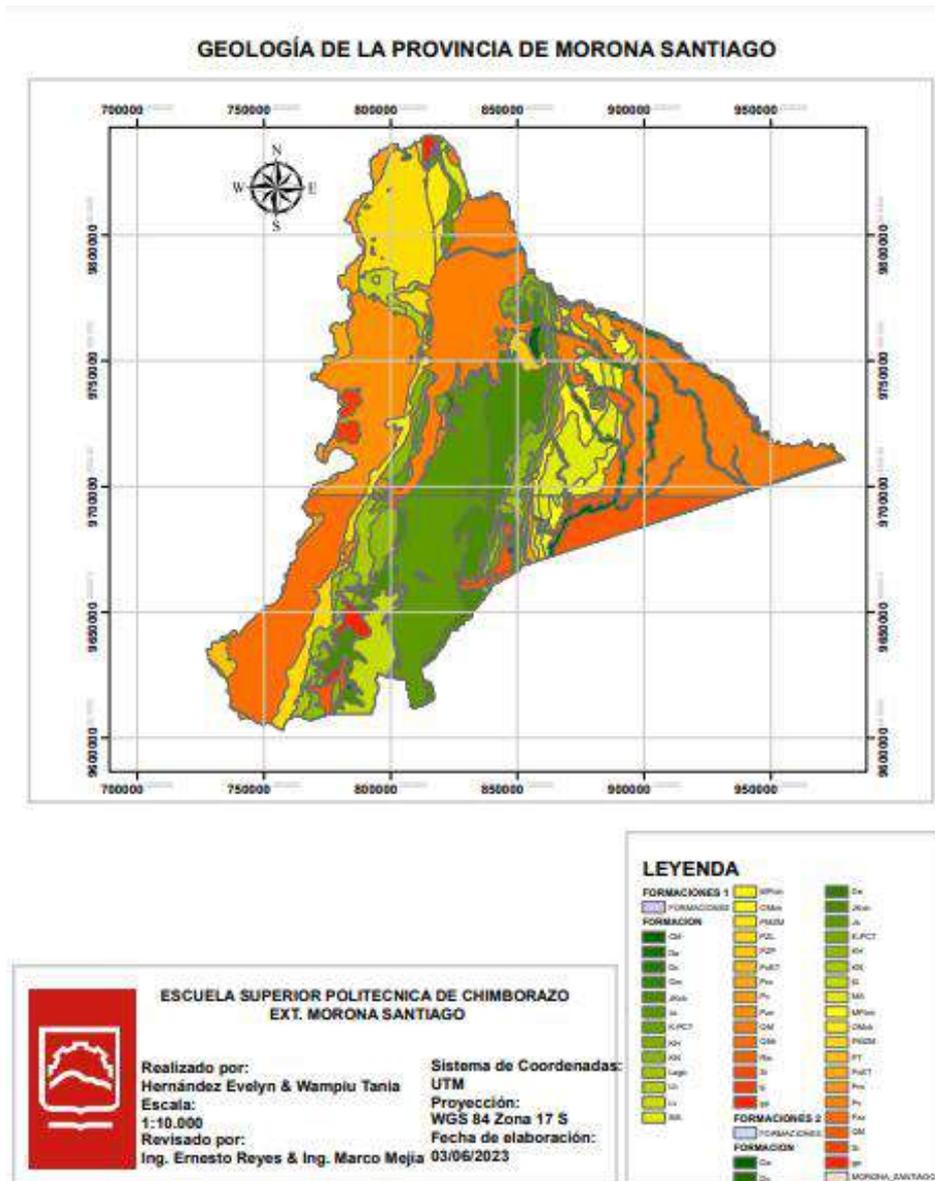


Ilustración 2-2: Geología de la provincia de Morona Santiago

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023

2.2.4. Geología Local

En la geología local podemos apreciar depósitos de aluviales recientes, formando terrazas constituidas de rocas y arena que se encuentran a lo largo de la cuenca del río Upano. En el área urbana de Macas se observó dos secuencias de deposición (Alcaldía Morona, 2014, p. 74), la capa superior que está formada por coluviales pertenecientes a la formación Mera y la capa inferior que está constituida de rocas tipo lahar, las dos capas antes mencionadas forman la meseta volcano sedimentaria, las mismas que presenta una gradación entre depósitos coluviales y lahares, tienen una matriz limo arenosa y se encuentra delimitada por los ríos Upano y Jurumbaino.

Durante el reconocimiento del área de estudio se encontró afloramientos principalmente de la formación Mera, cubierta por un depósito cuaternario de limos plásticos.

2.2.4.1. Depósitos cuaternarios

El estrato está compuesto por limos plásticos color café, que cubre casi en su totalidad el área de interés. Tiene un espesor de hasta 5,5m y se caracteriza por presentar una consistencia blanda a media.

La permeabilidad de este estrato se considera como baja, con un coeficiente de permeabilidad por el orden de $1 \cdot 10^{-5}$ cm/seg. Además, este nivel se encuentra con humedades altas y con niveles freáticos van desde 1,60m de profundidad.

2.2.4.2. Formación Mera

El área de estudio se encuentra asentado sobre la formación Mera, y depósitos aluviales del cuaternario. Son rocas con estratificación masiva con ausencia de diaclasamiento; contactos inciertos, forman mesetas onduladas con colinas redondeadas, tiene una cobertura superficial moderada compuestas de depósitos coluviales, con vegetación densa. La formación Mera se encuentra cubierta por depósitos o sedimentos cuaternarios y vegetación densa que dificulta encontrar afloramientos in situ para determinar la potencia de este estrato (Baldock, 1982, p. 22).

Consiste en terrazas más jóvenes (topográficamente inferiores) depósitos compuestos por abanicos de piedemonte del Cuaternario areniscas tobáceas y arcillas, las que post datan al último periodo importante del fallamiento y levantamiento, y están menos disectadas que las terrazas remanentes de la Formación Mera (Baldock, 1982, p. 25)

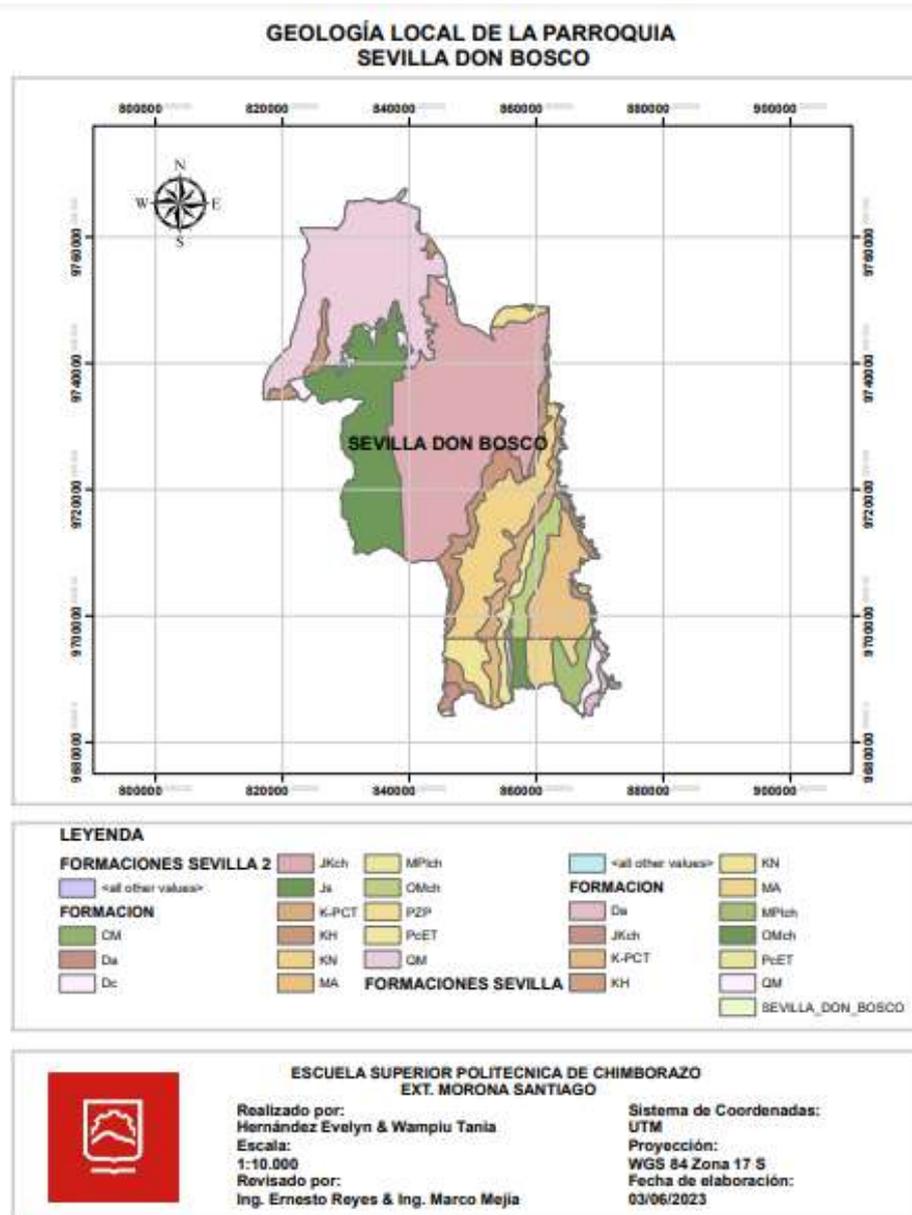


Ilustración 2-3: Geología local de la parroquia Sevilla Don Bosco

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023

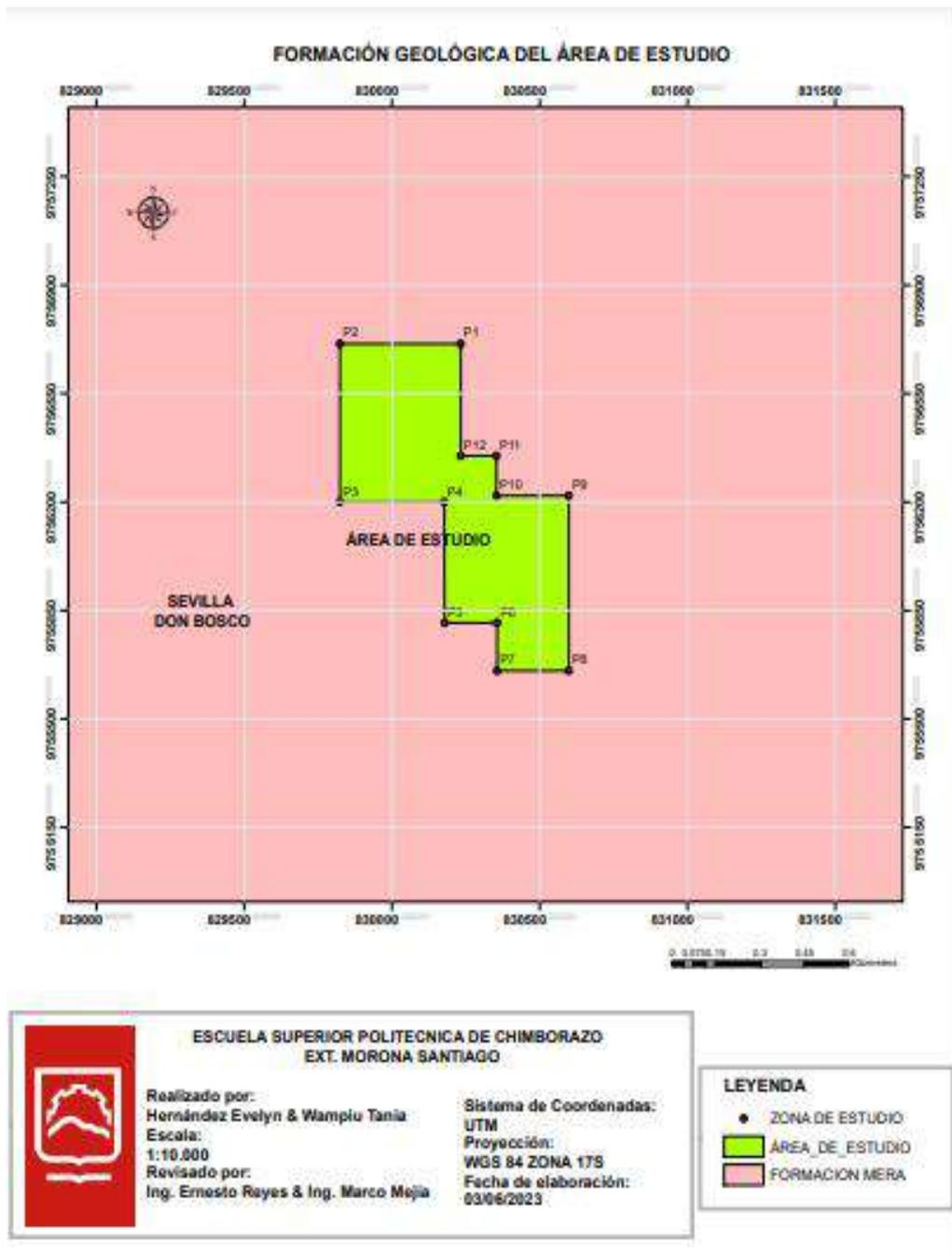


Ilustración 2-4: Formación Geológica del área de estudio

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023

2.2.5. Geología Estructural

Existen dos fallas que se encuentran relativamente cercanas al proyecto en mención (2 km aproximadamente), por lo que no afecta directamente a la zona de interés. Además, debido a las características de la formación Mera (masiva y con ausencia de diaclasamientos) tiene un comportamiento elástico-plástico ante esfuerzos de tensión/compresión.

2.3. Identificación de parámetros a investigarse

2.3.1. Caracterización del suelo

2.3.1.1. Granulometría del suelo por tamizado

Es la composición, en porcentaje, de los distintos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción nos puede indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición (Toirac Corral, 2012, p. 12).

2.3.2. Caracterización del material de relleno

Los escombros, son considerados como residuos no peligrosos que son origen de las construcciones de edificios, pavimentos, obras de construcción, demoliciones, etc. Los residuos no peligrosos que se producen en las actividades industriales se clasifican en: urbanos o municipales, industriales inerte, no peligrosos valorizables, no peligrosos no valorizables, de construcción y demolición (INEC, 2013, p. 25).

Los materiales del relleno de una escombrera se conforman por varios materiales los cuales se clasifican de acuerdo con las etapas de las construcciones civiles:

2.3.2.1. Pavimentación

Son residuos de asfaltos que resultan de labores de pavimentación y mantenimiento de vías de obras públicas.

2.3.2.2. Excavaciones

Los residuos que provienen de esta etapa se constituyen por materiales vegetales y suelo con contenidos de capas orgánicas, arenas, gravas, limos y arcillas.

2.3.2.3. Demoliciones

Son materiales producto de la demolición, resultando básicamente materiales de áridos y minerales (restos de mampostería, placas de concreto, estructuras de vigas y columnas de concreto armado) (UICN,2011, p. 12).

2.3.2.4. Construcción de infraestructura

Son producto de los escombros y sobrantes de los materiales de: agregados pétreos, restos de concreto, recortes de varillas o hierros, restos de embalajes y alambres, productos de desencofrado de estructuras (UICN,2011, p. 12).

2.3.2.5. Obra gris

Resultado de los escombros de pedazos de bloque, ladrillos o tejas que se utilizan en la mampostería y cubiertas, restos de embalajes, restos de tuberías y mangueras (UICN, 2011, p. 26).

2.3.2.6. Acabados

Producción de materiales de cerámica, restos de embalajes, fundas, botellas y envases que se usan en labores de empastado, también se considera los empaques de plástico, cartón y papel. Por otro lado, la generación de restos de tierra negra o materiales vegetales (UICN, 2011, p. 26).

2.3.3. Compactación del material del relleno

El desarrollo de la compactación de los suelos y de los materiales que son estabilizados, resulta del contacto entre sí de las partículas, por lo regular se lleva a cabo por procesos mecánicos, surgiendo una eliminación del aire atrapado en los poros (Escario, 1989, p. 85).

Según Bowles (1981) la compactación en suelos es un procedimiento económico de estabilización, donde se mejora como tal las propiedades físicas del suelo, con el fin de conseguir una estructura, resistencia al corte y relación de los vacíos, de esta manera se obtiene las siguientes propiedades satisfactorias: (Bowles, 1981, pp. 82-83).

- Incremento de la resistencia al corte.
- Incremento en el potencial de expansión

- Incremento en la densidad
- Disminución de la contracción
- Disminución en la permeabilidad
- Disminución en la compresibilidad. (Bowles, 1981 págs. 82-83)

2.3.4. Contenido de humedad

Se denomina a la proporción de la masa de humedad con respecto a la masa de la muestra de suelo posteriormente que haya sido secada a un peso constante, o como el volumen de humedad presente con relación al volumen total de la muestra de suelo (CIMMYT, 2013, p. 25).

2.3.5. Propiedades físico-mecánicas

2.3.5.1. Cohesión

Es la característica particular de cada uno de los materiales que presentan resistencia al corte bajo un esfuerzo normal nulo (un término equivalente en mecánica de rocas es resistencia intrínseca al corte), esta valoración también se puede estimar como la mitad de la resistencia a la compresión simple. (Braja Das, 2001, p. 83).

2.3.5.2. Ángulo de fricción interna

Se refiere al vínculo que hay entre el eje de esfuerzos normales y la tangente a la envolvente de Mohr en un punto que representa una condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido. (Terzaghi & Peck 1963, p. 65).

El ángulo de fricción interna de un suelo corresponde al ángulo cuya tangente es el coeficiente promedio de fricción entre las partículas de un suelo, incluso se lo conoce como ángulo de reposo. El ángulo de fricción por lo general requiere de varios factores. (Ortiz, 2018, p.20).

Los más importantes son:

- a) Tamaño de los granos
- b) Forma de los granos
- c) Distribución de los tamaños de granos
- d) Densidad

2.3.6. Identificación de la zona

En la identificación para emplazamiento de la escombrera se utiliza el método de índice de calidad en base a lo que manifiestan Ayala & Rodríguez (1986), los cuales utilizan una evaluación cuantitativa para orientar la evaluación de los diferentes factores (Donaire et al, 2015, p. 28)

2.3.6.1. Nivel freático " α "

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el análisis de las condiciones de cimentación, por lo que en el transcurso de la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática (Donaire et al, 2015, p. 6).

El factor α evaluar la capacidad portante del terreno en base a la profundidad del nivel freático. Los valores considerados son los siguientes:

Tabla 2-6: Profundidad del nivel freático

1= Sin nivel freático o con nivel a profundidad superior a 5m
0.7 = con nivel freático entre 1.5 y 5 m
0.5 = con nivel freático a menor profundidad de 0,5 m
0.3= con agua socavando menos del 50% del perímetro de la estructura
0.1 = con agua socavando más del 50% del perímetro de la estructura

Fuente: Marquéz, 2006.

2.3.6.2. Factor de resistencia de la cimentación " β "

Depende de la naturaleza del cimientto y la potencia de la capa superior del terreno que apoya, se corrobora en campo y en el levantamiento geológico (Donaire et al, 2015, p. 8).

Tabla 2-7: Tipo de suelo y potencia

Tipo de suelo	Potencia				
	<0.5m	0.51-1.5 m	1.51-3 m	3.1 - 8 m	>8.1m
Coluvial granular	1	0.95	0.9	0.85	0.8
Coluvial de transición	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75
Coluvial limo-arcilloso	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5
Aluvial compacto	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7
Aluvial flojo	0.75	0.7	0.6	0.5	5 0.4

Fuente: Marquéz, 2006.

2.3.6.3. Factor topográfico o de pendiente " θ "

Para determinar las pendientes se elabora con el uso del software ArcGIS, tomando como referencia el MDT a partir de las curvas de nivel de la zona de estudio, tras ello se utiliza información estadística (Donaire et al, 2015, p.8).

Tabla 2-8: Clasificación del relieve de acuerdo al rango

CLASE	RANGO	FORMA DEL RELIEVE
1	0-5	Plano
2	5-12	Moderado ondulado
3	12-25	Ondulado
4	25-50	Montañoso
5	50-70	Fuertemente empinado
6	> 70	Escarpado

Fuente: Marquéz, 2006.

Tabla 2-9: Clasificación de acuerdo con la pendiente

TOPOGRAFÍA DE IMPLANTACIÓN		VALOR DE θ
TERRAPLÉN	Inclinación <1°	1
	Inclinación entre 1° y 5° (<8%)	0.95
	Inclinación entre 5° y 14° (de 8% a 25%)	0.9
LADERA	Inclinación entre 14° y 26° (de 25% a 50%)	0.7
	Inclinación >26° (>50%)	0.4
	Perfil en V cerrada	0.8
	Perfil en V cerrada (inclinación de laderas <20°)	0.6-0.7

Fuente: Marquéz, 2006.

2.3.6.4. Factor relativo al entorno humano y material afectado " η "

Se explica como las estructuras y construcciones que se encuentran cercanas a la zona de emplazamiento y su afectación (Donaire et al, 2015, p. 9).

Tabla 2-10: Entorno humano y zona afectada

Entorno afectado	Valor de η
Deshabilitado	1
Edificios aislados	1.1
Explotaciones mineras poco importantes	1.1
Servicios	1.2
Explotaciones mineras	1.3
Instalaciones industriales	1.3
Cauces intermitentes	1.2-1.4
Carreteras de 1° y 2° orden. Vías de comunicación	1.6
Cauces fluviales permanentes	1.7
Poblaciones	2

Fuente: Marquéz, 2006.

2.3.6.5. Factor de alteración de la red de drenaje " δ "

Se expresa por:

Tabla 2-11: Alteración de la red de drenaje

ALTERACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	VALOR DE δ
Nula	0
Ligera	0.2
Modificación parcial de la escorrentía de una zona	0.3
Ocupación de un cauce intermitente	0.4
Ocupación de una vaguada con drenaje	0.5
Ocupación de un cauce permanente con erosión activa menor	0.6
Ocupación de un cauce permanente con erosión activa menor del 50% del perímetro de la estructura	0.8
Ocupación de un cauce permanente con erosión	0.9

Fuente: Marquéz, y otros 2006.

2.4. Tipología y descripción de una escombrera

Existen diferentes criterios que sirven para describir el tipo de depósito estéril:

2.4.1. Por sus dimensiones

Se denomina escombrera a cualquier acopiamiento de materiales que sobrepase los 25 000 m³ de volumen, los 15 m de diferencia de cota entre su pie y la parte superior del depósito, o bien la densidad del estéril sea superior a 10 m. en condiciones normales de homogeneidad y humedad del material: (Amorós, 2014, p.10)

- Grandes: Su altura oscila entre los 30 m.
- Medianas: Su altura oscila entre los 20 a 30 m.
- Pequeñas: Su altura oscila entre los 15 a 20 m.

2.4.2. Por su emplazamiento

Se divide en:

- Vaguada
- De ladera
- En llanura o exenta
- De relleno de corta o hueco minero

2.4.2.1. Vaguada

Es recomendable que se efectuó en escombreras de pequeñas magnitudes y cuando no exista riesgo de rodadura de rocas aguas abajo. Se caracteriza por presentar en cada momento un talud que coincide con el ángulo de reposo de los estériles y una segregación por tamaños muy acusada. De los cuatro tipos es el que tiene más desventajas geotécnicamente, aunque ha sido el más empleado hasta épocas recientes. (Piña, 2015, p. 30)

2.4.2.2. De ladera

Escombreras situadas en lugares con pendientes con un grado de inclinación de hasta el 8%, sin llegar a bloquear completamente el drenaje principal. En general, el talud de la escombrera está de acuerdo a la inclinación de la superficie del terreno sobre la que se apoya. (Ferri, 2014, p.30)

2.4.2.3. En llanura o exenta

El diseño de la escombrera se construye por medio de apilamiento o amontonamiento de material sobre un terreno con características planas o con ligera inclinación, cuando la escombrera llega a una altura considerable; la construcción se da por medio de terrazas y bermas. (Ferri, 2014, p.30)

2.4.2.4. De relleno de corta o hueco minero

Escombrera establecida para la recuperación de terrenos debido a las actividades antrópicas que genera gran presión ambiental, mediante la acumulación de residuos de las actividades mineras y residuos de escombros producidos en el sector urbano. (Ferri, 2014, p.30)

2.4.3. Por el tipo o sistema de vertido

Se divide en:

- De vertido libre o por gravedad
- De vertido libre por fases adosadas
- De vertido por fases ascendentes retranqueadas y superpuestas

2.4.3.1. De vertido libre o por gravedad

Este sistema se implementa en escombreras de pequeñas magnitudes, no son aconsejables debido a que el riesgo de rodadura de las rocas no aporta la inclinación segura en los periodos del proyecto, caracterizado por presentar en cada instante un talud que coincide con el ángulo de reposo de los estériles y una segregación por tamaños muy limitada. (Actis, 2009, p.15)

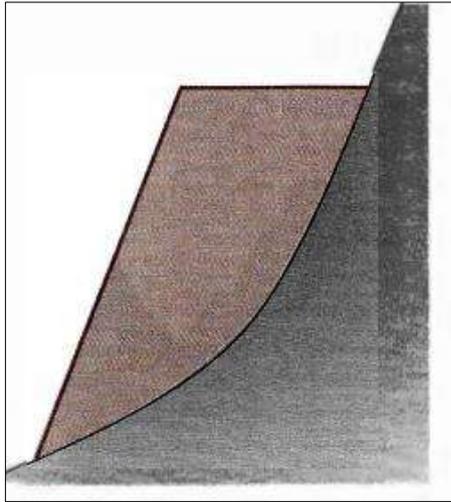


Ilustración 2-5: Escombrera de vertido Libre

Fuente: Actis, 2009.

2.4.3.2. De vertido libre por fases adosadas

Sistema que proporciona mayor estabilidad y seguridad, ya que; consigue una menor altura del talud. El nivel total puede volverse en una limitante, debido a consideraciones de prácticas al acceder a pisos inferiores del proyecto. (Actis, 2009, p.15)

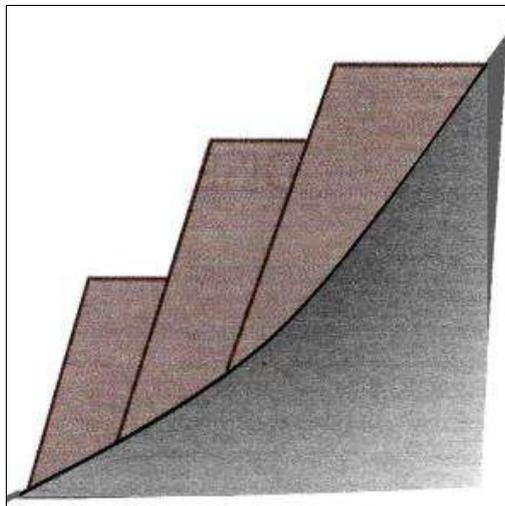


Ilustración 2-6: Escombrera de vertido por fases adosadas

Fuente: Actis, 2009.

2.4.3.3. De vertido por fases ascendentes retranqueadas y superpuestas

Sistema que aporta una mayor estabilidad en sus asentamientos, ya que reduce los taludes finales y consigue una mayor compactación del material acumulado; debido a esto, los procesos de vertido dictaminan en gran medida el método de construcción o el diseño de la escombrera. (Actis, 2009, p.15)

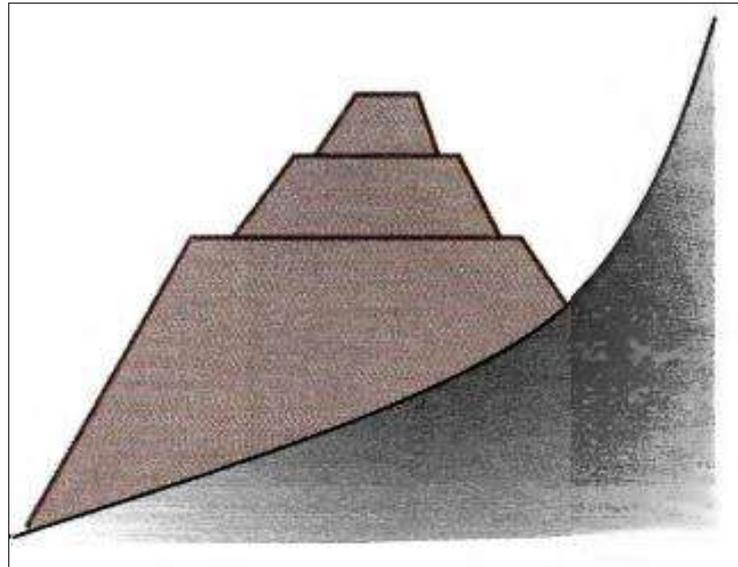


Ilustración 2-7: Escombrera por fases ascendentes superpuestas

Fuente: Actis, 2009.

2.5. Clasificación del tipo de escombros

Los escombros se clasifican de la siguiente manera:

2.5.1. *Materiales de dragado*

Se denomina al grupo de actividades de limpieza que generan residuos que son básicamente restos forestales, tierra y roca; gran parte de estos residuos se pueden reciclar y reintroducir en nuevos proyectos de construcción con una manipulación eficiente. (Arias et al., 2018, p. 15)

2.5.2. *Residuos peligrosos*

Son residuos que generan un peligro para la salud humana o el medio ambiente, creados en distintas actividades de carácter comercial o industrial que contenga sustancias químicas que pueden ser nocivas para la salud.

2.5.3. *Materiales de construcción*

Se denomina a toda materia prima destinada para la construcción de obras civiles, cuyas actividades generan residuos durante la renovación, demolición, restauración y remodelación. Se consideran otros elementos generados en dicha obra, como; varillas, arena, madera, chatarra, cemento y ladrillos; que requieren de la gestión de estos. (Arias et al., 2018, p. 25)

2.6. **Residuos destinados a una escombrera**

Son aquellos residuos sólidos conocidos como no peligrosos, que tienen origen de las actividades de construcción de obras civiles, complementarias o conexas y restos; ya sea de carácter público o privado, catalogándolos como residuos básicamente inertes. De manera global una de las formas para caracterizar estos materiales se basa en una clasificación de acuerdo con su composición:

Tabla 2-12: Clasificación de los residuos de construcción

Clasificación	Tipo de material
Materiales de excavación	Tierra, arena, grava, rocas, piedras, etc.
Construcción y mantenimiento de obras civiles	Asfalto, arena, grava y metales, madera.
Materiales de demolición	Bloques de hormigón, cemento, ladrillos, yeso, porcelana, cal-yeso entre otros

Fuente: Pacheco et al., 2017.

Tabla 2-13: Tipo de residuos de construcción

N°	Material	Peso %	Unidad
1	Hormigón	12	m ³
2	Piedra	10	m ³
3	Grava y otros áridos	20	m ³
4	Asfalto	5	m ³
5	Ladrillos, azulejos y otros cerámicos.	35	m ³
6	Madera	2	m ³
7	Otros	4	m ³

Fuente: Landau, 2006.

2.7. Parámetros para el diseño de escombrera

2.7.1. Lugar de emplazamiento

El lugar de emplazamiento hace referencia a plasmar la ubicación geográfica del lugar donde se establecerá la escombrera teniendo en cuenta varios criterios técnicos, socioeconómicos, ambientales entre otros:

- Estos criterios pueden ser:
- La distancia de transporte hasta la escombrera.
- La capacidad de almacenamiento necesaria.
- Las alteraciones potenciales que pueden producirse sobre el medio natural.
- Evitar la alteración sobre hábitats y especies protegidas.

También se tomará en cuenta los lugares susceptibles de poder recuperar su relieve y topografía original.

Tabla 2-14: Criterios de selección del apilamiento

Número	Criterios de selección
1	Distancia a Zonas Urbanas
2	Distancia a Recursos Hídricos
3	Distancia a Vías
4	Uso de Suelo
5	Distancia a Fallas Geológicas
6	Precipitación
7	Topografía
8	Accesibilidad

Fuente: Donaire et al. 2015.

2.7.1.1. Distancia a Zonas Urbanas

El terreno está ubicado a 130 metros de las zonas urbanas de la comunidad.

2.7.1.2. Distancia a Recursos Hídricos

Se observan dos ríos secundarios, según la cartografía 1: 50000 del IGM. En las visitas al lugar, se corroboraron 3 drenajes que encauzan las aguas de escorrentía; los mismos se hallan próximos al límite norte, noreste y sur del espacio escogido.

2.7.1.3. Distancia a vías

El área de estudio se encuentra a una distancia de 100 metros de la vía principal.

2.7.1.4. Uso de suelo

Se tiene una imagen satelital que data del 7 de diciembre del 2017. Se observa que el espacio objeto de estudio está destinado al pastoreo mayoritariamente. El tipo de pasto es el gramalote en un 50 %, 45 % es un área que se ha regenerado naturalmente y un 5 % se destina a los cultivos. En el sitio existe una casa de campo aproximadamente en el centro.

2.7.1.5. Distancia a fallas geológicas

Los movimientos de ladera de suelos y rocas son procesos naturales generados por la acción constante de la gravedad u el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente debido a la acción de los procesos de meteorización de los materiales. Cuando estos procesos amenazan a estructuras civiles o actividades humanas los consideramos como un peligro geológico.

2.7.1.6. Accesibilidad

El acceso al sitio es un camino que usan los socios de la comunidad que poseen fincas adyacentes al espacio del presente estudio. El camino es peatonal y tiene una longitud de 200 m hasta donde empieza el espacio escogido.

2.7.2. Tamaño y forma

Va a depender directamente del volumen del material estéril que va a ser depositado. Asimismo, la forma de las escombreras depende de los equipos mineros de transporte y vertido. Antiguamente era habitual el transporte con funiculares y vagonetas con los que se formaban las estructuras de formas cónicas. En la actualidad se utilizan volquetes o cintas transportadoras que

facilitan el extendido y compactación sistemática del material de desecho y se adaptan más fácilmente al diseño final de formas del proyecto. (Actis, 2009, p. 10)

2.8. Método de construcción de escombrera

Los métodos de construcción de escombreras tienen una gran relevancia en la homogeneidad y estabilidad de esta, donde debe predominar la estratificación horizontal o paralela al talud. Para la construcción adecuada de una escombrera debe construirse en una serie de elevaciones o plataformas, sean de secuencia ascendente o descendente (Piña, 2012, p. 26)

2.8.1. Por basculamiento final

Método donde se presenta la zona presenta una topografía suave, se aplica para aprovechar el tránsito de camiones, con finalidad de lograr una mejor compactación de los materiales. (Donaire et al., 2015, p. 51)

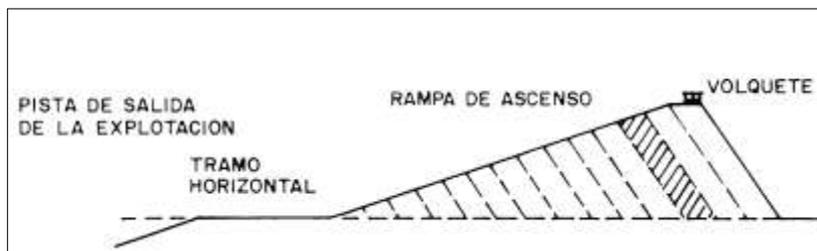


Ilustración 2-8: Método por basculamiento final

Fuente: Donaire et al, 2015.

2.8.2. Por tongadas horizontales compactadas

Método más recomendado por tener mayor estabilidad en la construcción de los cimientos, donde se basa en la combinación de varios factores:

- Reducción de la distancia de acarreo.
- Accesibilidad a la obra.
- Mayor capacidad disponible y estabilidad de la escombrera (Piña, 2012).

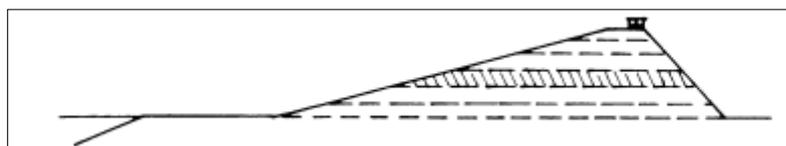


Ilustración 2-9: Método por tongadas horizontales compactadas

Fuente: Donaire et al., 2015.

2.9. Hidrología

En base al Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de transportes y Comunicaciones de Perú, se explica que el análisis de la hidrología y meteorológica de un área de estudio, donde se plantean varios criterios de diseño. Los métodos y procedimientos para la determinación de caudales líquidos provienen de deshielos, inundaciones por desbordamientos de ríos y colapsos de presas.

La influencia de los factores hidrológicos y geológicos que inciden en el diseño hidráulico de obras de drenaje se encuentran acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio, considerando en primer lugar al factor hidrológico, donde el caudal aportado dependerá de las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas, cobertura vegetal, uso del suelo y capacidad de almacenamiento. Con respecto a los factores geológicos e hidrogeológicos que influyen en el diseño hace referencia a las aguas subterráneas, naturaleza y las características físicas- mecánicas de las rocas y suelos (MTC-Perú, 2018, p.20).

Para la determinación de las características hídricas y geomorfológicas es necesario realizar un estudio de las características físicas de las cuencas como: área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, etc.

2.9.1. Histograma de diseño

Los métodos hidrológicos requieren también de una distribución temporal, debido a que el método analiza la distribución en el tiempo de las tormentas que se han observado. Para obtenerlo se realiza con las curvas, por medio del método del Bloque Alterno, que es una forma simple de desarrollar un histograma de diseño, donde utiliza la curva – duración – frecuencia; donde se especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempos sucesivos de duración, Δt ; obteniendo una duración total de $T_d = n * \Delta t$. (Chow, 2008, p. 35).

2.10. Estimaciones de caudales

Al existir una gran cantidad de aforo en cantidades suficientes, se elaboran análisis estadísticos de los caudales máximos instantáneos anuales de las estaciones más cercanas de la zona de interés, donde se calculan los caudales de los periodos de retorno de interés, usando la distribución log normal, log Pearson III y valor extremo tipo I. Por otro lado, si no existe datos en aforo, se utilizan datos de precipitación de datos de entrada a una cuenca donde producen un

caudal, en la ocurrencia de la lluvia, humedeciendo progresivamente e infiltrándose una parte en el subsuelo, y luego de un determinado periodo de tiempo se convierte en un flujo superficial (Chow, 2008, p. 40).

2.11. Subdrenaje

Para el estudio de subdrenaje se basa en varias condiciones freáticas, como flujos subsuperficiales, comportamiento hidrológico de las zonas, tipo de suelo, pendiente, etc.

2.11.1. Subdrenaje sintético

En base a la actualización de tecnologías como son las mallas sintéticas, se explica que contienen tres elementos a considerar:

- Red de malla sintética: se constituye con el fin de formar unos canales que facilitan el curso del agua.
- Geotextil: actúa como filtro el cual impide el paso de partículas de suelos que se dirigen a la red de la malla sintética.
- Tubo colector perforado: se envuelve por el geotextil colocándolo una manguera perforada de PVC, donde se recoge y conduce el agua colectada por la red de malla sintética.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Propuesta de diseño de escombrera

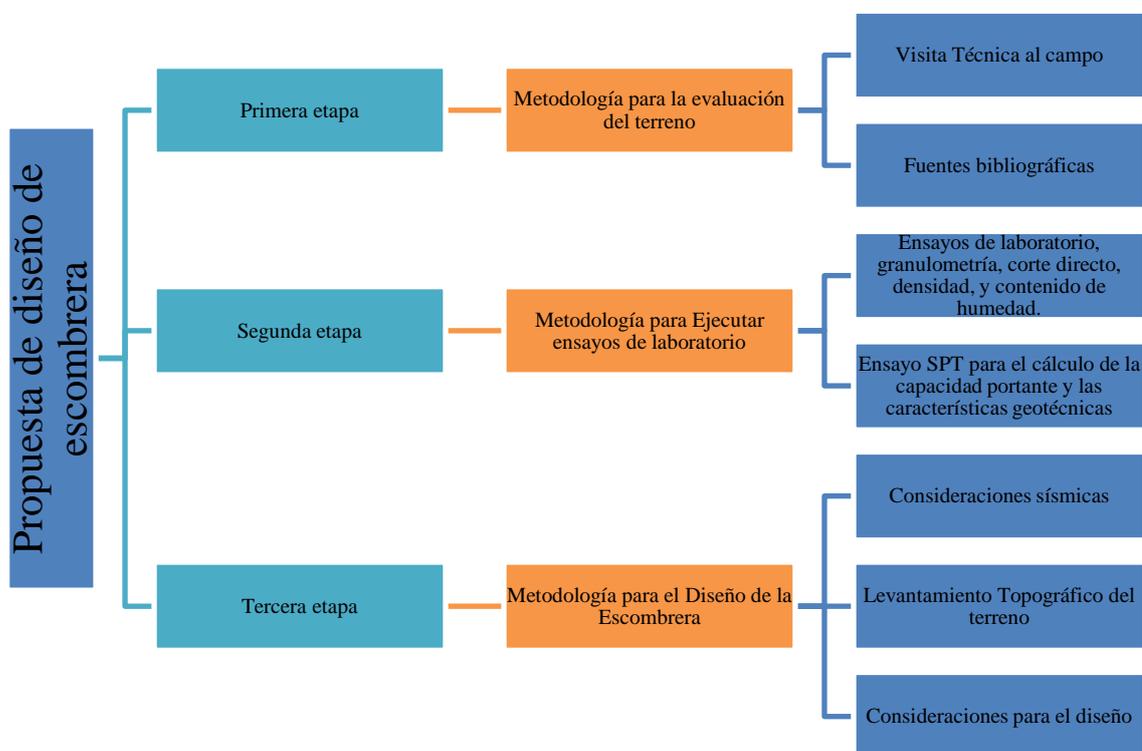


Ilustración 3-1: Propuesta de diseño de escombrera

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023

3.1.1. Primera etapa

“Metodología para evaluar el terreno donde se pretende realizar el diseño de escombrera.”

El proyecto técnico se realizó mediante un estudio descriptivo, porque se recolectó información, para el posterior análisis de sus registros de geología, topografía, de igual manera se realizó una investigación bibliográfica de informes técnicos, artículos científicos para la identificación de los parámetros y recopilación de información proporcionada por el Gobierno Municipal del Cantón Morona.

3.1.2. Segunda etapa

“Metodología para la ejecución de ensayos de laboratorio con muestras tomadas del lugar para la identificación de sus características”

Definida la ubicación de la escombrera en el área de estudio y la información realizada por la consultoría del GAD Municipal del cantón Morona, se parte a analizar el estudio de los ensayos de campo (sondeos a percusión y test de penetración estándar), y ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas, con el fin de identificar el tipo de suelo presente, caracterizar su resistencia y deformación.

3.1.2.1. Investigación de campo

Con el objetivo de realizar la toma de muestras en el área de estudio para conocer las características litológicas y mecánicas del subsuelo, por ello se va a analizar el número y tipos de sondeos, la profundidad y la ubicación de estos. Para la recuperación de las muestras se debe considerar los procedimientos establecidos en la norma ASTM para su posterior análisis en laboratorio.

La presencia de agua en el lugar de estudio es un aspecto fundamental para las condiciones de la cimentación, por lo que se debe tener un registro del nivel freático en los sondeos o calicatas realizados en campo.

3.1.2.2. Ensayos de laboratorio

Para los ensayos en laboratorio se van a considerar los siguientes:

- Clasificación de suelos SUCS
- Contenido de humedad natural
- Análisis granulométrico por tamizado
- Gravedad específica

Cada uno de los ensayos mencionados estarán regidos en base a la norma ASTM y la normativa ecuatoriana de la construcción NEC.

De esta manera tomamos en cuenta los siguientes parámetros:

a) *Granulometría:*

El número de tamiz se determinó dependiendo del tamaño de grano:

Tabla 3-1: Serie de tamices empleados
según la Norma ASTM-422

Abertura (mm)	N° Tamiz
25,4	1"
19,05	3/4"
12,7	1/2"
9,53	3/8"
4,75	No 4
2	No 10
0,43	No 40
0,075	No 200

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

La serie fue tomada en base a la Norma ASTM-422

TAMICES SERIE ASTM									
Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura
5"	127.00	1 1/2"	38.10	3/8"	9.53	12	1.70	60	0.250
4.24"	107.70	1 1/4"	31.75	5/16"	7.94	14	1.40	70	0.212
4"	101.60	1.06"	26.92	0.265"	6.73	16	1.18	80	0.180
3 1/2"	88.90	1"	25.40	1/4"	6.35	18	1.00	100	0.150
13/4"	82.55	7/8"	22.23	4	4.75	20	0.85	120	0.125
3"	76.20	3/4"	19.05	5	4.00	25	0.71	140	0.106
2 1/2"	63.50	5/8"	15.88	6	3.35	30	0.60	170	0.090
2.12"	53.85	0.53"	13.46	7	2.80	35	0.50	200	0.075
2"	50.80	1/2"	12.70	8	2.36	40	0.43	230	0.065
1 3/4"	44.45	7/16"	11.11	10	2.00	50	0.36	270	0.053

Ilustración 3-2: Número de tamices

Fuente: Norma ASTM-422, 2018

b) *Porcentaje de retenido:*

$$\%Retenido = \frac{W_{tamiz}}{W_1} \times 100\%$$

Donde:

W_{tamiz}= Peso retenido de cada tamiz

W₁= Peso de la muestra secada al horno

3.1.2.3. Caracterización geotécnica

Mediante los ensayos de campo y de laboratorio se van a determinar los parámetros geomecánicos de los materiales que componen el subsuelo del área de estudio. En este apartado se conocerán los perfiles estratigráficos al analizar la composición y disposición de los diferentes estratos del suelo perteneciente al lugar de estudio. Entre los parámetros geomecánicos se van a determinar los siguientes:

Según Bowles (1981): Basándonos en la ecuación del índice de plasticidad se puede determinar:

- *Humedad %*

Este valor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(M_1 - M_2) * 100}{M}$$

Donde:

M₁= peso de la cápsula más muestra húmeda

M₂= peso de la cápsula más muestra seca

M= peso total de la muestra

- *Límite líquido*

Este parámetro se rige a la norma (ASTM D 4318-05) donde se hace una relación con el número de golpes del ensayo SPT y la humedad que tiene cada muestra.

- *Límite plástico*

Para conocer el límite plástico de una muestra se realiza un promedio acorde a los porcentajes de humedad que se disponga.

- *Ángulo de fricción interna*

Para este parámetro se toma en cuenta las correlaciones con el número de golpes de SPT corregido N₁(60):

Según Montenegro y González, 2014:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86N160}$$

Donde:

ϕ' = ángulo de fricción interna

N₁(60) = número de SPT corregido

- *Resistencia al corte no drenado*

Para estimar la Resistencia al Corte no drenado (C_u) mediante ensayos in-situ como el ensayo de Penetración Estándar (SPT) en suelos cohesivos saturados, empleando la siguiente expresión:

Según: Terzaghi y Peck (1967):

$$C_u = 6.5 * NSPT$$

Donde:

C_u = resistencia al corte no drenado

NSPT: Número de golpes del ensayo STP

3.1.2.4. Sismicidad

El diseño de la escombrera de residuos de materiales de construcción está regido en lo establecido por la NEC, para lo cual será la base de las consideraciones sísmicas de la presente investigación. Para el análisis de sismicidad en el lugar de estudio se deberá identificar la zona de intensidad sísmica según el mapa de zonificación sísmica para diseño.

Según la relación:

$$N = \frac{d_i}{d_i / N_i}$$

Donde:

d_i = número de muestra.

N_i = número de golpes SPT corregido (N60).

3.1.2.5. Método del índice de calidad

Para evaluar el sitio de emplazamiento se elabora el método índice de calidad del emplazamiento propuesto por Ayala & Rodríguez (1986), indicándose en la siguiente expresión:

$$Q_e = \alpha * (\beta * \theta)^{(\delta * \eta)}$$

- α = Factor de alteración de la capacidad portante del terreno afectado por el nivel freático.
- β = Factor de resistencia de cimentación
- θ = Factor topográfico o de pendiente, el cual varía en base si la implantación efectúa un terraplén o en ladera en función de la inclinación.
- η = factor relativo al entorno del ser humano y el material afectado, considerando el riesgo de ruina de diferentes elementos en el caso de la destrucción de la escombrera.
- δ = factor de alteración de la red de drenaje.

Al obtener los valores de cada factor, se determina el valor de Q_e , explicándose que en la siguiente tabla se define la valoración de emplazamiento:

Tabla 3-2: Clasificación del índice de calidad

Valor de Q_e	EMPLAZAMIENTO
$0.90 < Q_e < 1$	Óptimo para cualquier tipo de estructura. Tolerable para estructuras de gran volumen
$0.50 < Q_e < 0.90$	Adecuado para estructuras de volumen moderado
$0.30 < Q_e < 0.50$	Tolerable
$0.15 < Q_e < 0.30$	Mediocre
$0.08 < Q_e < 0.15$	Malo
$Q_e > 0.08$	Inaceptable

Fuente: Marquéz, 2006.

3.1.3. Tercera etapa

“Metodología para realizar el diseño geométrico de la escombrera con el fin de obtener volúmenes de disposición de los residuos de construcción”

Esta constituye el procesamiento de datos con la elaboración de: El mapa geológico, mapa Hidrológico, Ensayos SPT para el cálculo de la capacidad portante, análisis de los resultados de los ensayos (resistencia al corte, cohesión, ángulo de fricción interna, densidad, granulometría y contenido de humedad) que son los datos de entrada para la siguiente etapa que es el diseño de la escombrera.

El cálculo de los parámetros que se toman en cuenta son:

3.1.3.1. Tensión admisible

Se emplea la siguiente solución basada en la normativa CTE DB SE-C, donde la capacidad portante del suelo de cimentación viene dada por la fórmula:

$$R_k = C_u * N_c * d_c * s_c * i_c * t_c + q_0$$

Donde:

C_u = cohesión total del suelo

N_c = componente horizontal de la carga resultante

d_c = profundidad de la zapata

Sc= ancho y longitud efectiva de la base
tc=componente vertical de la carga resultante
q0= carga uniforme

3.1.3.2. Estimación del número de asientos

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:

$$S_i = q \cdot B (1 - \mu^2) \cdot I / E$$

Donde:

S_i = Asentamiento inicial.

B = Ancho de la zapata.

E = Módulo de Young.

I = Factor de influencia.

μ = Coeficiente de Poisson.

q= Presión de trabajo

3.1.3.3. Selección del periodo de retorno

El Periodo de Retorno se lo denomina el tiempo (en años), donde el valor del caudal pico de una creciente determinado es igual o superada una vez cada “T” años. En caso de tener acontecimientos anuales independientes, se puede calcular la probabilidad de falla de una vida útil de n años. Para utilizar el periodo de retorno dentro de una obra se debe considerar la relación que existe entre la probabilidad de excedencia del evento, vida útil de las estructuras y el riesgo de fallas admisibles. (MTC-Perú 2018, p. 20). El riesgo de la falla admisible se encuentra en función del periodo de retorno y la vida útil de la obra, expresado de la siguiente manera

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Donde se indica que la obra tiene una vida útil de n años, se permite calcular el periodo de retorno T, donde el riesgo de falla admisible R es la probabilidad de ocurrencia del pico en la creciente durante la vida útil de la obra. (MTC-Perú 2018, p. 20).

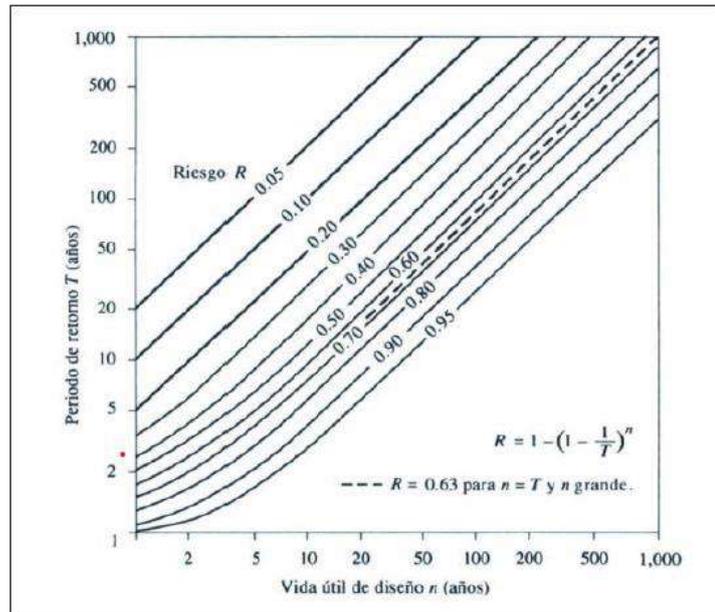


Ilustración 3-3: Método por tongadas horizontales compactadas

Fuente: Donaire et al., 2015.

3.1.4. Análisis estadístico de datos hidrológicos

El análisis de las frecuencias tiene como finalidad la estimación de precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para los diferentes periodos de retorno, con la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales son continuos o discretos. En estadística se presentan varias funciones de distribución de probabilidad teóricas, recomendando el uso de las siguientes funciones:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal 2 parámetros.
- Distribución Log Normal 3 parámetros.
- Distribución Gamma 2 parámetros.
- Distribución Gamma 3 parámetros.
- Distribución Log Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución Log Gumbel.

3.1.5. Determinación de la Tormenta de Diseño

La tormenta de diseño es el patrón de precipitación que se define para el uso en el diseño del sistema hidrológico, el cual conforma de la entrada al sistema los caudales que resultan; por medio de este dato se obtiene el cálculo utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de

caudales. La generación del diseño de tormentas se fundamenta en datos históricos sobre las lluvias en la localidad o puede ser desarrollado empleando patrones típicos de precipitación de áreas cercanas. Este método se emplea al utilizar valores específicos de lluvia para calcular los caudales máximos en sistemas de drenaje pluvial y alcantarillas de carril. (Chow, 2018, p.20)

3.1.6. *Curvas intensidad - Duración - Frecuencia*

La tasa temporal de precipitación se denomina intensidad, expresándose como la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Se expresa de la siguiente manera, la intensidad promedio: (Chow, 2018, p 20).

Las fórmulas según la metodología de Ven Te Chow (2018):

$$i = \frac{P}{T_d}$$

Donde:

P: profundidad de lluvia (mm)

T_d: duración (h)

Con respecto a las curvas intensidad – duración – frecuencia son un diseño donde se relaciona la intensidad de lluvia, duración y frecuencia en la que se presenta. Para calcular las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), se requiere recolectar datos pluviométricos de las lluvias en la ubicación de interés y elegir las precipitaciones más intensas de diversas duraciones para cada año. Esto da lugar a una serie anual de registros para cada año, generando un valor para cada año y una duración específica. Las curvas IDF se representan mediante ecuaciones, lo que evita la necesidad de interpretar la intensidad de lluvia de diseño directamente de un gráfico, expresada de la siguiente manera: (Chow, 2008, p. 30).

$$I = \frac{a}{(D + d)^m}$$

Donde:

I: intensidad de la lluvia del diseño

D: duración

a, b y m: coeficientes que varían con la zona y el periodo de retorno

La intensidad se expresa en la siguiente formula:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde:

I: intensidad máxima (mm/h)

K, m, n: factores característicos de la zona de estudio

T: periodo de retorno en años.

3.1.7. *Tiempo de concentración*

Hace referencia al tiempo que requiere una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Una vez transcurrido el tiempo de la concentración se evidencia que la cuenca va a contribuir al caudal en el punto de salida. El tiempo de concentración real se basa en varios factores, expresándose (Chow, 2008, p.35).

$$T_c = t_o + t_f$$

Donde:

t_o: tiempo de entrada

t_f: tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés $\Sigma = L_i/V_i$.

La fórmula para el cálculo del tiempo de concentración por el método de California Culverts Practice (1942):

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L: longitud del curso de agua más largo (m)

H: diferencia de nivel entre la divisoria de agua y la salida (m)

3.1.8. *Precipitación total y efectiva*

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (Pe), es la precipitación que no tiene retención en la superficie y no se infiltra en el suelo, por lo que el agua al fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de esta se convierte en una escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición del flujo superficial hortoniano. Las gráficas de exceso de precipitación Vs. Tiempo o histograma de exceso de precipitación llega a ser un componente importante para realizar el estudio de relación lluvia-escorrentía (Chow, 2008, p. 35).

3.1.8.1. Método SCS para abstracciones

En base al desarrollo de Soil Conservation Service (1972), se explica el método para el cálculo de las abstracciones de la precipitación de una tormenta.

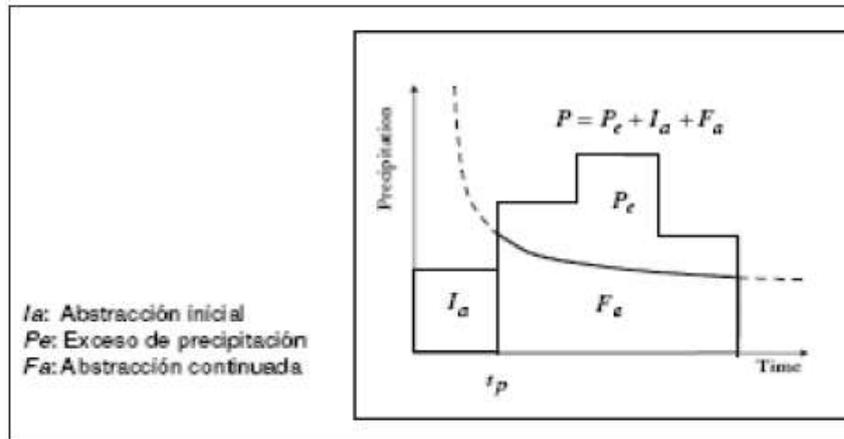


Ilustración 3-4: Método SCS para abstracciones

Fuente: Ven te Chow, 2008

La hipótesis del método del SCS se refiere a que las relaciones de 2 cantidades reales y las 2 cantidades potenciales son iguales, y con el Principio de continuidad, se obtiene la ecuación básica para calcular la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta, con el uso del método SCS.

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Para la aplicación de esta metodología, es necesario el uso del valor de CN (número adimensional de curva o curva número) en base al área de estudio, dicho valor se obtiene de procesos de calibración, el cual se obtiene con información de campo, es un proceso de prueba y error donde se ajusta el parámetro (CN) hasta obtener coincidencias de ambos hidrogramas.

El parámetro CN puede estimarse como alternativa de la siguiente manera:

- Número adimensional $0 \leq CN \leq 100$.
- En superficies impermeables y superficies de agua $CN = 100$.
- En superficies naturales $CN < 100$.

El número de curva y S se relacionan por:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (pulg)}$$

Los números de curvas se aplican en condiciones de humedad normales (AMC II), para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva se calculan por:

$$CN (I) = \frac{4.2 CN (II)}{10 - 0.058 CN (II)}$$

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 - 0.13CN (II)}$$

La clasificación de clases antecedentes de humedad (amc) para el método de abstracción de lluvia del SCS se expresa:

Tabla 3-3: Clasificación de humedad AMC

GRUPO AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación activa
I	Menor que 0,5	Menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	A,4 a 2,1
III	Sobre 1,1	Sobre 2,1

Fuente: Ven te Chow, 2008.

Los números de curva se han tabulado por el Soil Conservation Service en base al tipo de suelo y el uso de la tierra. Definiéndose cuatro grupos:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos, limos agregados. (Chow, 2008, p. 40).
- Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa. (Chow, 2008, p. 40).
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla. (Chow, 2008, p. 40).
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos. (Chow, 2008, p. 40).

3.1.9. Método racional

Estima el caudal máximo de la precipitación, donde abarca todas las abstracciones en el coeficiente de escorrentía, el cual se estima en base a las características de la cuenca, se usa para

cuenca con un $A < 10 \text{ km}^2$, donde la duración de P es igual a t_c . La descarga máxima de diseño resulta de la siguiente expresión: (MTC-Perú, 2018, p.48).

$$Q = 0,278 CIA$$

Donde:

Q: descarga máx. de diseño (m^3/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: área de la cuenca (km^2)

Se considera que el valor del coeficiente de escorrentía se establece en base a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas.

3.1.9.1. Método racional modificado

Según la propuesta de Témez (1987, 1991) por la adaptación de las condiciones de clima, permite estimar los caudales punta en cuencas de drenajes naturales de manera más sencilla, donde se posea áreas menores a 770 km^2 y con tiempos de concentración entre 0,25 a 24 horas, expresado de la siguiente manera: (MTC-Perú, 2018, p.48).

$$Q = 0,278 CIAK$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía dentro del intervalo que se produce I.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km^2)

K: Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas son las siguientes:

a) Tiempo de concentración (T_c)

$$T_c = 0,3 (L/S^{0,25})^{0,76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce mayor (km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

b) *Coeficiente de uniformidad*

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (horas)

c) *Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (k_A)*

$$k_A = 1 - (\log_{10} A/15)$$

Donde:

A: área de la cuenca (km²)

d) *Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)*

$$P = K_A P_d$$

Donde

K_A: factor reductor

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

e) *Intensidad de precipitación (I)*

$$I = \left(\frac{p}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc: Tiempo de concentración (horas)

f) *Coeficiente de escorrentía (C)*

$$C = \frac{(P_c - P_o) * (P_c + 23 * P_o)}{(P_c + 11 * P_o)^2}$$

Donde:

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

P_o: Umbral de escorrentía = $\left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN: Número de curva.

A continuación, se determinó el tipo de escombrera a realizarse que de acuerdo con las características del terreno se eligió la escombrera de llanura o exenta ya que el terreno no cuenta con un grado de pendientes altas y generalmente es plano.

La etapa final consistirá en realizar el cálculo de volumen de escombros que van a ser depositados mediante el uso del software Civil 3D.

CAPÍTULO IV

4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Hidrología

Dentro de la provincia de Morona Santiago se encuentran extensas redes hidrográficas, incluyendo los ríos Morona, Santiago, Kamkain, Macuma, Yaupi, Mangosiza, Upano, Abanico, Palora, Miriumi, Paute, Negro, entre otros. Importante destacar que la cuenca más extensa es la del río Santiago, a compartir el 50% del área territorial nacional, y en esta cuenca se identifican 303 microcuencas. (CISPDR, 2016, p. 175).

En el cantón Morona también se encuentran extensas redes hidrográficas, incluyendo cuencas significativas como Upano, Kaspaimi, Cushuimi, Mangisiza, Yukipa, Cuchaentza, Sangay, Chapiza, Morona, Macuma, Anguchaca, Pajanak, Chiguaza, entre otras. Además, la zona está atravesada por diversas quebradas como Soroche, Qchunts, Iraloma, Ramosyacu, Tigrera, Yacacocha, entre otras.

En la región donde se proyecta implementar el diseño propuesto para la gestión de materiales de construcción en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GAD) del cantón Morona, se localizan en las cercanías los ríos Yukipa y Wapula. Estos cursos fluviales abarcan una extensión de 31,323 km y 15,89 km respectivamente (Gestión Ambiental, 2020, p. 7)

4.2. Clima

En la provincia de Morona Santiago, no se cuenta con datos meteorológicos y climáticos adecuados, según se indica en el informe del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD Morona, 2015, p.6). Las estaciones que fueron instaladas en el pasado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) tienen información incompleta para el período entre 2001 y 2012, posiblemente debido a fallos en su funcionamiento o falta de mantenimiento. Por este motivo, para realizar a cabo el análisis climatológico actual, se decidió utilizar los datos meteorológicos y climáticos provenientes de la estación ubicada en el Aeropuerto de Macas.

4.3. Sismicidad

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, que es aplicable al diseño resistente ante sismos de todo tipo de estructuras expuestas a los efectos de posibles terremotos durante su vida útil. El área de investigación se encuentra ubicada en una región con un nivel de actividad sísmica de grado III, con un valor de factor Z igual a 0.30, lo cual la caracteriza como una zona con una amenaza sísmica significativa, según lo indicado en el mapa de zonificación sísmica para propósitos de diseño. La percepción del temblor es de gran intensidad y el riesgo de daño es de nivel moderado.

4.4. Topografía

Dentro de la zona de análisis, se encuentran pendientes naturales que alcanzan una altura máxima de 8 metros, lo cual contribuye significativamente a reducir el riesgo de deslizamientos.

Con base en la información recolectada, se generaron mapas de localización, tanto de la geología a nivel regional como local, además de la hidrología del área en estudio destinada para la ubicación de la escombrera. El diseño de la disposición de materiales de construcción se llevó a cabo en el área espacial definida por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Morona. En la siguiente ilustración se muestra el levantamiento topográfico realizado en la región de investigación.

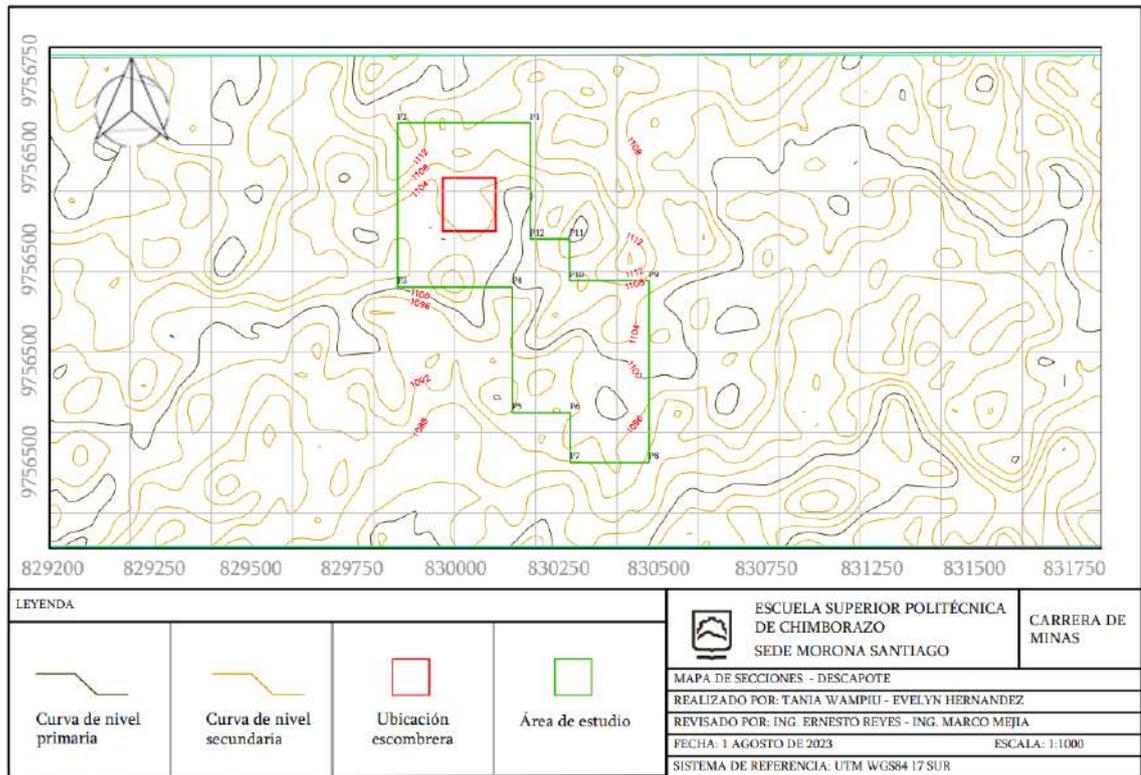


Ilustración 4-1: Levantamiento topográfico del área de estudio.

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.4.1. Curvas de nivel del área de estudio

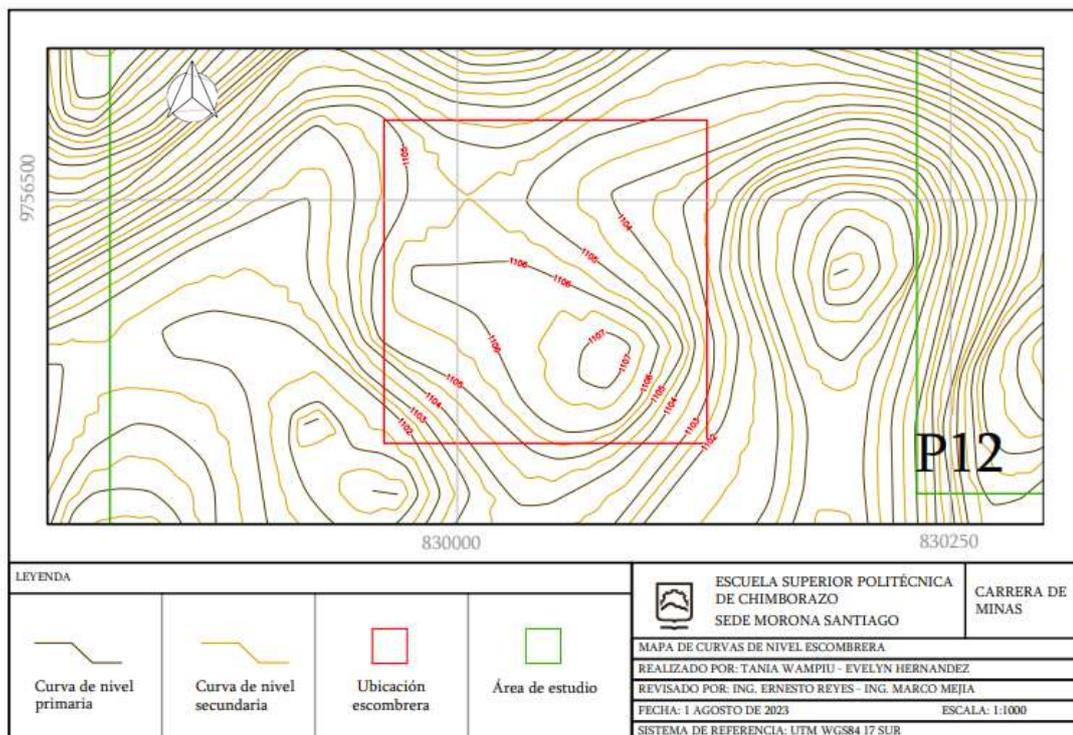


Ilustración 4-2: Curvas de nivel del área de estudio

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.4.1.1. Coordenadas de la zona de estudio

Tabla 4-1: Coordenadas de la zona de estudio

ID	X	Y
P1	830233	9756710
P2	829824	9756710
P3	829824	9756200
P4	830177	9756200
P5	830178	9755810
P6	830356	9755810
P7	830356	9755655
P8	830599	9755655
P9	830599	9756220
P10	830354	9756220
P11	830354	9756349
P12	830233	9756349

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.5. Investigación de campo

Con el propósito de obtener muestras, y conocer las características litológicas y mecánicas de subsuelo, se realizaron los siguientes trabajos siguiendo las pautas y procedimientos que exigen la normativa existente al respecto.

Tabla 4-2: Resumen de los ensayos de laboratorio

Ensayos de laboratorio	Norma	Número de ensayos
Clasificación de Suelos (SUCS).	ASTM D-2487	3
Contenido de Humedad Natural	ASTM D-2216	3
Gravedad específica	ASTM C-128	3
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422	3

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

La ubicación de los sondeos fue analizada por el equipo de trabajo teniendo en cuenta el diseño y ubicación de la estructura.

Tabla 4-3: Resumen de los trabajos in situ

Sondeos	Coordenada		Profundidad Excavación (m)
	Norte	Este	
SE-1	9756657	830172	6
SE-2	9756612	830013	6
SE-3	9756317	830203	6

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

Se realizaron dos sondeos a percusión mediante ensayos de penetración estándar (SPT) con un alcance de hasta 6,00m. de profundidad. Las muestras recuperadas se describieron mediante un análisis manual – visual, de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma ASTM D 2488, permitiéndonos identificar las distintas facies estratigráficas. Las muestras recuperadas fueron etiquetadas, embaladas y transportadas al Laboratorio de Suelos, como indica la norma ASTM D 4220.

4.5.1. Nivel freático

La identificación de la ubicación del nivel freático se vuelve de gran relevancia en el análisis de las circunstancias de la base de sustentación, por lo que durante la visita de campo se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática. Los registros de niveles de agua en los sondeos y se exponen a continuación:

Tabla 4-4: Nivel freático en sondeos

Sondeo	Nivel Freático (m)
SE - 1	2.7
SE - 2	2.8
SE - 3	3.60

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

En la tabla 4-4 se puede evidenciar la profundidad en metros que alcanza el nivel freático en cada estrato concluyendo que la mejor opción para cimentar es el sondeo SE-2 es decir a los 2.8 m de profundidad.

4.6. Ensayos de laboratorio

Las pruebas de laboratorio utilizadas con el propósito de reconocer las características de los suelos y establecer los parámetros geotécnicos más significativos, han abarcado la ejecución de:

Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo con 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 C.

Tabla 4-5: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA	NÚMERO DE ENSAYOS
Clasificación de Suelos (SUCS)	ASTM D-2487	3
Contenido de Humedad Natural	ASTM D-2216	3
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422	3
Determinación de Límites de Atterberg	ASTM D-4318	2
Gravedad específica	ASTM C-128	3

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.7. Caracterización Geotécnica

4.7.1. Granulometría

Los ensayos se realizaron para los tres niveles identificando así la granulometría en cada uno de ellos: Anexo 5

Tabla 4-6: Tamices usados en los ensayos de laboratorio

	Tamiz
25,4	1"
19,05	3/4"
12,7	1/2"
9,53	3/8"
4,75	No 4
2	No 10
0,43	No 40
0,075	No 200

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.7.1.1. Procedimiento

Para cada uno de los sondeos se realizó lo siguiente:

1. Los tamices se colocan en forma de columna uno encima del otro, de mayor a menor abertura de malla.
2. Pesar toda la muestra
3. Se pone la muestra en el primer tamiz y según sea su diámetro ira cayendo por los orificios que estos tienen.
4. Se procede a pesar cada una de las porciones de muestra que hayan quedado en los diferentes tamices.
5. Este procedimiento se realizó con cada muestra de los sondeos.

4.7.1.2. Porcentaje de retenido

Según la norma ASTM D 422-63 tenemos que:

$$\%Retenido = \frac{W_{tamiz}}{W1} \times 100\%$$

Donde:

W_{tamiz} = Peso retenido de cada tamiz

$W1$ = Peso de la muestra secada al horno

- *Sondeo 1*

Profundidad: 4.55 - 5.00 m

Tamiz N° 10

$$\%Retenido = \frac{0.56 \text{ g}}{75.33 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 0.74 \%$$

Tamiz N° 40

$$\%Retenido = \frac{1.47 \text{ g}}{75.33 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 1.95 \%$$

Tamiz N° 200

$$\%Retenido = \frac{5.96 \text{ g}}{75.33 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 7.91 \%$$

- *Sondeo 2*

Profundidad: 1.55 - 2.00 m

Tamiz N° 40

$$\%Retenido = \frac{0.13 \text{ g}}{30.25 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 0.43 \%$$

Tamiz N° 200

$$\%Retenido = \frac{1.72 \text{ g}}{30.25 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 5.69 \%$$

- *Sondeo 3*

Profundidad: 5.55 - 6.00 m

Tamiz N° 3/4"

$$\%Retenido = \frac{30.56 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 21.9 \%$$

Tamiz N° 1/2"

$$\%Retenido = \frac{30.56 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 21.9 \%$$

Tamiz N° 3/8"

$$\%Retenido = \frac{35.17 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 5.69 \%$$

Tamiz N° 4

$$\%Retenido = \frac{45.95 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 25.92 \%$$

Tamiz N° 10

$$\%Retenido = \frac{63.25 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 45.3 \%$$

Tamiz N° 40

$$\%Retenido = \frac{87.34 \text{ g}}{139.49 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 62.6 \%$$

Tamiz N° 200

$$\%Retenido = \frac{109.7 \text{ g}}{78.8 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%Retenido = 78.8 \%$$

4.7.2. Humedad Natural

Este valor se obtiene mediante la siguiente ecuación basado en la norma ASTM D 2216-05.

Anexo 5

$$\% \text{ humedad} = \frac{(M_1 - M_2)}{M} * 100$$

Donde:

M₁= peso de la cápsula más muestra húmeda

M₂= peso de la cápsula más muestra seca

M= peso total de la muestra

4.7.2.1. Procedimiento

1. Se tomó 148.99 g de muestra.
2. Se tomaron 3 cápsulas para posteriormente ser pesadas cada una de ellas.
3. Una vez pesadas se les agrega una porción del total de la muestra inicial.
4. Se vuelve a pesar cada cápsula ya con la muestra
5. Colocar en el horno todas las cápsulas por 24 horas a 100 °C

6. Una vez transcurrido este tiempo, volver a pesar la muestra.
7. Realizar los cálculos correspondientes para cada una de las muestras.
8. Este procedimiento se hizo para cada sondeo.

4.7.2.2. Resultados

- Sondeo 1

Profundidad: 4.55 - 5.00 m

Peso cap = 14.70 g

M₁ = 163.69g

M₂ = 90.3g

$$\% \text{ humedad} = \frac{(163.69 - 14.70) \text{ g} - (90.3 - 14.70) \text{ g}}{(90.3 - 14.70) \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ humedad} = 73.78 \%$$

- Sondeo 2

Profundidad: 1.55 - 2.00 m

Peso cap = 15.47 g

M₁ = 132.1 g

M₂ = 45.91 g

$$\% \text{ humedad} = \frac{(132.1 - 15.47) \text{ g} - (45.91 - 15.47) \text{ g}}{(45.91 - 15.47) \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ humedad} = 186.39 \%$$

- Sondeo 3

Profundidad: 5.55 - 6.00 m

Peso cap = 17.40 g

M₁ = 257.56 g

M₂ = 156.89 g

$$\% \text{ humedad} = \frac{(257.56 - 17.40) \text{ g} - (156.89 - 17.40) \text{ g}}{(156.89 - 17.40) \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ humedad} = 72.18 \%$$

4.7.3. Límite líquido

Para el límite líquido se hizo una relación con el número de golpes vs humedad. Anexo 5

4.7.3.1. Procedimiento

1. En un recipiente de porcelana colocar 150 g de muestra.
2. En el recipiente con la muestra colocar agua hasta obtener una mezcla homogénea para posteriormente ser puesta en cuchara de la casa grande.
3. Una vez expandida la muestra por toda la cuchara, procedemos a realizar un corte longitudinal con el acanalador para separar la muestra y proseguir con el giro antihorario contando el número de golpes hasta que la muestra se vuelva a juntar.
4. Una vez la muestra se junta con la espátula realizamos tres cortes horizontales para tomar la cantidad de muestra que está en la mitad.
5. Colocarla en un recipiente y pesar.
6. Poner el número de muestras tomadas en el horno por un tiempo de 24 h
7. Una vez transcurrido el tiempo de secado, sacar del horno y pesar la muestra para continuar con los cálculos respectivos.

4.7.3.2. Resultados

- *Sondeo 1*

Profundidad: 4.55 - 5.00 m

Tabla 4-7: Resultados de Límite Líquido Sondeo 1

N° de golpes	Humedad
32	79
23	81
13	83

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

Para la gráfica

$$\log (32) = 1.5$$

$$\log (23) = 1.36$$

$$\log (13) = 1.11$$

- *Sondeo 2*

Profundidad: 1.55 - 2.00 m

Tabla 4-8: Resultados de Límite Líquido Sondeo 1

N° de golpes	Humedad
33	210.15
23	216.41
14	221.52

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

Para la gráfica

$$\log(33) = 1.51$$

$$\log(23) = 1.36$$

$$\log(14) = 1.14$$

- *Sondeo 3*

Profundidad: 5.55 - 6.00 m

En este nivel solo encontramos material no plástico.

4.7.4. Límite plástico

Es el valor medio de la humedad del suelo. Anexo 5

4.7.4.1. Procedimiento

1. Tomar la muestra en porciones pequeñas.
2. La masa debe ser de 1 a 2 cm³, amasar en la palma de la mano hasta que está ya no se pegue.
3. Formar de 4 a 5 cilindros de 2 mm de diámetro preferentemente hacerlo en una base de papel para que se absorban los restos de agua que hayan quedado.
4. Si estos se llegaran a deshacer repetir el proceso hasta conseguir el diámetro requerido.
5. Luego depositarlos en un recipiente para ser llevado al horno por un aproximado de 24 horas.
6. Pesar la muestra una vez sacada del horno.
7. Realizar los cálculos respectivos según el número de muestras que se hayan tomado.

4.7.4.2. Resultados

- *Sondeo 1*

Profundidad: 4.55 - 5.00 m

Humedad:

56.96

55.81

55.52

$$LP = \frac{56.96 + 55.81 + 55.52}{3}$$

$$LP = 56.10$$

- *Sondeo 2*

Profundidad: 1.55 - 2.00 m

Humedad:

154.74

155.04

153.06

$$LP = \frac{154.74 + 155.04 + 153.06}{3}$$

$$LP = 154.28$$

- *Sondeo 3*

Profundidad: 5.55 - 6.00 m

En este nivel solo encontramos material no plástico.

4.7.5. *Sondeos geotécnicos*

La combinación de pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio ha posibilitado llevar a cabo la caracterización geotécnica de los elementos constituyentes del subsuelo en la zona de investigación diferenciando tres niveles geotécnicos:

Tabla 4-9: Profundidad de ensayo SPT

NIVEL	PROFUNDIDAD
I	0,0m. a 0,40m
II	0,40m a 3,80m. – 5,30m
III	3,80m. – 5,30m. a 6,00m

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

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:

4.7.5.1. Nivel I: Suelo vegetal

Este nivel aflora en la superficie, está compuesto por la siguiente litología:

- Suelo vegetal, color negruzco, compuesta por limo arcilloso plástico con presencia de materia orgánica. Humedad alta y de consistencia blanda. Misma que se puede apreciar en el Anexo 1.

Debido al contenido de materia orgánica y consistencia blanda, este nivel debe quedar superado por la cimentación.

4.7.5.2. Nivel II: Limo arcilloso plástico café y gris claro.

Este nivel está compuesto por dos subniveles con la siguiente litología:

- Subnivel IIa: Limo arcilloso plástico, color café a café marrón. Humedad alta a saturada y de consistencia media.
- Subnivel IIb: Limo arcilloso plástico, color gris claro. Saturada y de consistencia blanda.

Identificación geotécnica del material

Los materiales finos se han identificado mediante ensayos de granulometría y plasticidad, obteniendo la siguiente clasificación:

Tabla 4-10: Clasificación de suelos – Nivel II

Muestra	Profundidad	Descripción	ASTM	AASHTO
SE2 – SPT3	2,55 - 3,00	Limo plástico	MH	A-7-5
SE1 – SPT5	4,55 - 5,00	Limo plástico	MH	A-7-5

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

Características Resistentes

Se realizaron ocho ensayos S.P.T. en esta unidad, con valores entre 4 a 7 golpes/30 cm. Este valor indica una consistencia blanda a mediana. Se puede estimar relaciones geotécnicas para estimar la Resistencia al Corte no drenado (Cu) mediante ensayos in-situ como el ensayo de Penetración Estándar (SPT) en suelos cohesivos saturados, empleando la siguiente expresión:

- Terzaghi y Peck (1967): $6.5 * N_{SPT}$

Se ha estimado el ángulo de fricción interna de los materiales arenosos a partir de correlaciones con el número de golpes de SPT corregido N_{160} (N_{160} se refiere al N_{spt} corregido en base a factores principalmente como energía, longitud del varillaje, y tensión vertical), empleando la formulación propuesta por los autores Montenegro y González (2014):

- Montenegro y González, 2014: $\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 N_{1(60)}}$

Donde:

N_{160} = número de golpes STP corregidos

- SE-1

Profundidad 1 (0.60 – 1.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 6}$$

$$\phi' = 25,4$$

Profundidad 2 (1.60 – 2.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 8}$$

$$\phi' = 27,1$$

Profundidad 3 (2.60 – 3.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 7}$$

$$\phi' = 26,2$$

Profundidad 4 (3.60 – 4.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 6}$$

$$\phi' = 25,2$$

Profundidad 5 (4.60 – 5.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 4}$$

$$\phi' = 22,9$$

- SE-2:

Profundidad 1 (2.60 – 3.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 6}$$

$$\phi' = 25,2$$

Profundidad 2 (3.60 – 4.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 7}$$

$$\phi' = 26,2$$

Profundidad 3 (4.60 – 5.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 4}$$

$$\phi' = 22,9$$

- SE-3

Profundidad 1 (0.20 – 1.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 7}$$

$$\phi' = 26,9$$

Profundidad 2 (1.20 – 2.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 6}$$

$$\phi' = 25,2$$

Profundidad 3 (2.20 – 3.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 4}$$

$$\phi' = 23,1$$

Profundidad 4 (3.20 – 4.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 3}$$

$$\phi' = 24,1$$

Profundidad 5 (4.20 – 5.30) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 2}$$

$$\phi' = 23,6$$

Se puede evidenciar que a diferentes profundidades el ángulo de fricción va cambiando, dependiendo de la corrección de golpes SPT que cada uno tiene, en el caso de los sondeos SE-1, SE-2 y SE-3 tenemos que el máximo ángulo posible para la pendiente varía entre los 26°- 27° así

también la cohesión de suelo de 45.5 kPa o 39 kPa estimado que se trata de un suelo de consistencia media con humedad alta a saturada tratándose de un limo arcilloso plástico que puede ser apto para cimentación.

Tabla 4-11: Estimación del ángulo de fricción interna y Resistencia al corte no drenado

Sondeo	Profundidad (m)	NSPT	N1(60)	Ángulo de Fricción	Cu (kPa)
SE-1	1	5	6	25	32.5
	2	7	8	27	45.5
	3	7	7	26	45.5
	4	6	6	25	39
	5	4	4	23	26
SE-2	1	5	6	25	32.5
	2	6	7	26	39
	3	4	4	23	26
SE-3	1	4	7	26	39
	2	6	6	25	50
	3	4	4	23	39
	4	4	3	24	39
	5	3	2	23	26

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

4.7.5.3. Nivel III: Arena limosa

Esta unidad subyace al Nivel II, y está compuesta por la siguiente litología: Arena limo arcilloso, color gris marrón-amarillento. Contiene gravas (20%) de hasta 5 cm de diámetro. Saturada y de compacidad suelta a compacta.

Identificación del material

Los materiales finos se han identificado mediante ensayos de granulometría y plasticidad, obteniendo la siguiente clasificación:

Tabla 4-12: Clasificación de suelos – Nivel III

Muestra	Profundidad	Descripción	ASTM	AASHTO
SE2 – SPT6	5,55 - 6,00	Arena limosa	SM	A-7-5

Realizado por: Hernandez, E. & Wampiu, T., 2023.

Características resistentes

Se realizaron cuatro ensayos S.P.T. en esta unidad, con valores entre 19 a mayor de 50 golpes/30cm. Este valor indica una compactidad compacta a muy densa.

- SE-1:

Profundidad 1: (1.60 – 2.00) m:

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 5}$$

$$\phi' = 24,1$$

- SE-2:

Profundidad 1: (2.00 – 2.60) m

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 8}$$

$$\phi' = 27,1$$

Profundidad 2: (2.60 – 3.20) m

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 10}$$

$$\phi' = 29,1$$

Profundidad 3: (3.60 – 4.80) m

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 18}$$

$$\phi' = 34,3$$

- SE-3:

Profundidad 1: (5.00 – 6.00) m

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 * 20}$$

$$\phi' = 35,5$$

Se puede evidenciar que a diferentes profundidades el ángulo de fricción va cambiando, dependiendo de la corrección de golpes SPT que cada uno tiene, en el caso de los sondeos SE-1, SE-2 y SE-3 en el nivel III tenemos que el máximo ángulo posible para la pendiente varía entre los 34°- 36° así también la cohesión de suelo de 123.5 kPa o 130 kPa estimado que se trata de un suelo de consistencia suelta a compacta con humedad saturada tratándose de una arena limo arcilloso.

Tabla 4-13: Estimación del ángulo de fricción interna - Nivel III

Sondeo	Profundidad (m)	N _{SPT}	N ₁₍₆₀₎	Ángulo de Fricción
SE-1	6,00	5	5	24
SE-2	4,00	8	8	27
	5,00	10	10	29
	6,00	19	18	34
SE-3	6,00	20	20	36

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.8. Caracterización sísmica del sitio

También se ha definido el perfil del suelo de acuerdo con el criterio establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción (numeral 10.5, literal a), en función principalmente del número medio de golpes SPT corregido (N₆₀) y la velocidad de la onda de corte V_s. Para los estratos localizados en los 30m superiores del perfil deben emplearse la siguiente relación.

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n Ni}$$

Dónde:

di: número de muestra.

Ni: número de golpes SPT corregido (N60).

Tabla 4-7: Cálculo del N60 (medio)

Sondeo SE-1				Sondeo SE-2				Sondeo SE-3				Nivel I
Prof.	di	N60	di/Ni	Prof.	di	N60	di/Ni	Prof.	di	N60	di/Ni	Nivel II
0				0				0				Nivel III
0.5				0.5				0.5				
1	1	4	0.25	1	1	4	0.25	1	1	3	0.333	
1.5				1.5				1.5				
2	1	5	0.2	2	1	5	0.2	2	1	5	0.2	
2.5				2.5				2.5				
3	1	5	0.2	3	1	3	0.33	3	1	3	0.333	
3.5				3.5				3.5				
4	1	5	0.2	4	1	7	0.14	4	1	5	0.2	
4.5				4.5				4.5				
5	1	3	0.33	5	1	9	0.11	5	1	2	0.5	
5.5				5.5				5.5				
6	1	4	0.25	6	1	16	0.06	6	1	75	0.013	

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

La clasificación de los perfiles del suelo según la NEC-SE-DS se basa en los siguientes criterios:
El Nivel II corresponde tipo E y el Nivel III tipo E-D.

Tabla 4-15: Tipo de perfil en función del N60 (medio)

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media.	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50$ $S_u \geq 100 \text{ Kp}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas.	$I_p > 20$
		$w \geq 40\%$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 - Suelos susceptibles a las fallas o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H>3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H>7.5m con índice de plasticidad IP>75).	
	F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H>30m).	
	F5 - Suelos con contrastes de impedancia ocurriendo dentro de los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6-Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Tabla 4-16: 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, 2015

4.9. Resumen de propiedades geotécnicas

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

Tabla 4-17: Resumen de las propiedades geotécnicas

Material / Parámetro	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Número de muestras	-	8	4
Gravedad específica (kg/cm ³)	-	2279-2455	2584
Contenido de finos (%)	-	92-94	21
Límite líquido	-	80-214	NP
Límite plástico	-	56-154	NP
Humedad (%)	-	74-186	72
Nº SPT (Golpes/30cm)	-	4-7	5-19
N1(60) (promedio)	-	4	8
Ángulo de rozamiento (°)	-	25	28
Cu (kN/m ²)	-	34	-
Fa, Fd, Fs.	-	1.39-1.7-1.7	1.39-1.7-1.7

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.10. Perfil estratigráfico

En el perfil estratigráfico se representa los niveles geotécnicos, sus espesores, nivel freático y el número de golpes de S.P.T.

4.11. Análisis de la cimentación

4.11.1. Determinación de la tensión admisible

Para el análisis de capacidad portante de cimentación se ha considera el subsuelo como no drenado, y se emplea la siguiente solución basada en la normativa CTE DB SE-C, donde la capacidad portante del suelo de cimentación viene dada por la fórmula:

Tabla 4-18: Formulación para tensión admisible (Q_{adm}) - Suelos cohesivos

$R_k = C_u * N_c * d_c * s_c * i_c * t_c + q_0$	
<p>Donde:</p> <p>$N_c = 2 + \pi$</p> <p>$d_c = 1 + 0.34 \arctan\left(\frac{d}{b_{ef}}\right)$</p> <p>$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}}\right)$</p> <p>$i_c = 0.5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{b_{ef} l_{ef} c_u}}\right)$</p> <p>$t_c = 1$</p> <p>$q_0 = \gamma_1 d$ para $d < 2,0m$</p> <p>$d_c = 1$ para $H \leq 0.1 V$</p> <p>$i_c = 1$</p>	<p>C_u=cohesión total del suelo.</p> <p>b_{ef} = ancho efectivo de la base.</p> <p>l_{ef} = longitud efectiva de la base.</p> <p>d = profundidad del fondo de la zapata.</p> <p>H= componente horizontal de la carga resultante.</p> <p>V= componente vertical de la carga resultante.</p> <p>γ_1= peso unitario del suelo por encima del fondo de la zapata.</p> <p>q_0= carga uniforme equivalente que tiene en cuenta la influencia de la profundidad de la cimentación.</p>

Fuente: CTE, 2016

$$R_k = C_u * N_c * d_c * s_c * i_c * t_c + q_0$$

$$R_k = 34 * 2 + \pi * 1 * 1 + 0,2 \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}}\right) * 1 * 1 + \gamma_1 d$$

$$R_k = 34 * 2 + \pi * 1 * 1 + 0,2 * 1 * 1 * 1 + 16 * 2$$

$$R_k = 8,22$$

En suelos granulares la presión vertical admisible de servicio suele encontrarse limitada por condiciones de asiento, más que por hundimiento. Cuando la superficie del terreno sea marcadamente horizontal (pendiente inferior al 10%), la inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea menor del 10% y se admita la producción de asientos de hasta 25 mm, la presión vertical admisible de servicio podrá evaluarse mediante las siguientes expresiones basadas en el golpeo N_{SPT} :

Tabla 4-19: Formulación para tensión admisible (Q_{adm}) – Suelos no cohesivos

Losa	Para $B^* > 1.2m$
$Q_{adm} = N \cdot s / 18.62$	$Q_{adm} = 8 * N_{SPT} (1 + D/3B^*) * (St/25) * (B+0.3/B)^2$
Q_{adm} : Tensión admisible (kN/m^2).	
St: Asiento total admisible, en mm.	
N_{SPT} : el valor medio de los resultados, obtenidos en una zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia $0,5B^*$ por encima de su base y otro situado a una distancia mínima $2B^*$ por debajo de la misma.	
D: profundidad Desplante (m).	
El Valor de $(1+D/3B^*)$ a introducir en las ecuaciones será menor o igual a 1,3	
N= número de golpes en el ensayo SPT (cm)	
S= asciento admisible (2.5 para losa)	

Fuente CTE, 2016

A continuación, se representan los resultados obtenidos para el Nivel II en condiciones no drenadas, calculada en base al C_u y una profundidad de desplante (D_f) igual a 2,00m:

Tabla 4-20: Tensión admisible - Nivel II

Zapata cuadrada ($b_e - l_e$)	C_u (kN/m^2)	N_c	d_c	S_c	i_c	t_c	q_0	$R_k - q_h$ (kN/m^2)	FS	Q_{adm} (kN/m^2)	Q_{adm} (Tn/m^2)
1.20	34.00	5.14	1.00	1.20	1.00	1.00	32.00	241.78	3.00	80.59	8.22
1.50	34.00	5.14	1.00	1.20	1.00	1.00	32.00	241.78	3.00	80.59	8.22
2.00	34.00	5.14	1.00	1.20	1.00	1.00	32.00	241.78	3.00	80.59	8.22

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

$$R_{k(1.20)} = C_u \cdot N_c \cdot d_c \cdot S_c \cdot i_c \cdot t_c + q_0$$

$$R_{k(1.20)} = 34.00 \cdot 5.14 \cdot 1.00 \cdot 1.20 \cdot 1.00 \cdot 1.00 + 32.00$$

$$R_{k(1.20)} = 241.78 / 3.00$$

$$R_{k(1.20)} = 80.59 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{k(1.20)} = 8,22 \text{ Tn/m}^2$$

Los valores de la tensión admisible para las zapatas son de 8.22 Tn/m².

A continuación, se representan los resultados obtenidos para la Nivel III, calculada en base al número de golpes de SPT corregido igual a ocho (8) y una profundidad de desplante (Df) igual a 4,00m:

Tabla 4-21: Tensión admisible - Nivel III

Cimentación	Q_{adm} (kN/m²)	Q_{adm} (Tn/m²)
Zapata de 1,2 m de lado	211.11	21.53
Zapata de 1,5 m de lado	174.08	17.75
Zapata de 2,00 m de lado	141.07	14.38
Losa 2.5	-	10.74

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Para $B^* > 1.2m$

- Zapata 1,2 m de lado

$$Q_{adm} = 8 * N_{SPT} (1 + D/3B) * (St/25) * (B+0.3/B)^2$$

$$Q_{adm} = 8 * 8 (1 + 4/3*1.2) * (25/25) * (1.2+0.3/1.2)^2$$

$$Q_{adm} = 211.11 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{adm} = 21.53 \text{ Tn/m}^2$$

- Zapata 1,5 m de lado

$$Q_{adm} = 8 * N_{SPT} (1 + D/3B) * (St/25) * (B+0.3/B)^2$$

$$Q_{adm} = 8 * 8 (1 + 4/3*1.5) * (25/25) * (1.5+0.3/1.5)^2$$

$$Q_{adm} = 174.08 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{adm} = 17.75 \text{ Tn/m}^2$$

- Zapata 2,00 m de lado

$$Q_{adm} = 8 * N_{SPT} (1 + D/3B) * (St/25) * (B+0.3/B)^2$$

$$Q_{adm} = 8 * 8 (1 + 4/3*2) * (25/25) * (2+0.3/2)^2$$

$$Q_{adm} = 141.07 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{adm} = 14.38 \text{ Tn/m}^2$$

Los valores de la tensión admisible varían ente 14,38 a 21,53 Tn/m², dependiendo del tipo de cimentación.

Para losa

Según la fórmula de Meyerhof 1981:

$$Q_{adm} = N \cdot s / 18.62$$

$$Q_{adm} = 30 \cdot 2.5 / 18.62$$

$$Q_{adm} = 40.28 \text{ kN/m}^2$$

4.11.2. Estimación de asentamientos

Verificar que las cargas transmitidas a través de la base de apoyo no estén restringidas por los hundimientos que puedan surgir en el suelo debido a la sobrecarga aplicada por las construcciones es un aspecto crucial. Podemos diferenciar dos tipos: asentamientos totales y los asentamientos diferenciales. Los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa 5,00 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.

$$S_i = qB(1 - \mu^2) E I$$

Donde:

S_i = Asentamiento inicial.

B = Ancho de la zapata.

E = Módulo de Young.

I = Factor de influencia.

μ = Coeficiente de Poisson.

q = Presión de trabajo

METODO ELÁSTICO PARA EL CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

FORMULA : $S_i = \frac{qB (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$

- SIMBOLOGIA : S_i = ASENTAMIENTO PROBABLE (cm)
 μ = RELACION DE POISSON (-)
 E_s = MODULO DE ELASTICIDAD (ton/m²)
 I_f = FACTOR DE FORMA (cm/m)
 q = PRESION DE TRABAJO (ton/m²)
 B = ANCHO DE LA CIMENTACIÓN (m)

CUADROS AUXILIARES

TIPO DE SUELO	E_s (ton/m ²)	TIPO DE SUELO	μ (-)
ARCILLA MUY BLANDA	30 - 300	ARCILLA: SATURADA	0.4 - 0.5
BLANDA	200 - 400	NO SATURADA	0.1 - 0.3
MEDIA	450 - 900	ARENOSA	0.2 - 0.3
DIURA	700 - 2000		0.3 - 0.35
ARCILLA ARENOSA	3000 - 4250	ARENA : DENSA	0.2 - 0.4
SUELOS GRACIARES	1000 - 16000	DE GRANO GRUESO	0.15
LOESS	1500 - 6000	DE GRANO FINO	0.25
ARENA LIMOSA	500 - 2000	ROCA	0.1 - 0.4
ARENA : SUELTA	1000 - 2500	LOESS	0.1 - 0.3
DENSA	5000 - 10000	HIELO	0.36
GRAVA ARENOSA : DENSA	8000 - 20000	CONCRETO	0.15
SUELTA	5000 - 14 000		
ARCILLA ESQUISTOSA	14000 - 140000		
LIMOS	200 - 2000		

FORMA DE LA ZAPATA	VALORES DE I_f (cm/m)			
	DISEÑO			
UBICACION	CENTRO	ESQ.	MEDIO	ESQUINA
RECTANGULAR L/B = 2	153	77	130	120
L/B = 5	210	105	183	170
L/B = 10	254	127	225	210
CUADRADA	112	56	95	82
CIRCULAR	100	64	85	88

FORMULAS : PARA ESTIMAR E_s :

ARENAS: $E_s = 50 (N + 15)$ ton/m²

ARENA ARCILLOSA $E_s = 30 (N + 5)$ ton/m²

ARCILLAS SENSIBLES NORMALMENTE CONSOLIDADAS $E_s = (125 - 250) q_u$

ARCILLAS POCO SENSIBLES $E_s = 500 q_u$

N : SPT

q_u : COMPRESION SIMPLE (ton/m²)

Ilustración 4-3: Método elástico para el cálculo de asentamientos inmediatos

Fuente: Bowles, 1987.

Nivel II

$$S_i = (0.8) (1 - (0.35)^2) (150) (0.8)$$

$$S_i = 2.41$$

Nivel III

$$S_i = (2.0) (1 - (0.32)^2) (150) (0.8)$$

$$S_i = 2.39$$

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de la ilustración 9 que incorpora las constantes elásticas de varios tipos de suelos, publicado por ASSTO LRDF Brigde Desing Specifications (2017):

Tabla 4-22: Cálculo de asiento para cada Nivel

CÁLCULO DE ASIENTOS	Nivel II	Nivel III
Carga última (Q_u)(Kg/cm ²)	0,8	2,0
Coefficiente de Poisson (ν)	0,35	0,32
Módulo de Elasticidad E (kg/cm ²)	35	90
Ancho cimentación (B) (cm)	150,0	150,0
Factor de forma (k)	0,8	0,8
Asiento total (cm)	2,41	2,39

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Se observa que, con las cargas últimas transmitidas al terreno, producen asentamientos que se encuentran dentro la normativa propuesta por el NEC. Una vez realizado todo el cálculo se puede concluir diciendo que se puede cimentar a partir de 2,00 metros de profundidad (Nivel II), tomando en cuenta la capacidad portante del estrato en el caso que la carga sea mayor, se recomienda cimentar en el Nivel III.

Finalmente, basándose en la Normativa Ambiental Libro VI anexo 6, “Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos”, literal h) hace referencia a la permeabilidad de los suelos la cual deberá ser igual o menor que 1×10^{-7} cm/seg; si esta es mayor se deberá usar otras alternativas impermeabilizantes.

Así también para el diseño de la cimentación basándose en la norma (NEC-SE-GC) donde establece que un suelo se considera apto para cimentar cuando el número total de asientos no sobrepasa los 5cm evitando así el fracturamiento o hundimiento de este. Por ello a partir del análisis multicriterio realizado por el equipo consultor del Cantón Morona las cuales conlleva los siguientes parámetros.

Tabla 4-23: Parámetros de selección

Número	Criterios de selección	Característica
1	Distancia a Zonas Urbanas	El terreno está ubicado a 130 metros de las zonas urbanas de la comunidad.
2	Distancia a Recursos Hídricos	Se corroboraron 3 drenajes que encauzan las aguas de escorrentía
3	Distancia a Vías	El área de estudio se encuentra a una distancia de 100 metros de la vía principal.

4	Uso de Suelo	El tipo de pasto es el gramalote en un 50 %, 45 % es un área que se ha regenerado naturalmente y un 5 % se destina a los cultivos
5	Accesibilidad	El camino es peatonal y tiene una longitud de 200 m hasta donde empieza el espacio escogido.

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Y a su vez teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo, se obtuvo una permeabilidad de $1 \cdot 10^{-5}$ cm/seg la cual se encuentra dentro del rango establecido en la Normativa Ambiental Libro VI anexo 6, “Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos”, literal h), dando una clase de suelo semipermeable, juntamente con los parámetros analizados como son el tipo de suelo (arena limosa), cohesión del suelo adecuada y el número total de asientos (2.41 cm) el cual también se encuentra dentro del rango que rige la normativa de cimentación.

Teniendo en cuenta el número de asientos permitidos y el volumen de 250000 m^3 que se pretende depositar se determina que la base de la escombrera va a soportar cargas no puntuales ya que los residuos serán acomodados y distribuidos de manera semi uniforme sobre toda la escombrera además se empleará un mejoramiento de suelo con ripio de 2 pulgadas para que aumente la capacidad admisible reduciendo aún más un posible hundimiento. De esta manera, se determinó, tanto de manera aproximada como deductiva, que el área propuesta para el emplazamiento de la escombrera tiene características idóneas para la realización de esta actividad.

4.12. Maquinaria

Para llevar a cabo la creación de la zona de disposición de materiales de construcción, se requiere la utilización de maquinaria de gran envergadura. En este sentido, se establecen las siguientes especificaciones para dicha maquinaria. En el anexo 6 se aprecian las especificaciones que posee cada equipo

4.12.1. Excavadora hidráulica

Para desarrollar las actividades del descapote y la carga de los residuos del material se plantean las siguientes especificaciones de la excavadora hidráulica.

- Marca: Caterpillar
- Serie: Cat 324 DL
- Modelo de motor: Cat C7
- Potencia de motor: 140Kw
- Capacidad de tanque de combustible: 324D
- Capacidad de cucharón: 2.34 m³

4.12.2. Volquete

Para el transporte de los residuos se plantea un volquete con las siguientes características:

- Marca: HINO
- Serie: 500
- Modelo de motor: P11C-VT
- Potencia de motor: 257 Kw
- Capacidad de tanque de combustible: 320L
- Capacidad de balde: 12m³

4.12.3. Buldócer

Para el acomodamiento de los residuos de construcción el buldócer debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- Marca: Caterpillar
- Serie: D6/D6 XE
- Modelo de motor: Cat C9.3B
- Potencia de motor: 177Kw
- Capacidad de tanque de combustible: 341L

4.13. Parámetros de diseño

4.13.1. Especificaciones técnicas de la escombrera

El diseño se plantea en base a la morfometría de la zona de estudio,

- *Altura de la escombrera*

$$H = H_{max} - H_{min}$$

Donde:

H = Altura de la escombrera- m

H_{max} = Cota superior máxima- m

H_{min} = Cota inferior- m

$$H = 1111 - 1101$$

$$H = 10$$

- *Numero de bancos*

$$\# \text{ de Bancos} = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{min}}}{H_b}$$

Donde:

H_{max} = Cota superior máxima- m

H_{min} = Cota inferior- m

H_b = 10 m

$$\# \text{ de Bancos} = \frac{10}{5}$$

$$\# \text{ de Bancos} = 2$$

- *Ángulo de talud de la escombrera*

Se toma en cuenta el grado de inclinación natural del talud, que es conocido como el "ángulo formado entre la superficie y la horizontal cuando la roca es vertida en caída libre. (Mecánica de Rocas, 2008, p.46). El ángulo de reposo guarda relación con los esfuerzos principales en el estado crítico y juega un papel esencial en los modelos constitutivos.

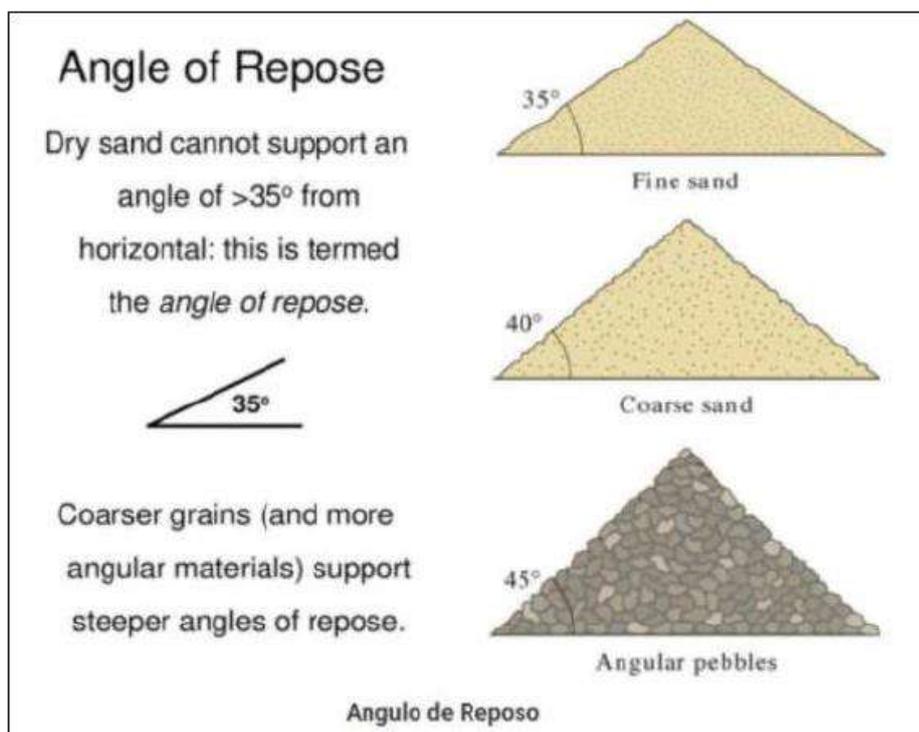


Ilustración 4-4: Ángulo de reposo distintos materiales.

Fuente: Solaque y Peláez, 2008.

Según se indica en la ilustración anterior, se comprende que el ángulo de inclinación natural se encuentra en el rango de 35° a 45° . De forma análoga, se establece el ángulo de fricción de los materiales de construcción considerando las propiedades geotécnicas y la naturaleza específica de dichos materiales.

- Vida Útil

La escombrera ha sido diseñada en solicitud al plan de construcción de la planta de residuos sólidos del cantón Morona, mismos que en sus registros muestran que la ciudad produce y almacena material de escombros a una tasa de $1500 \text{ m}^3/\text{anuales}$, con proyecciones de crecimiento demográfico se determina una tasa de $5000 \text{ m}^3/\text{anuales}$ y se calcula una proyección de $250\,000 \text{ m}^3$ al cabo de 50 años, de esta forma se establece una vida útil para la escombrera de 50 años, el diseño considera para análisis de riesgo hidrológico una tasa de retorno de 100 años con un riesgo del 40 % bastante aceptable para los canales de drenaje a lo largo de la vida útil (50 años).

4.13.2. Geometría de la escombrera

El área de estudio designada para el emplazamiento de la escombrera tiene una superficie aproximada de $26\,552 \text{ m}^2$, en el lugar de estudio la cota máxima se encuentra a los 1107 msnm y

la cota inferior a los 1101msnm, alcanzando una profundidad de extracción de 1.83 m de material correspondiente al descapote.

La construcción de la escombrera se plantea en dos plataformas, empezando desde la cota más baja hasta alcanzar la altura correspondiente de 5m, de igual manera se plantea la siguiente plataforma de residuos. Para el cálculo del ángulo de los taludes se empleó la siguiente tabla:

Tabla 4-84: Estimación del ángulo de rozamiento

Fórmula	$\varphi = (M + \varphi'_1 + \varphi'_2 + \varphi'_3 + \varphi'_4) * \alpha$		Grados (°)
Naturaleza	M	silíceas	36
		Carbonatada	34
		Esquistosa	32
		Arcillosa	30
Compacidad	φ'_1	Suelta	-5
		Media	0
		Compacta	5
Forma y rugosidad	φ'_2	Angulosa	2
		Media	0
		Lajosa	-1
		Redondeada	-2
		Muy redondeada	-3
Tamaño	φ'_3	Arena	0
		Grava fina	1
		Grava gruesa	2
		Bloques, bolos	3
Granulometría	φ'_4	Uniforme	-3
		Media	0
		Extendida	3
Nivel de tensiones (altura de escombros)	α	Bajo (H < 20)	1.1
		Medio (20 <H< 40m)	1
		Alto (H > 40m)	0.9

Fuente: Vallejo, 2021.

$$\varphi = (30 + 5 + 2 + 2 + 0) * 1.1$$

$$\varphi = 42.9 = 43^\circ$$

Considerando que el material depositado en la escombrera consiste en una combinación de material heterogéneo y residuos de material de construcción, se analizó las características que estos poseen, obteniendo un ángulo de 43° para los taludes de la escombrera.

El diseño de la escombrera cuenta con la conformación de bermas inter-bancos donde se diseñó zanjas para el drenaje de agua, para determinar las dimensiones de estas bermas, se aplicó la siguiente ecuación:

$$B = a + e$$

Donde:

B: berma

a: ancho de vehículo (Excavadora CAT 350)

e: espacio para cuneta (m)

$$B = 3.34 + 1.5$$

$$B = 4.84 = 5m$$

La tabla siguiente presenta los parámetros geométricos de diseño de la escombrera.

Tabla 4-25: Paramétricos geométricos

Parámetros	
Altura de banco	5m
Ángulo de talud	43°
Ancho de berma	5m

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.3. Drenaje de la escombrera

Se construirán cunetas con el propósito de prevenir la generación de filtraciones en el interior de la escombrera. La determinación de sus dimensiones se llevará a cabo basándose en el cálculo del caudal máximo, para el análisis se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C.I.S}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/h

S = Superficie vertiente en Km²

$$Q = \frac{0.4 * 182,82 * 0.0256}{3.6}$$

$$Q = 0.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

- *Coefficiente de escorrentía*

Según Valdivieso (2017), se refiere a la precipitación que no logra infiltrarse en ningún momento y en su lugar fluye sobre la superficie del terreno, dirigiéndose hacia el sistema de drenaje debido a la fuerza de la gravedad.

Tabla 4-26: Coeficiente de escorrentía

Pendiente(%)	Arenoso - limoso Limoso - arenoso	Limoso Limoso -arenoso	Arcilloso
0 - 5	0,10	0,30	0,40
5 - 10	0,25	0,35	0,50
10 - 30	0,30	0,40	0,60
> 30	0,32	0,42	0,63

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

- *Intensidad de precipitación I*

De acuerdo con la intensidad de duración de la frecuencia de la estación M0062 Macas Aeropuerto, se tiene los siguientes datos:

Tabla 4-27: Intensidad de duración de frecuencia de estación M0062 Macas Aeropuerto

Estación		Intervalo de tiempo	Ecuaciones
Código	Nombre	(Minutos)	
M0062	Macas	5 < 30	$i = 125.5996 * T^{0.02276} * t^{-0.2881}$
	Aeropuerto	30 < 120	$i = 513.621 * T^{0.2112} * t^{-0.6962}$
		120 < 1440	$i = 1116.631 * T^{0.1747} * t^{-0.8301}$

Fuente: INAMHI, 2019.

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

- *Periodo de retorno (T)*

Para la determinación del periodo de retorno de acuerdo con las ecuaciones propuestas por el INAMHI donde:

T= Es el número de años que en promedio se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad se llama período de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia (INAMHI 2019).

t= intervalo de tiempo en minutos.

Tabla 4-28: Periodo de retorno

DURACIONES t (minutos)									
TR (años)	5	10	15	20	30	60	120	360	1440
2	73,8	53,25	43,99	38,42	31,74	21,26	11,59	4,43	1,32
5	95,71	69,05	57,05	49,82	41,16	27,57	15,04	5,75	1,71
10	108,98	78,62	64,95	56,72	46,86	31,39	17,12	6,55	1,95
25	123,97	89,44	73,89	64,53	53,31	35,71	19,47	7,45	2,21
50	134,35	96,93	80,08	69,93	57,77	38,70	21,10	8,07	2,40
100	144,15	104,00	85,92	75,03	61,99	41,53	22,64	8,66	2,57

Fuente: INAMHI, 2019.

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

- *Cálculo del caudal máximo*

Tabla 4-29: cálculo del caudal máximo

CUNETAS	Coefficiente de escorrentía(C)	Intensidad de precipitación(I)	Área medida(S)	Q max.
		mm/h	Km ²	m ³ /s
1	0,4	182.82	0.0256	0.52
2	0,4			

Fuente: INAMHI, 2019.

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

- *Determinación del tipo de sección*

La sección para el drenaje fue determinada mediante la ecuación de maning en el software HCanles donde se obtiene la siguiente sección para el caudal de drenaje aproximado.

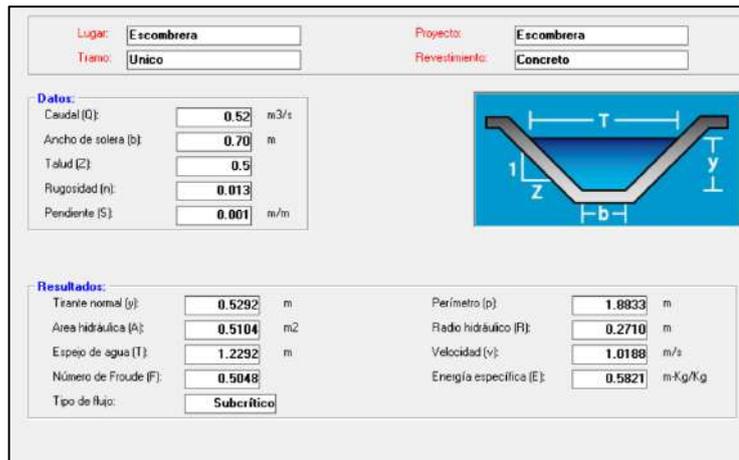


Ilustración 4-5: Sección transversal drenaje principal

Fuente: HCanales V3.1, 2023

- *Subdrenaje*

El diseño contempla la extracción de la capa de suelo superficial, la excavación de canales con sección transversal rectangular, la instalación de un geotextil para limitar el flujo de agua del nivel freático, la implementación de una red de malla sintética como filtro y la utilización de tubos colectores perforados de PVC de 4 pulgadas de diámetro, rellenos con material subbase de menos a 2 pulgadas. El caudal de diseño considerado es de 0.28 m³/s.



Ilustración 4-6: Sección transversal diseño Subdrenaje

Fuente: HCanales V3.1., 2023

4.13.4. Construcción de la escobrerera

El diseño de la escobrerera está compuesto por los diferentes parámetros calculados anteriormente como son: el ángulo de fricción, vida útil, altura de la escobrerera, número de bancos, ángulos de talud, maquinaria, además del drenaje, intensidad de precipitación, periodo de retorno,

coeficiente de escorrentía y caudal máximo, los mismos que darán lugar al apto alojamiento del volumen del material de construcción correspondiente a los residuos del cantón Morona.

Tabla 4-30: Resumen de los parámetros de diseño

Parámetros de diseño de la escombrera	
Superficie	25 600m ²
Volumen	213 766.70 m ³
Vida Útil	50 años
Altura de banco	5m
Número de bancos	2
Ángulo de talud	43°
Descapote	Desde la cota 1101 hasta la 1107
Subbase	Capas de ripio de 0.40m
Subdrenaje	Espina de pez, 1 eje central y 4 secundarios
Material de Subdrenaje	Tuvo PVC perforado de 4 pulgadas de diámetro
Drenaje superficial	Forma trapezoidal

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.4.1. Conformación del descapote

El emplazamiento de la escombrera tiene una superficie aproximada de 26 552m², partiendo del descapote del material del área de estudio hasta conformar la plataforma de trabajo inicial en la cota 1101msnm, para calcular el volumen de material que se debe extraer se realizó 21 perfiles a una equidistancia de 10m como se ve en la siguiente ilustración.

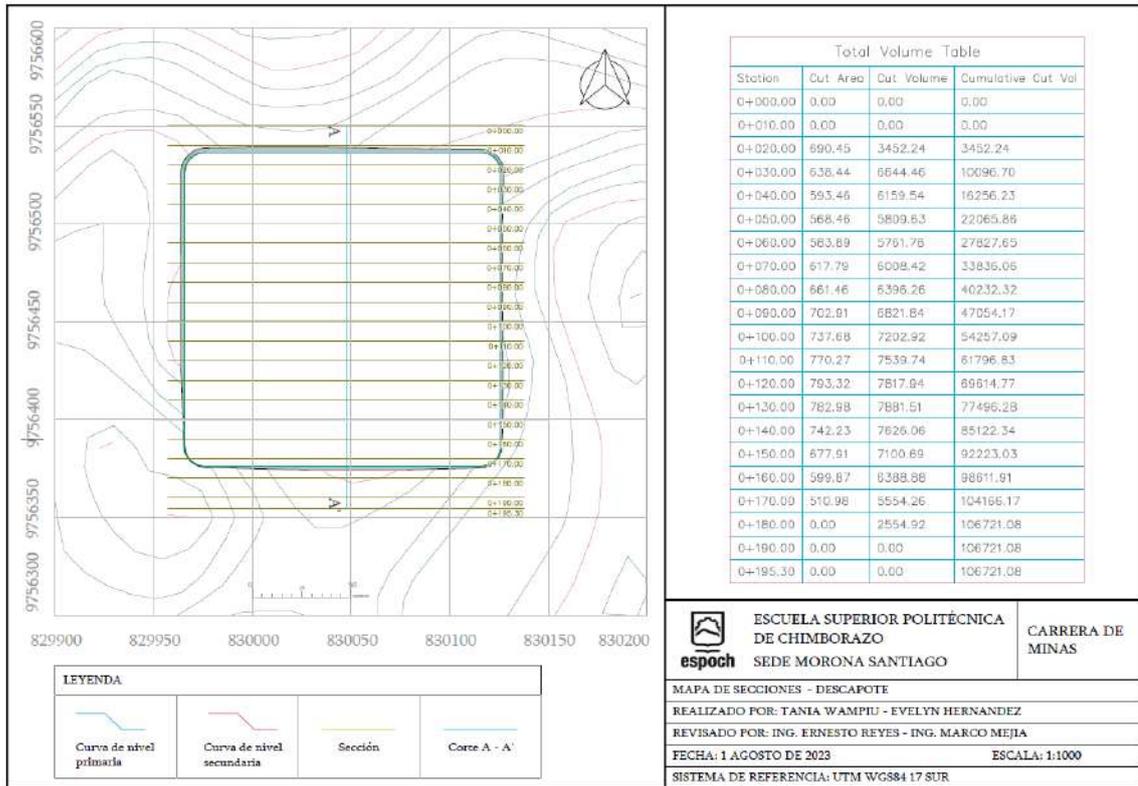


Ilustración 4-7: Mapa de secciones – descapote

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

A continuación, la sección 0 + 020, tiene un volumen de 3452.24 m³ de material que se debe retirar, hasta conformar una plataforma de trabajo inicial en la cota 1101 ya establecida.

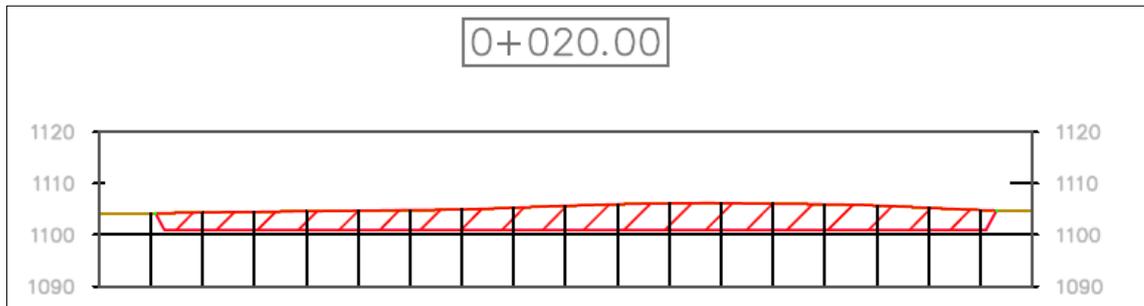


Ilustración 4-8: Plataforma de trabajo inicial

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Al finalizar el emplazamiento de la escombrera, se puede apreciar la vista en planta y el modelo 3D de la superficie del terreno con un volumen de 106 721.08 m³ de material que se debe retirar. En el anexo 7 se puede apreciar el cálculo de todos los perfiles realizados para el descapote.

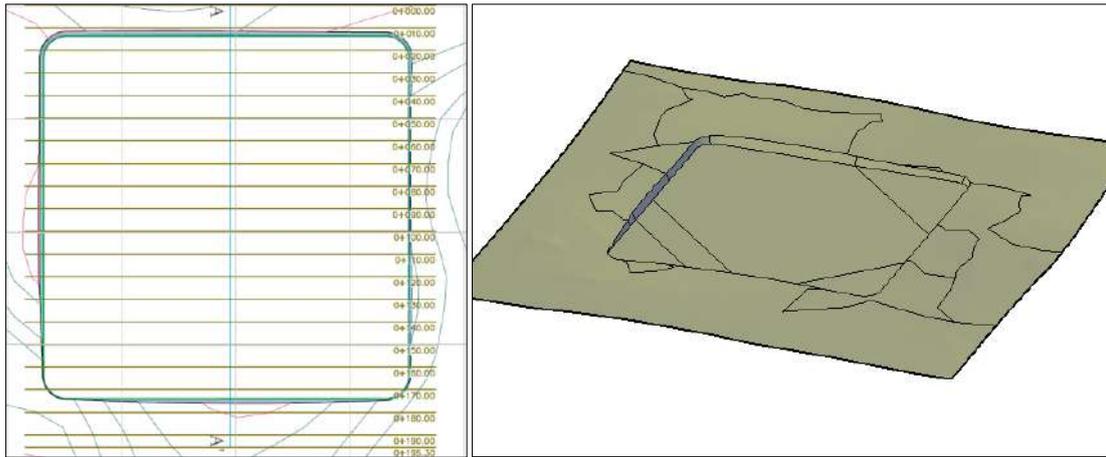


Ilustración 4-9: Vista superior y modelo 3D del decapote

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

El volumen de material extraído del decapote 106 721.08 m³ será transportado y depositado en una parte del relleno sanitario que se encuentra a una distancia de 332. 26 m, al tratarse de capa vegetal compuesta por limo arcilloso plástico con presencia de materia orgánica servirá como tratamiento de compost para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

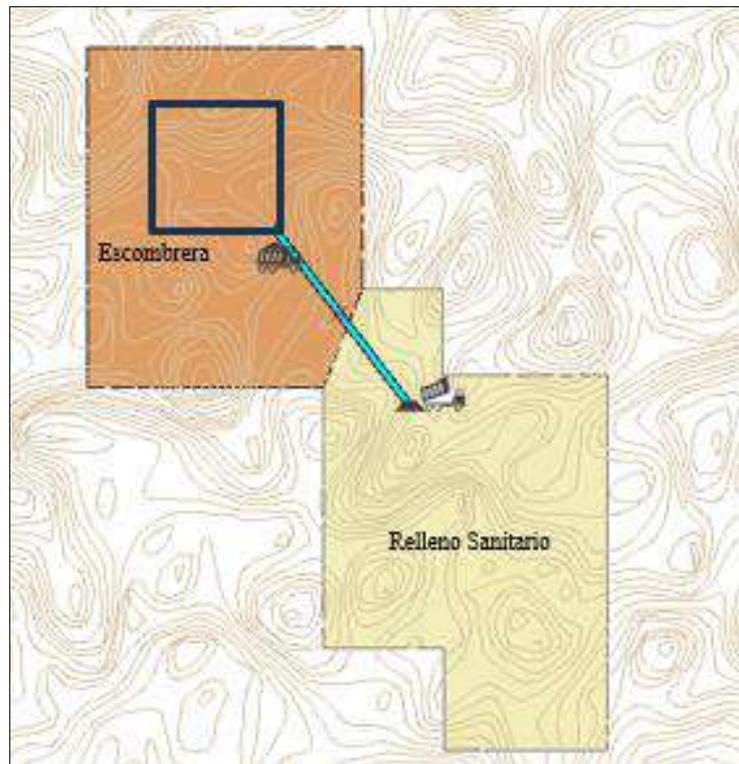


Ilustración 4-10: Transporte del decapote al relleno sanitario

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.4.2. Conformación de los accesos

Cerca del área de estudio existe una vía que comunica a la parroquia Sevilla con las comunidades cercanas, el acceso al lugar de estudio se definió en base a la morfología del lugar, para esto se consideró las curvas de nivel del área de estudio, definiendo la vía de acceso para el ingreso y descarga de los residuos de materiales de construcción, como se aprecia en la ilustración 4-11.



Ilustración 4-11: Conformación de los accesos

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Así también se procedió a realizar rampas de apoyo para el acceso a la escombrera, para este diseño se construyó vías de 5 metros de ancho con un ángulo de 6° de ascenso, como se observa en la siguiente ilustración.

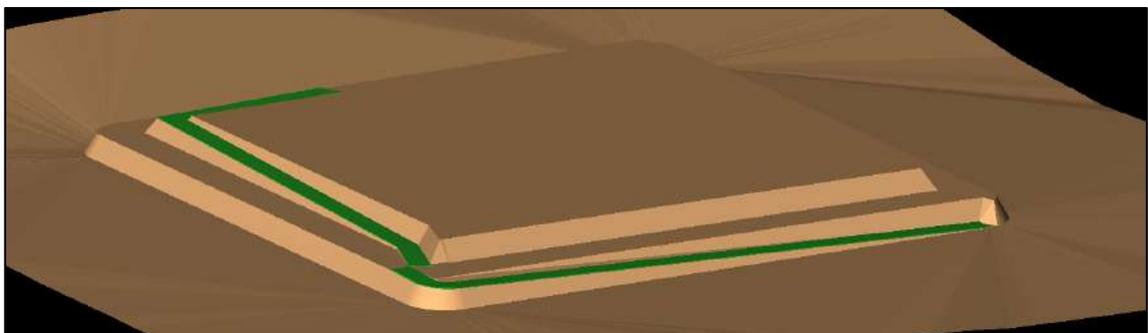


Ilustración 4-12: Modelo de escombrera con rampas de acceso

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.4.3. Conformación del subdrenaje

El subdrenaje está compuesto por un sistema de redes interconectadas en forma de espina de pez, con un subdrenaje principal de 160 m y 4 redes secundarias de la misma longitud, que se conectan al drenaje principal, en la siguiente ilustración se puede apreciar el sistema de drenaje para la escombrera.

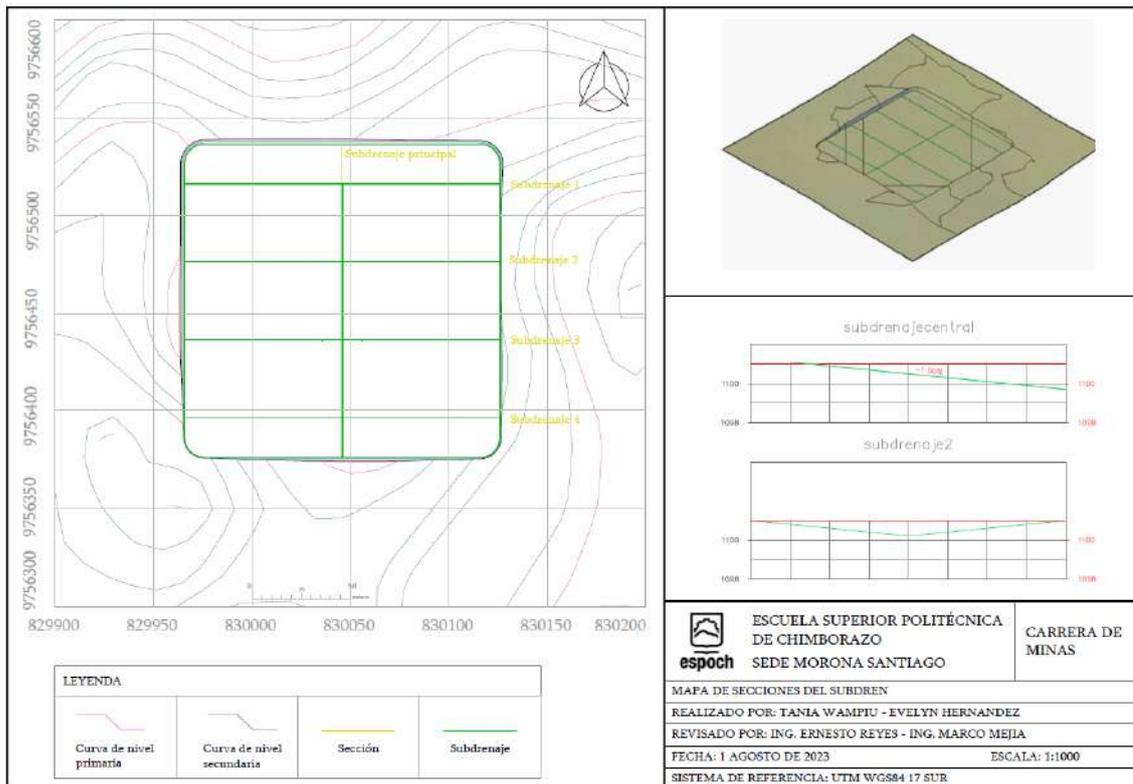


Ilustración 4-13: Conformación del subdrenaje

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

El sistema de subdrenaje está conformado por una red principal de 160 m de longitud con pendiente del 1%, encargada de recolectar el agua de las redes secundarias, las cuales tienen su respectiva pendiente.

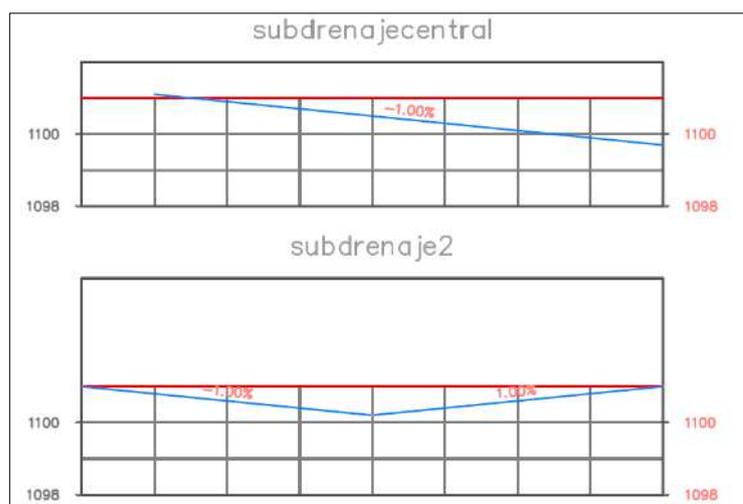


Ilustración 4-14: Secciones subdrenaje principal y secundario

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Al finalizar con el sistema de subdrenaje, se tiene la ilustración 4-15 que refleja la vista en planta y 3D de la red en espina de pez con una longitud total de 800 m correspondientes al subdrenaje para la escombrera.

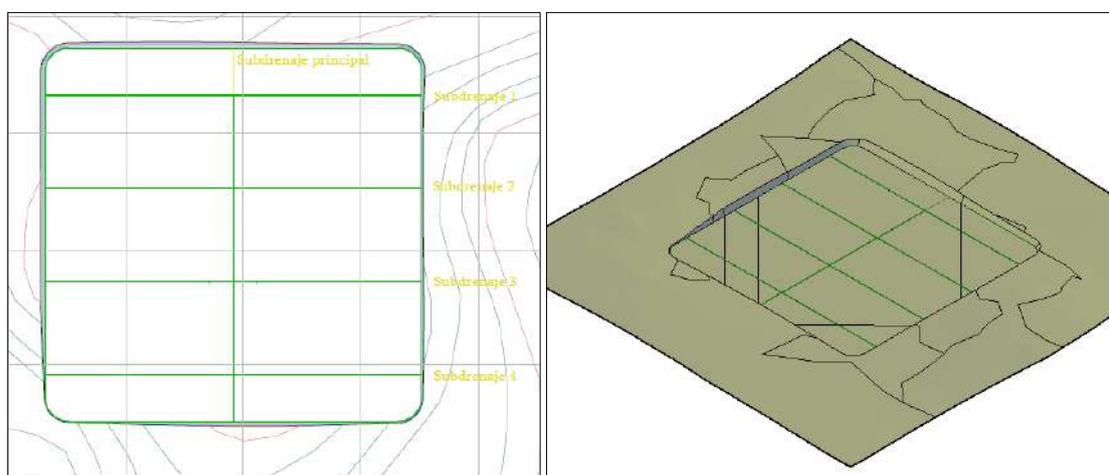


Ilustración 4-15: Vista en planta y modelo 3D – subdrenaje

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.4.4. Conformación de la subbase

Mejoramiento del suelo con geomembrana para no permitir que aumente el nivel freático por los estratos depositados aumentando el riesgo de inestabilidad. La subbase está compuesta de ripio (roca triturada) de 0.40 m de espesor que servirá como base para el vertido de los residuos de construcción, en la ilustración 4-16 se puede observar la conformación de la subbase y las secciones respectivas para el cálculo de volumen de material que se va a ingresar.

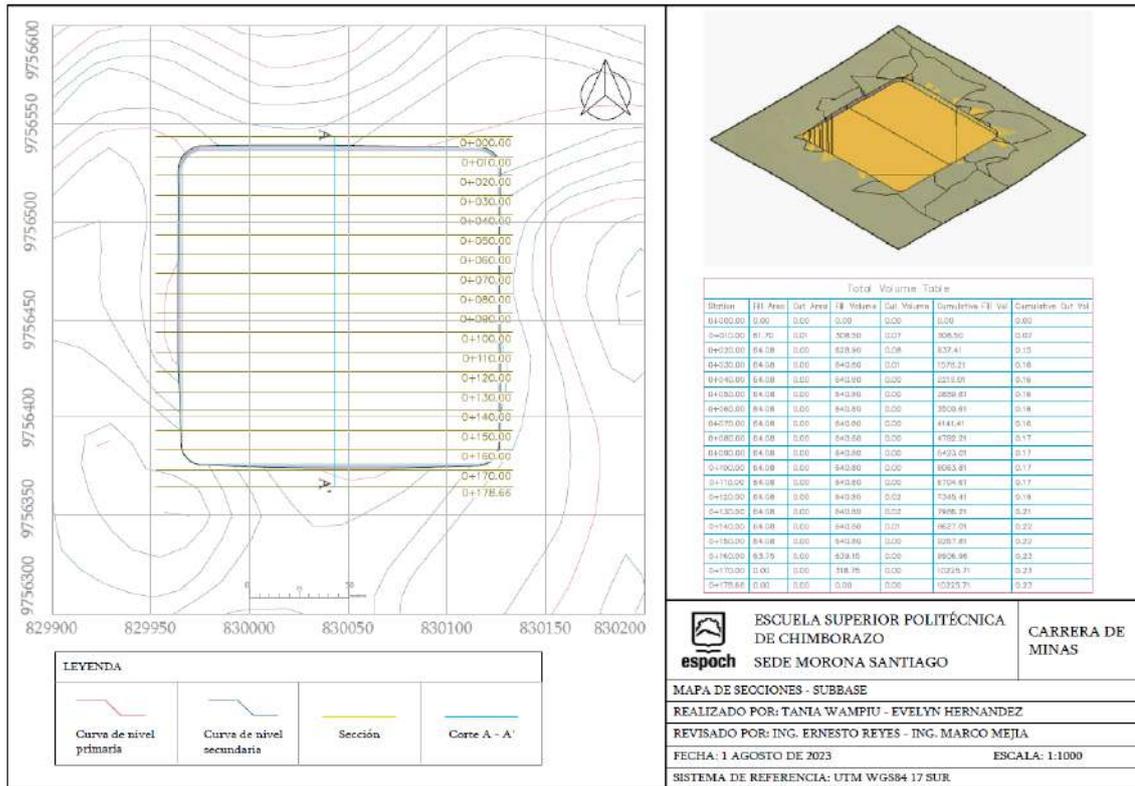


Ilustración 4-16: Mapa de secciones - subbase

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

La ilustración 4-17 muestra la sección 0 + 040.00 donde se aprecia en la subbase de espesor 0.40 m colocada en el lugar del emplazamiento para la posterior compactación del material.

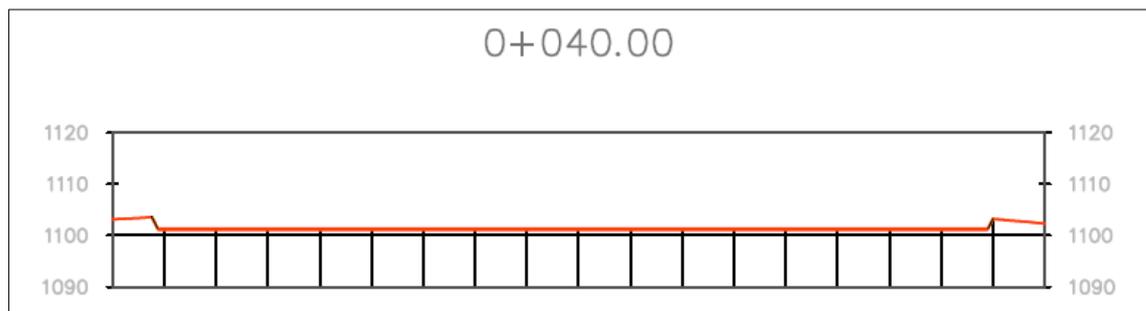


Ilustración 4-17: Sección 0+040 - subbase

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Al finalizar la colocación de la subbase, la ilustración 4-18 presenta la vista en planta y el modelo 3D del lugar de estudio con un volumen de 10 225.71m³ de ripio que será colocado. En el anexo 8 se aprecia el cálculo de los perfiles correspondientes a la conformación de la subbase.

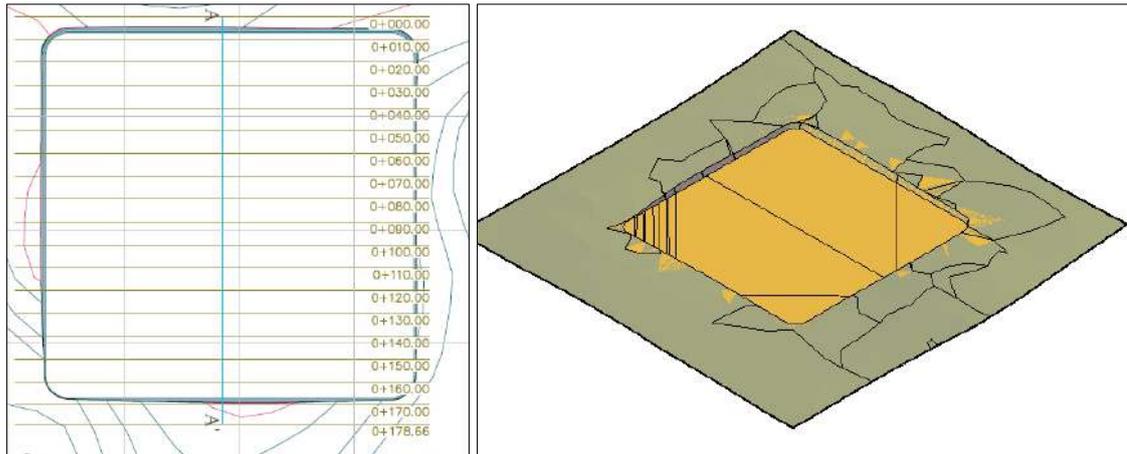


Ilustración 4-18: Vista superior y 3D - subbase

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

4.13.4.5. Conformación de la escombrera

Para los trabajos del descapote se retira el material excedente en el lugar de estudio, hasta conformar la plataforma de trabajo inicial en la cota 1101msnm. Posteriormente, se debe realizar los trabajos del sistema de subdrenaje en espina de pez para recolectar las aguas subterráneas y finalmente colocar la capa de subbase con espesor de 0.40m. En la siguiente ilustración se puede apreciar de manera gráfica la extracción de la capa vegetal en el lugar de estudio.

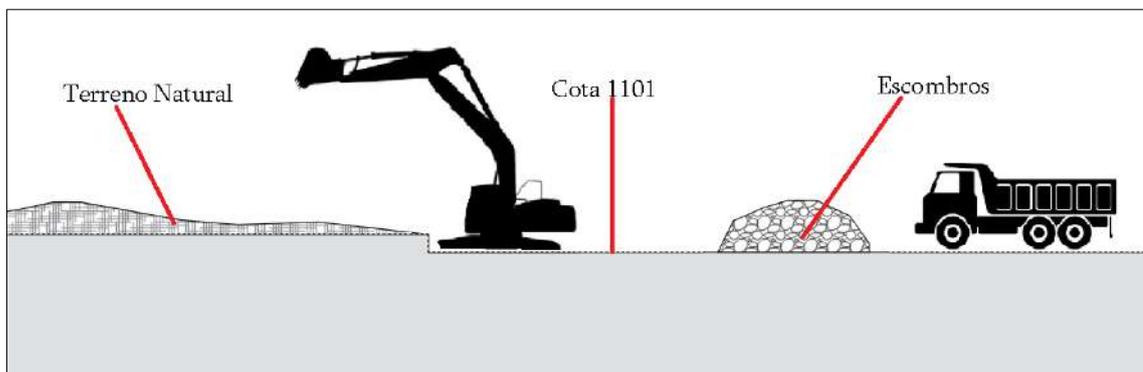


Ilustración 4-19: Descapote del área de estudio

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

El vertido de residuos se realiza por medio de capas superpuestas, utilizando la excavadora hidráulica hasta conformar la primera plataforma de la escombrera, con un espesor de 1.25m apoyados con un buldócer para mantener su tendido homogéneo. Finalmente, con el mismo equipo se realizará la extensión de los escombros sobre la superficie para mejorar el acomodamiento del material y el perfilado del banco de acuerdo con los parámetros geométricos

establecidos. En la ilustración 4-20 se puede apreciar la disposición de los escombros y la maquinaria que interviene en el proceso.

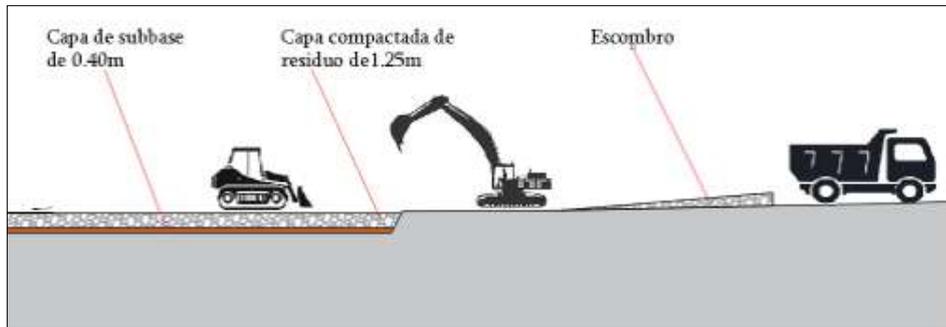


Ilustración 4-20: Vertido y disposición de los residuos

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Para finalizar el primer banco la excavadora hidráulica sube el material hasta la plataforma de trabajo, mientras que el buldócer se encarga de distribuir los escombros de manera que queden dispuestos en capas de 1.25m. Al finalizar el primer banco de la escombrera se deja el espacio de 5m correspondiente a la berma y se procede con la construcción del último banco de la escombrera, como se puede apreciar en la ilustración 4-21.

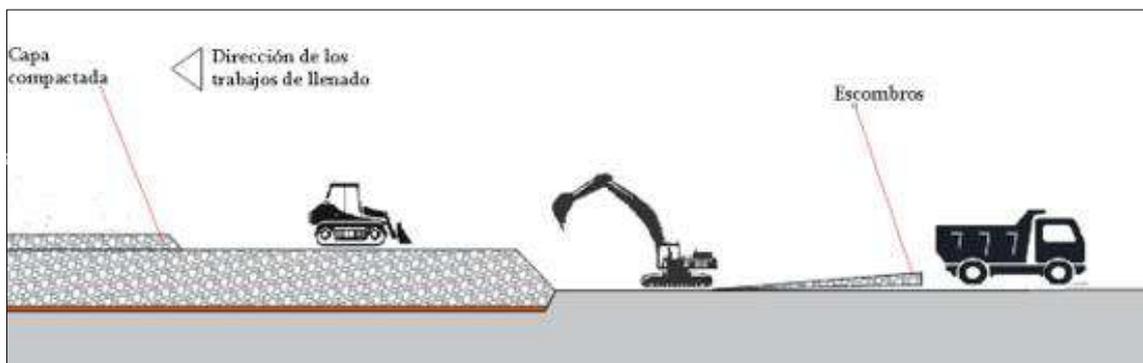


Ilustración 4-21: Conformación del segundo banco de la escombrera

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Para garantizar la estabilidad de la escombrera se diseñó las dimensiones de la sección de cunetas trapecoidales, mediante la ecuación de Manning procesadas con el software HCANALES. En el diseño de la escombrera se encuentran las cunetas en cada lado de los bancos.

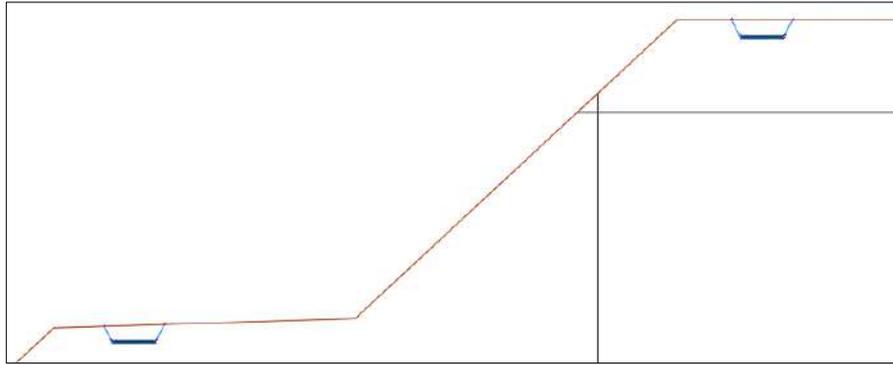


Ilustración 4-22: Cunetas de drenaje

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

Cuando se alcance la altura de 5m y los demás parámetros geométricos se dará inicio al próximo y último talud hasta alcanzar la cota 1011 msnm. Con un total de 2 bancos para el depósito de residuos de materiales de construcción. En los anexos se puede apreciar el diseño final de la escombrera con las respectivas zanjas de recolección de aguas y las secciones correspondientes.

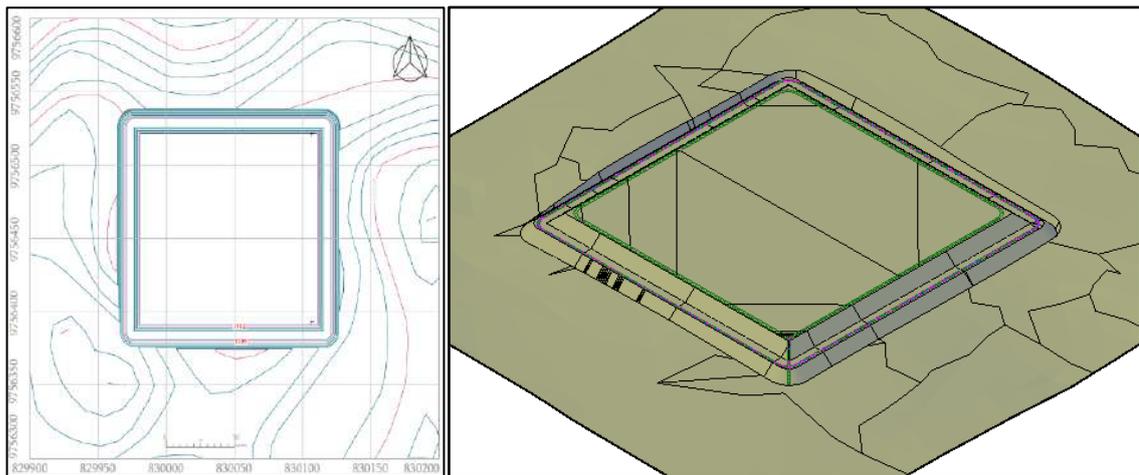


Ilustración 4-23: Vista en planta y modelo 3D - Escombrera

Realizado por: Hernández, E. & Wampiu, T., 2023.

La ilustración anterior presenta la vista en planta y 3D de la escombrera una vez culminada. Finalmente, la escombrera tiene una capacidad para un volumen de 213 766.70 m³ de residuos de materiales de construcción.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El lugar de estudio para la implementación de la escombrera de residuos de materiales de construcción para el cantón Morona, se encuentra ubicado en la parroquia de Sevilla Don Bosco con un área aproximada de 25 600m², con la topografía se determinó que en la zona designada su cota máxima se encuentra en los 1107 msnm mientras que la cota mínima está en los 1101msnm.

Se realizaron dos perforaciones geotécnicas hasta 6m de profundidad, con ensayos de S.P.T en cada metro, determinando que el nivel freático está a una profundidad media de 2.75m, además se localizaron 3 niveles geotécnicos. El nivel I: Suelo vegetal (0-0.40m), Nivel II: limo arcilloso plástico color café y gris claro (entre 0 – 0.40m y 5.30m) y el Nivel III: arena limosa (entre 3.80m – 5.30m y 6m). En relación con la velocidad de onda cortante, se determinó que el suelo del Nivel II corresponde a un suelo tipo E, mientras el Nivel III corresponde a un suelo tipo D.

En función de los resultados obtenidos en laboratorio y ensayos de campo, se optó para construir en el nivel II, evitando el contacto con el nivel freático, para lo cual, se diseñó el mejoramiento de suelo compuesto con material subbase, ripio menor a 2” con espesor de 0.40m, tras retirar la capa de suelo del nivel I. Así también se determinó el valor de gravedad específica, contenido de finos, límite líquido, límite plástico, porcentaje de humedad, ángulo de rozamiento, resistencia al corte no drenado de los niveles II y III.

El diseño de la escombrera está compuesto por dos bancos de 5m de altura y bermas de 5m de ancho a una inclinación del 3%, con el espacio correspondiente para la circulación de la maquinaria pesada y las cunetas trapezoidales para el drenaje superficial. Los tiempos de retorno para el cálculo hidrológico son de 100 años para una vida útil de 50 años con un riesgo del 40%.

Finalmente, el modelo fue diseñado para una vida útil de 50 años con una capacidad de acopio de 5000 m³ anuales, satisfaciendo las necesidades de acopio actuales de la ciudad, con capacidad de 213 766.70 m³ de residuos de materiales de construcción.

5.2. Recomendaciones

Monitoreo y control del nivel freático: Puesto que se ha establecido que el nivel del agua subterránea se ubica en un promedio de 2.75 metros de profundidad, resulta esencial instaurar un sistema de observación en tiempo real para monitorear la evolución del nivel freático tanto durante como después del proceso de construcción de la zona de disposición de materiales. Además, se tornará fundamental implementar medidas preventivas para impedir cualquier interacción entre los desechos de construcción y el nivel del agua subterránea, garantizando así la estabilidad y conservación del entorno.

Control de erosión y sedimentación: Dado que el diseño de la zona de disposición de materiales incorpora un sistema de cunetas trapezoidales para el drenaje superficial, es de gran importancia aplicar técnicas para prevenir la erosión y la acumulación de sedimentos en las áreas expuestas durante la fase constructiva. Estas prácticas contribuirán a evitar la contaminación de cuerpos de agua cercanos y preservar la calidad del suelo en la región.

Capacitación y seguridad del personal: La utilización de maquinaria de gran envergadura y la manipulación de desechos de construcción pueden generar peligros importantes para el equipo que trabaja en el proyecto. Es fundamental ofrecer formación en seguridad y en la correcta operación de la maquinaria, además de suministrar los equipos de protección personal (EPP) apropiados, con el propósito de reducir al mínimo los incidentes en el ámbito laboral.

Gestión de lixiviados: Por medidas preventivas en presencia de materiales no clasificados que pueden ser propensos a generar lixiviados o contener elementos tóxicos y contaminantes. Se sugiere implementar un sistema de recolección y tratamiento de lixiviados para evitar su liberación al medio ambiente y garantizar que no afecten los recursos hídricos cercanos

Reutilización y reciclaje: Con el objetivo de impulsar una administración sostenible de los residuos de construcción, es necesario fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales siempre que sea factible. La creación de zonas designadas dentro de la zona de disposición de materiales para la segregación de elementos reciclables y la facilitación de su procesamiento y reutilización puede disminuir la cantidad de desechos que se acumulan en la escombrera.

Supervisión y seguimiento ambiental: Se aconseja disponer de un grupo de control ambiental encargado de vigilar y valorar el efecto medioambiental de la edificación y el funcionamiento de la zona de disposición de materiales. Este equipo debe garantizar el cumplimiento de todas las

acciones de reducción ambiental estipuladas en el proyecto y tomar medidas correctivas si se requiere.

Plan de cierre y restauración: Desde el comienzo del proyecto, es necesario tener en consideración un plan para la clausura y restauración de la zona de disposición de materiales una vez que haya alcanzado su capacidad máxima. Dicho plan debe incorporar la rehabilitación del terreno y la implementación de estrategias destinadas a reducir los impactos a largo plazo en el entorno circundante.

Participación comunitaria: Involucrar a la comunidad local en el proceso de planificación y construcción de la escombrera puede fomentar una mayor aceptación del proyecto y reducir posibles conflictos. Es importante mantener una comunicación abierta y transparente con los residentes cercanos y considerar sus opiniones y preocupaciones

Cumplimiento normativo: Verificar que el diseño y la edificación de la zona de disposición de materiales cumplan con todas las regulaciones y directrices ambientales, de seguridad y de construcción vigentes en la localidad es esencial. Esto asegurará la conformidad legal del proyecto y reducirá posibles implicaciones legales y multas en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

ACTIS, Raúl Alberto. *Escombreras, Ubicación, estabilidad y contaminación ambiental* [en línea]. Buenos Aires - Argentina: Fundación Empremin, 2009. ISBN 9789872329112. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/2980/Escombreras_Ra%c3%bal_Alberto_Actis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR. *Código Orgánico Del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983* [en línea]. Quito - Ecuador, 2017. [Consulta: 29 julio 2023]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

BOWLES, Joseph. *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.* México: LIBROS MCGRAW-HILL DE MEXICO. S.A. 1981. págs. 82-83.

CARRANCO, Andrés. *Breve Resumen Del Contexto Geológico-Minero Regional Del Ecuador* [en línea]. 2017. [Consulta: 26 agosto 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/367607501/Contexto-Geologico-Minero-del-Ecuador>

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT). *Contenido de Humedad del Suelo: Guía Útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo* [en línea]. México, 2013. [Consulta: 30 agosto 2023]. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4030/98829.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David & MAYS, Larry. *Hidrología Aplicada* [en línea]. Bogotá - Colombia: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA S. A., 2008. ISBN 9586001717. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: <https://baixardoc.com/documents/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-5cae52662105a>

CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD. [en línea]. Quito - Ecuador, 2019, págs. 28, 29. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://www.cpcs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. [en línea]. Montecristi - Manabí, 2008. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

DONAIRE, Manuel; et al. *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESCOMBRERAS.* Madrid: Junta de Andalucía, 2015, págs. 13-14.

DONAIRE MÁRQUEZ, Manuel; et al. *Guía para el diseño y construcción de escombreras* [en línea]. Junta de Andalucía, 2020. [Consulta: 25 septiembre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/42972330/GUÍA_PARA_EL_DISEÑO_Y_CONSTRUCCIÓN_DE_ESCOMBRERAS

ESCARIO, U. *Terraplenes y pedraplenes.* Madrid: Ministerio de Obras, 1989. págs. 85-91.

GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA, Ordenanza Que Regula La Implementacion, Organizacion, Administracion Y Ejecucion De La Gestión Integral De Desechos Sólidos En El Cantón Morona [en línea]. Morona - Ecuador, 2016. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://morona.gob.ec/sites/default/files/ORDENANZAS/O.%20ORDENANZA%20DE%20DESECHOS%20SOLIDOS.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Instituto Nacional de Estadística y Censos* [blog]. Quito - Ecuador, 2013. [Consulta: 12 junio 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación* [en línea]. Quito - Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2019. [Consulta: 30 agosto 2023]. Disponible en: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (MTC). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje* [en línea]. Perú, 2018. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

PACHECO, C.; et al. "Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión". *Ingeniería y Desarrollo* [en línea]. 2017, (Barranquilla - Colombia), 35 (2), págs. 533-555. [Consulta: 26 julio 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85252030015>

PAÑI RIERA, Flavio Wilfrido. *Sistema de Monitoreo Ambiental | Morona Santiago 2020*. Morona Santiago: Prefectura de Morona Santiago, 2020. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://moronasantiago.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Revista-Monitoreo-Ambiental-2020.pdf>

PREFECTURA DE MORONA SANTIAGO. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Morona Santiago* [en línea]. Morona Santiago - Ecuador, 2019. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <https://moronasantiago.gob.ec/pdot-2019-2023/>

REA LOZANO, Adriana Estefania. GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN: PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN CONSTRUCCIONES DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN EL ECUADOR. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Cuenca - Ecuador, 2017. [Consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28544/1/GESTION%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCION%2C%20REA%20LOZANO%20ADRIANA%20ESTEFANIA.pdf>

TOIRAC CORRAL, José. "Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón". *Ciencia y Sociedad* [en línea]. 2012, 37 (3), p+ags. 293-334. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=74158524>

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* [blog]. 2011. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.iucn.org/es>.



ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO



Plataforma del sondeo SE-1



SE1 - SPT-1



SE1 - SPT-2



SE1 - SPT-3



SE1 - SPT-4



SE1 - SPT-5



SE1 - SPT-6



Plataforma del sondeo SE-2



SE2 - SPT-1



SE2 - SPT-2



SE2 - SPT-3



SE2 - SPT-4



SE2 - SPT-5



Plataforma del sondeo SE-3



SE3 - SPT-1



SE3 - SPT-2



SE3 - SPT-3



SE3 - SPT-4



SE3 - SPT-5

ANEXO B: VISITA AL CAMPO



TOMA DE COORDENADAS PARA EL ENSAYO STP



UBICACIÓN DE PUNTOS PARA EL SONDEO



PLATAFORMA DE SONDEO

ANEXO C: ENSAYOS DE LABORATORIO



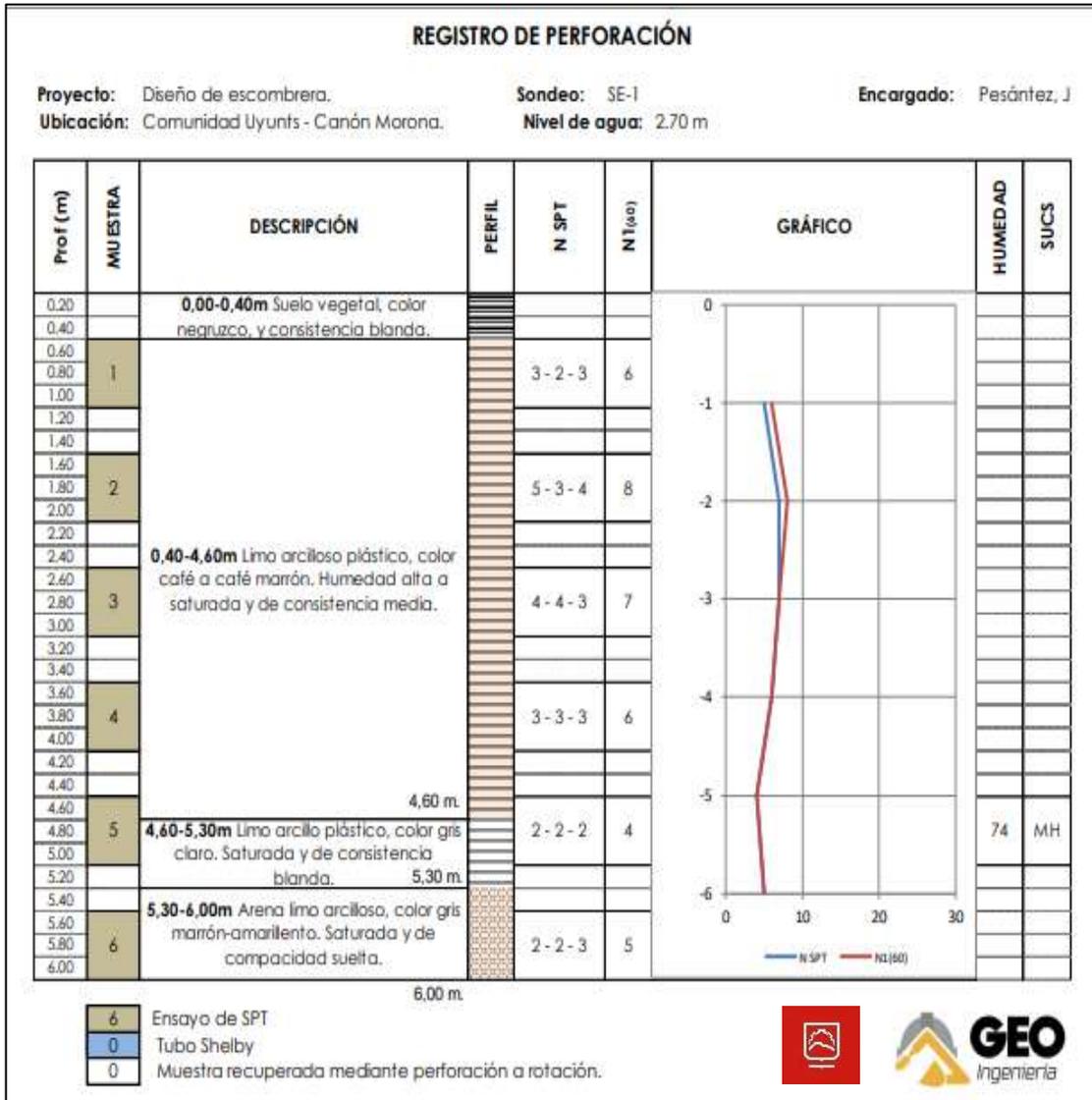
Granulometría

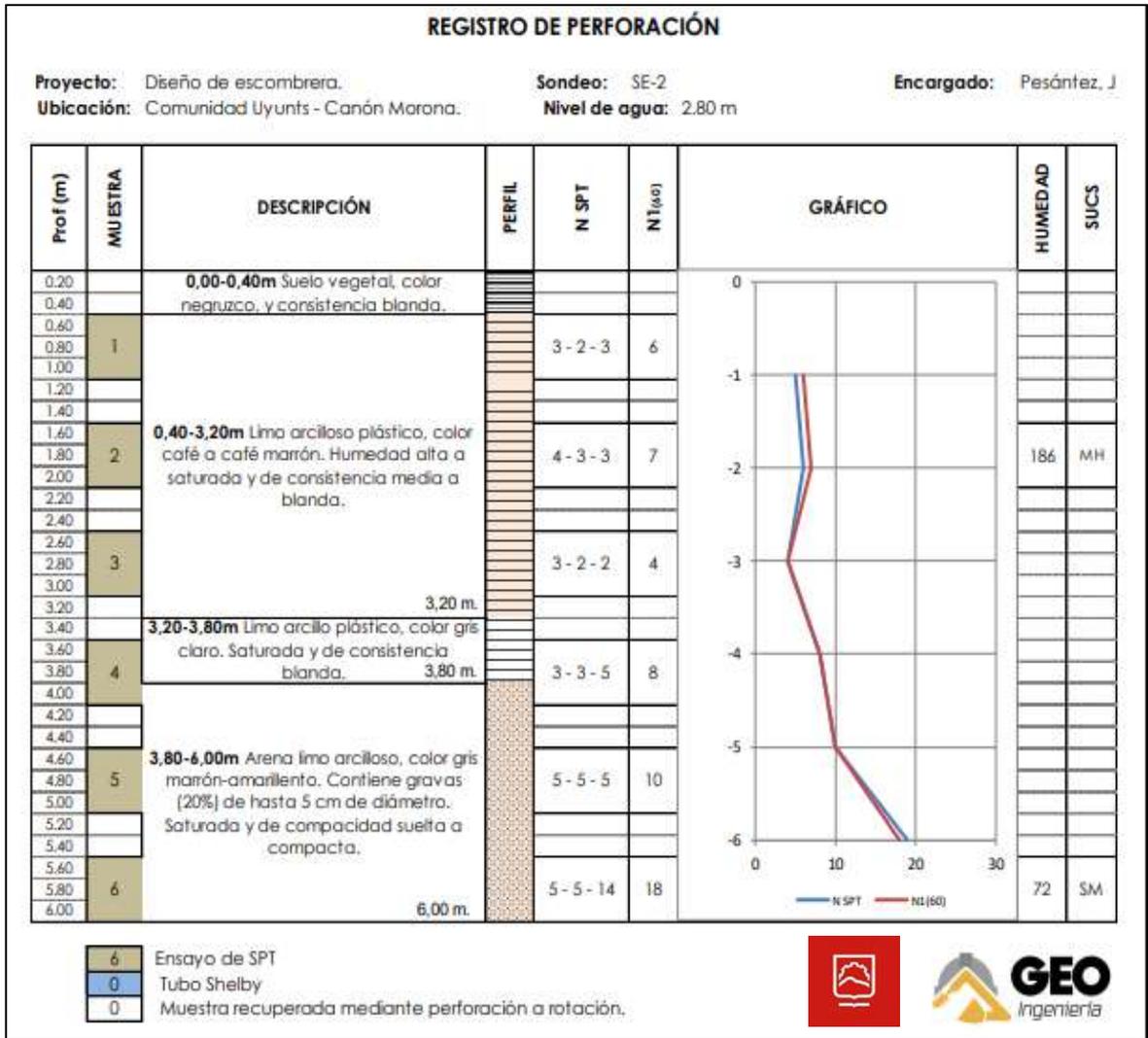


ANEXO D: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEOS SPT

SE - 1





REGISTRO DE PERFORACIÓN

Proyecto: Relleno Sanitario GAD M Morona
Ubicación: Comunidad Uyunts

Sondeo: P-1
Nivel freático: 4,30 m.

Encargado: Pesántez J.

Prof. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PERFIL	N SPT	N ₁₍₆₀₎	GRÁFICO	HUMEDAD	SUCS	PERMEABILIDAD
0,20		0,00-0,60m Suelo vegetal, color negrozco. 0,60 m.		2 - 2 - 2	4	0			
0,40									
0,60									
0,80	1								
1,00									
1,20									
1,40		0,60-3,10m Limo plástico, color café. Humedad alta y de consistencia blanda a media.		3 - 3 - 3	6	-1			
1,60	2								
1,80									
2,00									
2,20									
2,40									
2,60									
2,80	3								
3,00									
3,20									
3,40		3,10-4,70m Limo plástico, color gris a gris oscuro, Humedad alta y de consistencia media.		2 - 2 - 2	4	-2			
3,60	4								
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80	5								
5,00		4,70-6,00m Arena limosa, color gris clara. Contiene gravas subredondeadas (10%) de hasta 2,0cm. Saturada y compacidad suelta a compacta.		1 - 1 - 1	2	-3	59	MH	TIPO LEFRANC
5,20									
5,40									
5,60									
5,80	6								
6,00									
6,20		6,00-6,40m		25 - R - R	50	-4	72	SM	1,84E-05 cm/s@q
6,40									

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



ANEXO E : RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA, LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO



ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

(NORMA ASTM D 2487-06)



Proyecto: Diseño de escombrera.
Ubicación: Comunidad Uyuntis - Cantón Morona.
Fecha: Junio - 2023.

Sondeo: SE-1
Muestra N°: SPT-5
Profundidad: 4.55 - 5.00m.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216-05)

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	37.52	27.92	14.70	72.62	73.78
	2	44.67	32.92	17.24	74.94	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318-05)

32	3	38.65	28.72	16.15	79.00	80.41
23	4	32.86	25.77	17.03	81.12	
13	5	35.32	27.03	17.11	83.57	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-06)

	6	13.91	12.11	8.95	56.96	56.10
	7	13.60	11.87	8.77	55.81	
	8	13.26	11.55	8.47	55.52	

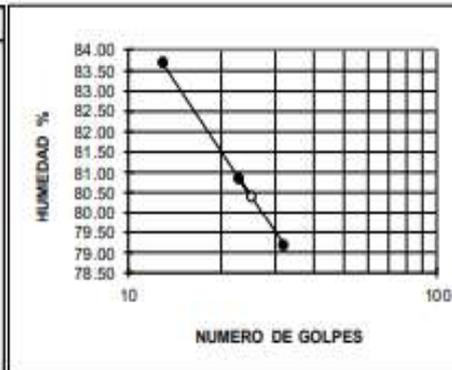
Peso de la muestra húmeda	148.99 g
Peso de la muestra seca	75.33 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' paso
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"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No 4		0.00	100.00
No 10	0.56g	0.74	99.26
No 40	1.47g	1.95	98.05
No 200	5.96g	7.91	92.09

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



RESULTADOS

Grava	0%	L. Líquido	80.4%	SUCS	MH
Arena	8%	L. Plástico	56.1%	AASHTO	A-7-5
Finos	92%	I. Plástico	24.3%	IG.	18



Proyecto: Diseño de escombrera.
Ubicación: Comunidad Uyunts - Cantón Morona.
Fecha: Junio - 2023.

Sondeo: SE-2
Muestra N°: SP1-2
Profundidad: 1,55 - 2,00m.

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216-05)

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	41.15	24.40	15.47	187.57	186.39
	2	42.87	25.33	15.86	185.22	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318-05)

33	3	35.52	23.31	17.50	210.15	214.35
23	4	32.46	21.38	16.26	216.41	
14	5	35.34	22.78	17.11	221.52	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-06)

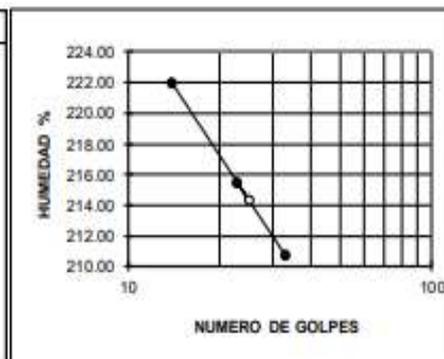
	6	13.13	11.01	9.64	154.74	154.28
	7	11.73	9.73	8.44	155.04	
	8	12.49	10.24	8.77	153.06	

Peso de la muestra húmeda	116.44 g
Peso de la muestra seca	30.25 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"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No 4		0.00	100.00
No 10		0.00	100.00
No 40	0.13g	0.43	99.57
No 200	1.72g	5.69	94.31

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

RESULTADOS

Grava	0%	L Líquido	214.3%	SUCS	MH
Arena	6%	L Plástico	154.3%	AASHTO	A-7-5
Finos	94%	I. Plástico	60.1%	IG.	20



Proyecto: Diseño de escombrera.
Ubicación: Comunidad Uyunits - Cantón Morona.
Fecha: Junio - 2023.

Sondeo: SE-2
Muestra N°: SP1-6
Profundidad: 5.55 - 6.00m.

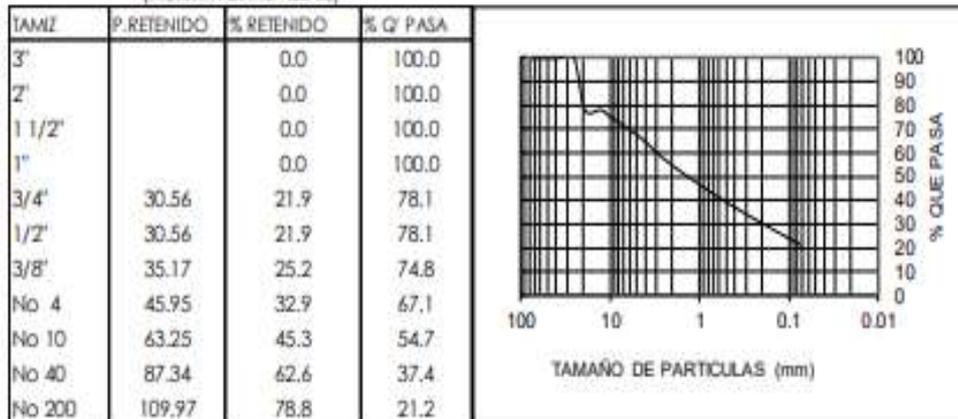
ENSAYO	CÁPSULA	P. HÚMEDO	P. SECO	P. CÁPSULA	HUMEDAD	PROMEDIO
Humedad Natural (ASTM D 2216-05)	1	57.94	41.05	17.40	71.42	72.18
	2	60.13	41.86	16.81	72.93	
Límite Líquido (ASTM D 4318-05)			MATERIAL NO PLASTICO			
Límite plástico (ASTM D4318-06)			MATERIAL NO PLASTICO			

Peso de la muestra húmeda: 240.16 g
 Peso de la muestra seca: 139.49 g

GRANULOMETRÍA

(NORMA ASTM D 422-63)

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados

GRAVA	33%	L.Líquido	N.P.	SUCS	SM
ARENA	46%	L.Plástico	N.P.	AASHTO	A-1-b
FINOS	21%	L.Plástico	N.P.	IG.	0



Proyecto: Relleno Sanitario GAD M Morona. **Sondeo:** P-1
Ubicación: Comunidad Uyunts **Muestra N°:** SPT-6
Fecha: Noviembre - 2021 **Profundidad:** 5,55 - 6,00m.

ENSAYO	CÁPSULA	P. HÚMEDO	P. SECO	P. CÁPSULA	HUMEDAD	PROMEDIO
Humedad Natural (ASTM D 2216-05)	1	35.21	26.94	15.50	72.29	71.64
	2	36.12	28.02	16.61	70.99	
Límite Líquido (ASTM D 4318-05)			MATERIAL NO PLASTICO			
Límite plástico (ASTM D4318-06)			MATERIAL NO PLASTICO			

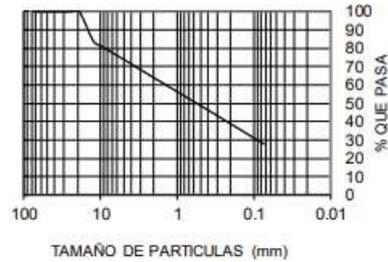
Peso de la muestra húmeda: 152.32 g
 Peso de la muestra seca: 88.74 g

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"	14.06	15.8	84.2
3/8"	16.99	19.1	80.9
No 4	23.58	26.6	73.4
No 10	32.05	36.1	63.9
No 40	47.03	53.0	47.0
No 200	64.00	72.1	27.9

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados

GRAVA	27%	L.Líquido	N.P.	SUCS	SM
ARENA	46%	L.Plástico	N.P.	AASHTO	A-2-4
FINOS	28%	I.Plástico	N.P.	IG.	0

ANEXO F: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE GRAVEDAD RELATIVA/GRAVEDAD ESPECÍFICA



DENSIDAD RELATIVA / GRAVEDAD ESPECÍFICA

NORMA ASTM C-128



Proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.
Ubicación: Comunidad Uyunts - Cantón Morona. **Muestra:** SE-1 / SPT-5

Densidad: Agregado Fino	
1. Masa del Agregado Seco en el Horno (A) (g)	64.12
2. Masa del Picnómetro Vacío (g)	184.44
3. Masa del Picnómetro + Agua 500ml (B)(cm ³)	683.00
4. Masa del Picnómetro + Agregado + Agua (C)(cm ³)	721.00
5. Volumen de sólidos (cm ³)	26.12
6. Densidad del Agregado Fino (D) (kg/cm³)	2455

$$D=A/(B+A-C)$$



DENSIDAD RELATIVA / GRAVEDAD ESPECÍFICA

NORMA ASTM C-128



Proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.
Ubicación: Comunidad Uyunts - Cantón Morona. **Muestra:** SE-2 / SPT-2

Densidad: Agregado Fino	
1. Masa del Agregado Seco en el Horno (A) (g)	46.33
2. Masa del Picnómetro Vacío (g)	193.88
3. Masa del Picnómetro + Agua 500ml (B)(cm ³)	692.00
4. Masa del Picnómetro + Agregado + Agua (C)(cm ³)	718.00
5. Volumen de sólidos (cm ³)	20.33
6. Densidad del Agregado Fino (D) (kg/cm³)	2279

$$D=A/(B+A-C)$$



Proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL GAD MUNICIPAL EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.

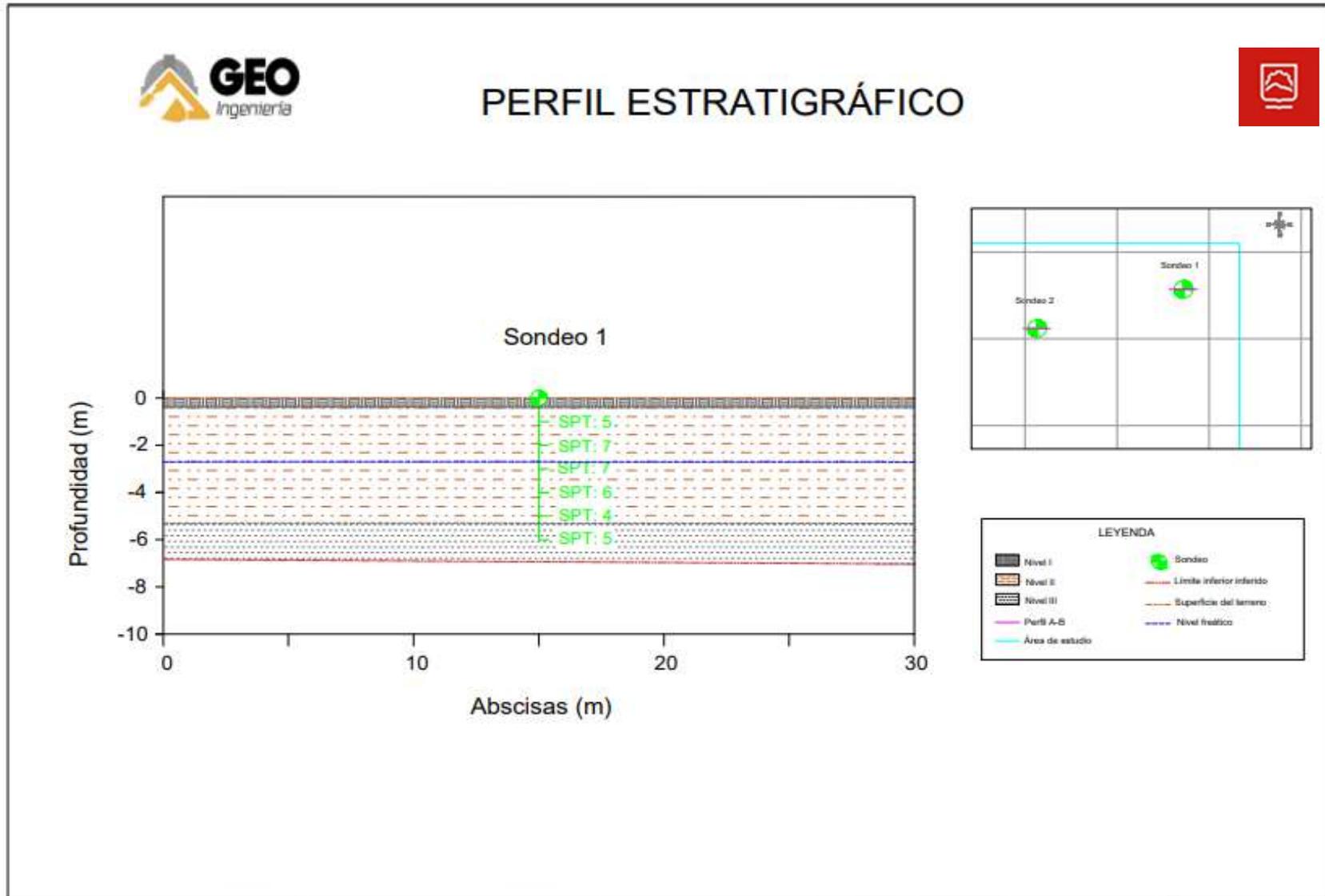
Ubicación: Comunidad Uyunts - Cantón Morona.

Muestra: SE-2 / SPT-6

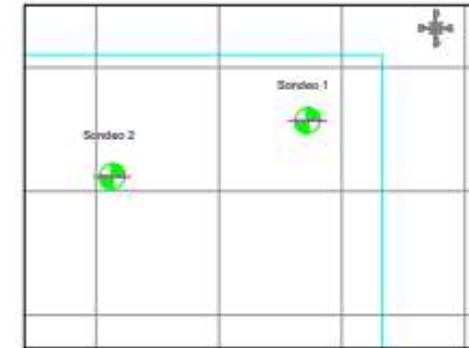
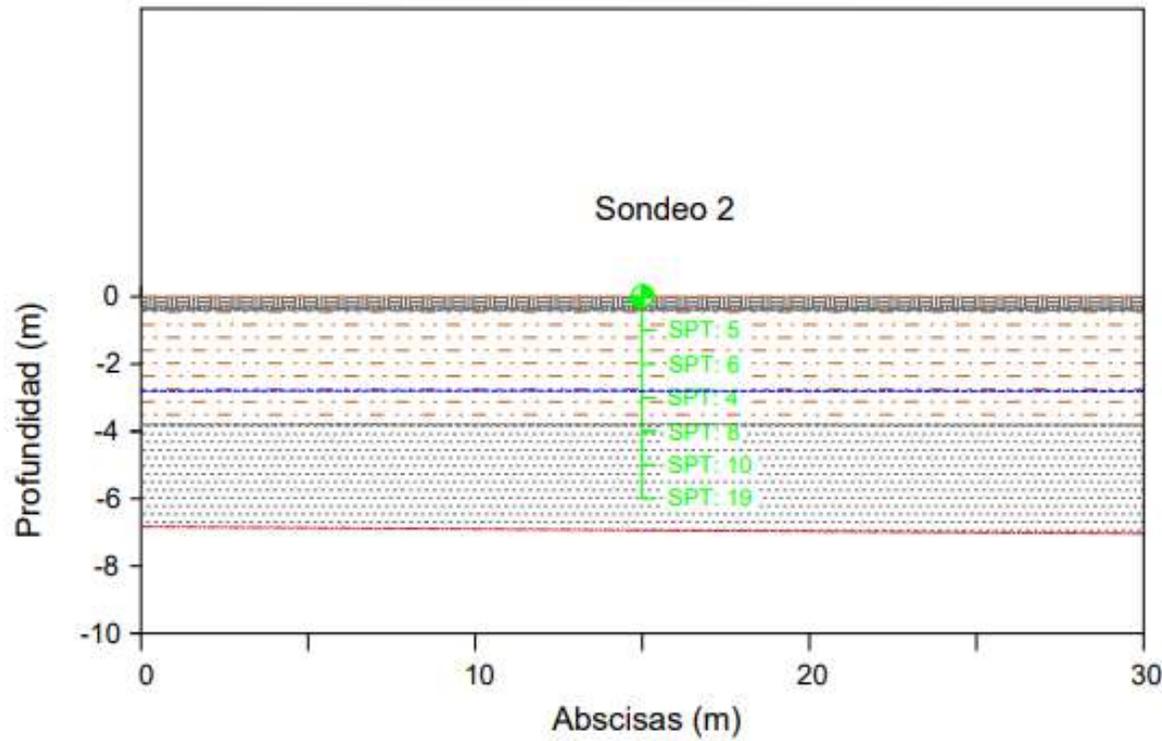
Densidad: Agregado Fino	
1. Masa del Agregado Seco en el Horno (A) (g)	63.62
2. Masa del Picnómetro Vacío (g)	194.38
3. Masa del Picnómetro + Agua 500ml (B)(cm ³)	693.00
4. Masa del Picnómetro + Agregado + Agua (C)(cm ³)	732.00
5. Volumen de sólidos (cm ³)	24.62
6. Densidad del Agregado Fino (D) (kg/cm³)	2584

$$D=A/(B+A-C)$$

ANEXO G: PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

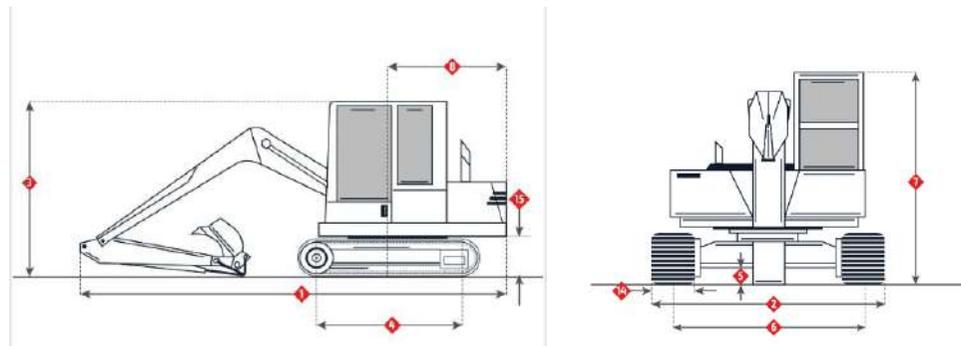


PERFIL ESTRATIGRÁFICO



ANEXO H: MAQUINARIA

EXCAVADORA HIDRÁULICA



Tren de rodaje

• Número de zapatas de un lado	51
• Tamaño de la zapata	800 mm
• Número de rodillos de apoyo a cada lado	2
• Número de cojinetes a cada lado	8
• Velocidad máxima de transporte	5.4 km/h
• Fuerza de tracción del gancho	227 kN
• Ancho de vía	2590 mm

Motor

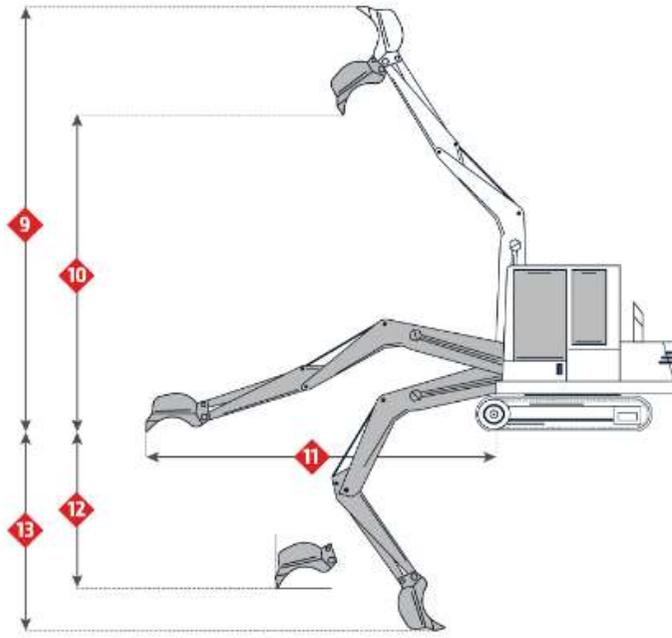
• Potencia total	141.7 kW
• Potencia efectiva	126 kW
• Potencia medida en	1800 RPM.
• Cilindrada	7.2 l.
• Número de cilindros	6
• Fabricante	Caterpillar
• Modelo	C7 ACERT

Pala

• Volumen inicial de la pala	1.4 m ³
• Volumen máximo de la pala	2 m ³

Mecanismo de giro

• Velocidad de giro	9.6 RPM.
• Momento de fuerza de giro	73400 Nm



Característica de plumas/secciones 1

• Altura para el transporte	3430 mm
• Longitud para el transporte	10050 mm
• Profundidad máxima de excavación	7328 mm
• Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	10549 mm
• Altura máxima de corte	9887 mm
• Altura máxima de carga	7043 mm
• Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	6575 mm

Característica de plumas/secciones 2

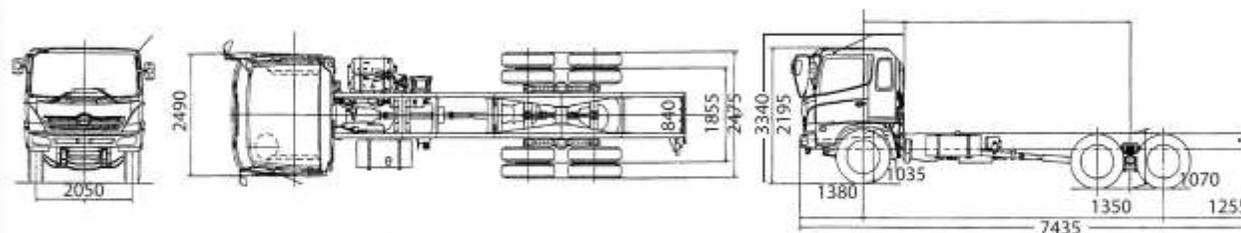
• Altura para el transporte	3170 mm
• Longitud para el transporte	10060 mm
• Profundidad máxima de excavación	6846 mm
• Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	9829 mm
• Altura máxima de corte	9946 mm
• Altura máxima de carga	6590 mm
• Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	6075 mm

Característica de plumas/secciones 3

• Altura para el transporte	3300 mm
• Longitud para el transporte	10100 mm
• Profundidad máxima de excavación	6396 mm
• Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	9395 mm
• Altura máxima de corte	9750 mm
• Altura máxima de carga	6394 mm
• Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	5630 mm

VOLQUETE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



FM2 - Volqueta - Modelo 2735

PESOS

PESO BRUTO VEHICULAR	27000 Kg
PESO CHASIS	7590 Kg
CAPACIDAD DE CARGA	10 m3

MOTOR

MODELO	P11C-VT
POTENCIA MÁXIMA	345 HP
REGIMEN MAX. POTENCIA	2100 RPM
TORQUE MÁXIMO	1275 Nm
REGIMEN MAX. TORQUE	1500 RPM
CILINDROS	6 EN LÍNEA
CILINDRAJE	10520 L
NORMA DE EMISIÓN	EURO 3
ASPIRACIÓN	TURBO INTERCOOLER
SISTEMA DE INYECCIÓN	DIRECTA

CAJA DE CAMBIOS

MODELO	M009
Nº CAMBIOS (ADELANTE)	NUEVE
TRACCIÓN	6X4

EMBRAGUE

TIPO	MONO DISCO SECO
DIÁMETRO	430 mm
CONTROL	HIDRÁULICO CON BOOSTER

EJES

CAPACIDAD EJE DELANTERO	ELLIOT INVERTIDO, I-BEAM/7000 Kg
CAPACIDAD EJE POSTERIOR	FLOTANTE CON REDUCTION SIMPLE/20000 Kg

FRENO DE SERVICIO

TIPO	FULL AIRE, S-CAM, TAMBOR Y ZAPATA
------	-----------------------------------

FRENO AUXILIAR

TIPO	FRENO DE ESCAPE
------	-----------------

FRENO DE PARQUEO

TIPO	AIRE SOBRE PRIMER EJE POSTERIOR
CONTROL	MECÁNICO

NEUMÁTICOS

DIMENSIONES	295/80R22.5
-------------	-------------

TANQUE DE COMBUSTIBLE

CAPACIDAD	320 L
-----------	-------

SISTEMA ELÉCTRICO

TIPO	24 VOLTIOS
------	------------

BULDÓCER

D6/D6 XE* VPAT

Peso de funcionamiento**	22.275 kg	49.108 lb
Peso de embarque***	20.513 kg	45.223 lb
Presión sobre el suelo (ISO 16754)	49 kPa	7,1 lb/pulg ²
Tren de rodaje (estándar)	42 Sección con 8 Rodillos inferiores	
1 Ancho de vía	2,080 m	82 pulg
2 Anchura máxima de zapata de cadena	0,610 m	24 pulg
3 Anchura sobre cadenas	2,690 m	105,9 pulg
4 Longitud de cadena sobre el suelo	3,247 m	127,8 pulg
Superficie de contacto con el suelo (ISO 16754)	4,473 m ²	6.933 pulg ²
Paso de cadena	0,2028 m	7,9 pulg
Altura de garra (servicio moderado)	0,065 m	2,6 pulg
Altura libre sobre el suelo	0,422 m	16,6 pulg
Oscilación en rueda loca delantera	0,112 m	4,4 pulg
5 Altura de la máquina****	3,188 m	125,5 pulg
6 Longitud de la máquina sin hoja	5,134 m	202,1 pulg

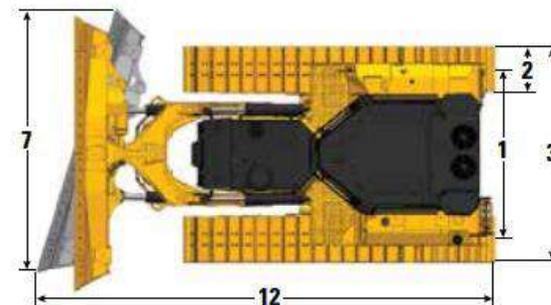
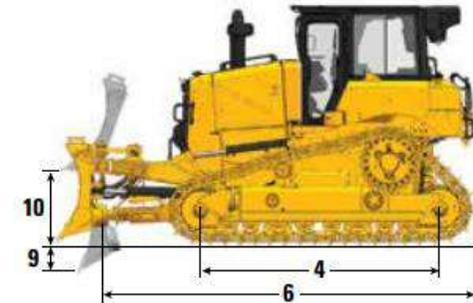
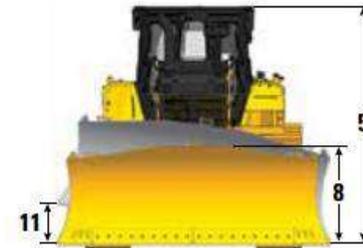
Todas las dimensiones anteriores con tren de rodaje HDXL con zapatas de servicio moderado de anchura máxima para la configuración, hoja VPAT , y calculadas según la norma ISO 16754, a menos que se especifique lo contrario.

*El tren de potencia XE añade 0,7 kPa (0,1 psi) y 273 kg (600 lb) a la presión sobre el suelo y pesos publicados.

**El peso operativo incluye la hoja, los lubricantes, el refrigerante, el depósito de combustible lleno, la cabina ROPS/FOPS, la barra de tiro y el operador de 75 kg (165 lb).

***El peso de envío incluye los cilindros de elevación de las hojas, los lubricantes, el refrigerante, el 10 % de combustible, la cabina ROPS/FOPS y la barra de tiro.

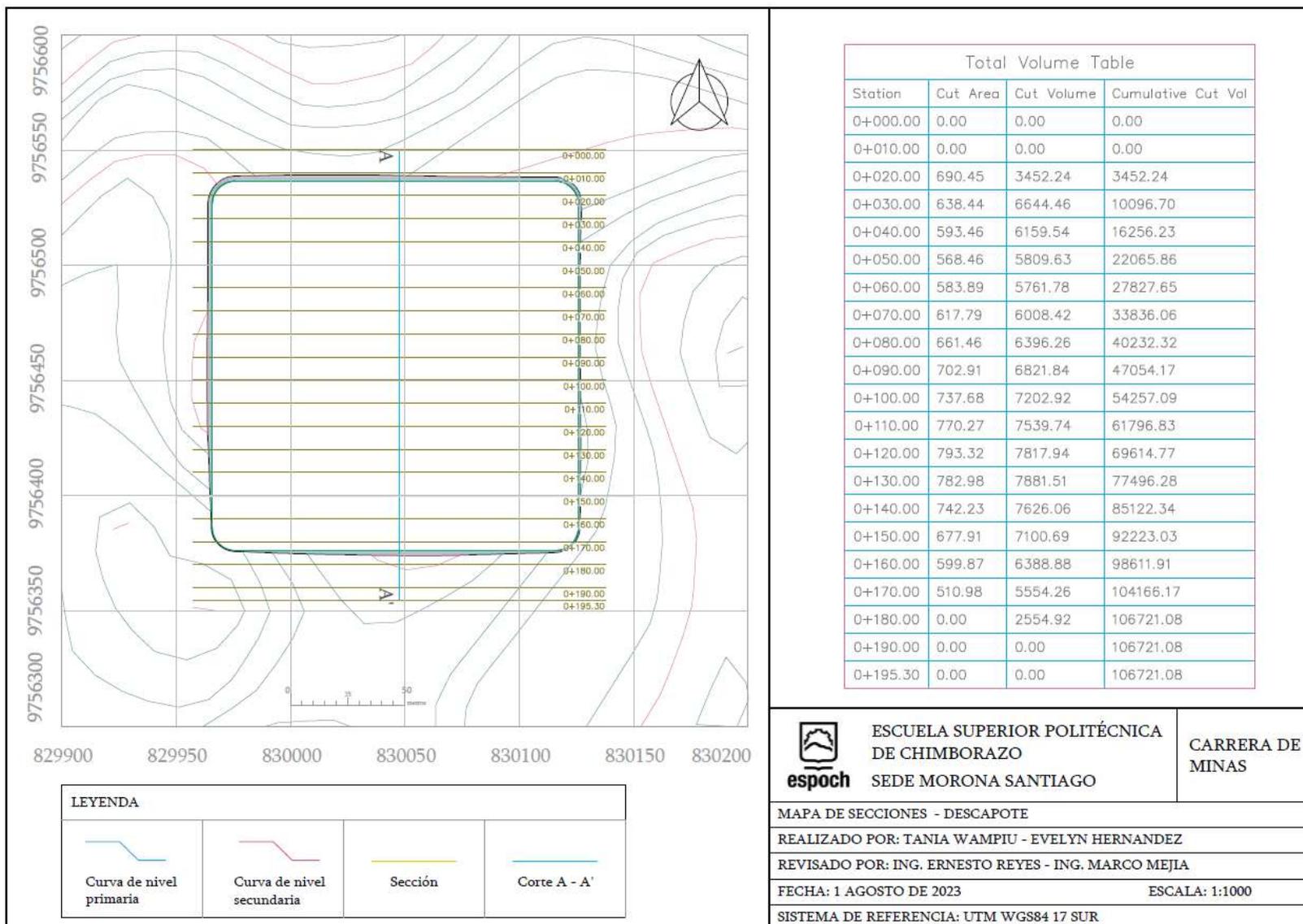
****Altura de la máquina desde la punta de la garra hasta la parte superior de la antena de Product Link. Para protecciones, añada 60 mm (2,36 pulg) a la altura total de la máquina. Para las protecciones forestales, añada 83 mm (3,26 pulg). Con las zapatas de servicio extremo, añada 12 mm (0,5 pulg). Cuando se instala Cat Grade con antenas 3D, no se añade altura a la máquina.



Hoja

Configuración	6 VPAT	
Capacidad (ISO 9246)	4,1 m ³	5,4 yd ³
7 Anchura a través de las puntas	3,680 m	12,07 pies
Anchura sin cantoneras	3,570 m	11,71 pie
Anchura a través de las puntas (hoja en ángulo)	3,363 m	11,03 pie
Anchura sin cantoneras (hoja en ángulo)	3,266 m	10,72 pies
Ángulo máximo de la hoja	24,1 grados	
8 Altura	1,312 m	4,30 pie
9 Profundidad de excavación	0,698 m	27,5 pulg
10 Altura de elevación	1,131 m	44,5 pulg
11 Inclinación máxima en la esquina de la hoja	0,576 m	22,7 pulg
Ángulo máximo de inclinación	9 grados	
Ajuste de inclinación	+3,1/-2,9 grados	
12 Longitud de la máquina (hoja recta)	5,662 m	18,58 pie
Longitud de la máquina (hoja en ángulo)	6,365 m	20,88 pie
Peso (Hoja)	1.436 kg	3.166 lb

ANEXO I: DESCAPOTE



Total Volume Table

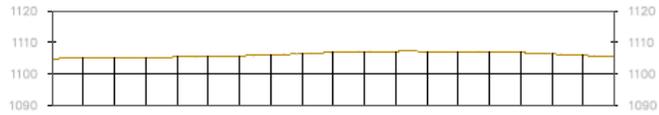
Station	Cut Area	Cut Volume	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	690.45	3452.24	3452.24
0+030.00	638.44	6644.46	10096.70
0+040.00	593.46	6159.54	16256.23
0+050.00	568.46	5809.63	22065.86
0+060.00	583.89	5761.78	27827.65
0+070.00	617.79	6008.42	33836.06
0+080.00	661.46	6396.26	40232.32
0+090.00	702.91	6821.84	47054.17
0+100.00	737.68	7202.92	54257.09
0+110.00	770.27	7539.74	61796.83
0+120.00	793.32	7817.94	69614.77
0+130.00	782.98	7881.51	77496.28
0+140.00	742.23	7626.06	85122.34
0+150.00	677.91	7100.69	92223.03
0+160.00	599.87	6388.88	98611.91
0+170.00	510.98	5554.26	104166.17
0+180.00	0.00	2554.92	106721.08
0+190.00	0.00	0.00	106721.08
0+195.30	0.00	0.00	106721.08

LEYENDA

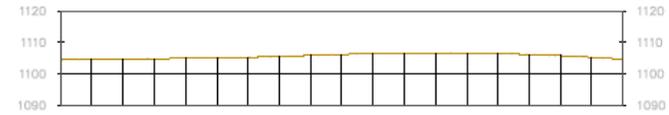
Curva de nivel primaria	Curva de nivel secundaria	Sección	Corte A - A'

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO	CARRERA DE MINAS
	MAPA DE SECCIONES - DESCAPOTE	
REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ		
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - ING. MARCO MEJIA		
FECHA: 1 AGOSTO DE 2023		ESCALA: 1:1000
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR		

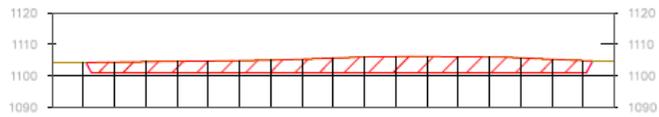
0+000.00



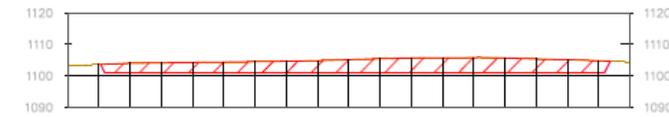
0+010.00



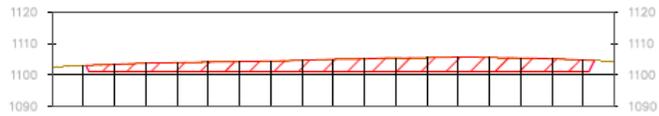
0+020.00



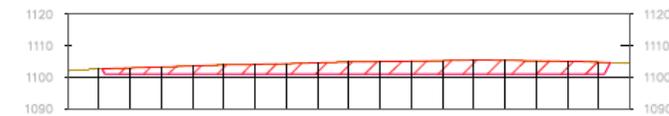
0+030.00



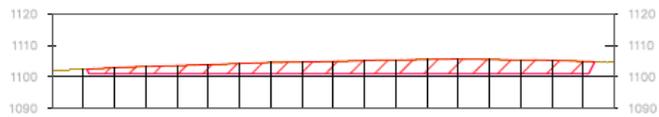
0+040.00



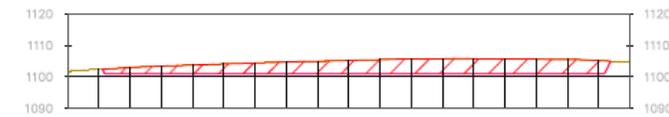
0+050.00



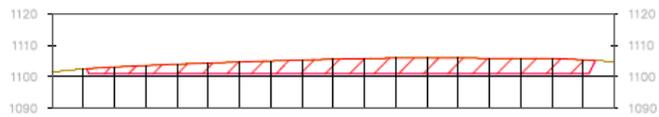
0+060.00



0+070.00



0+080.00



esPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

SECCIONES 0 + 0.00 - 0 + 0.80

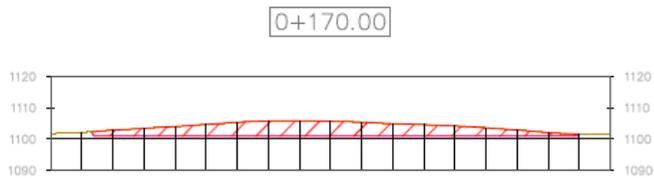
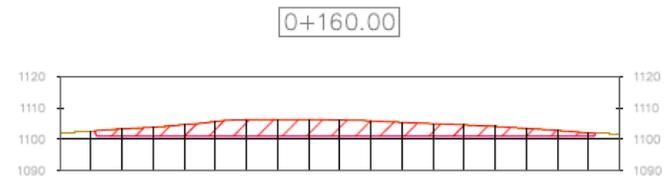
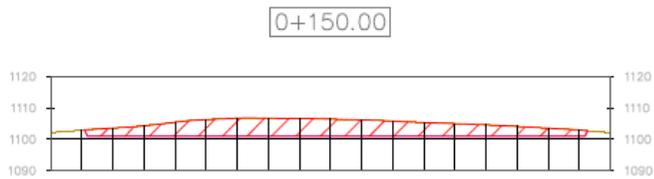
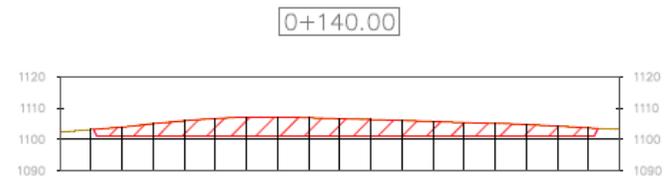
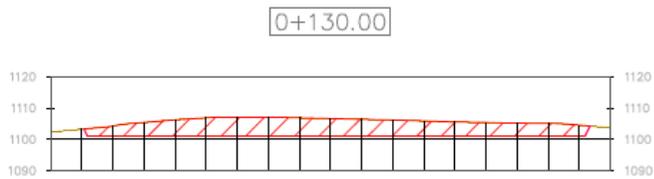
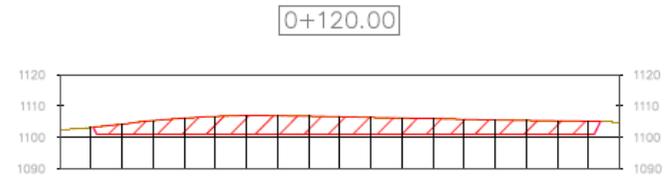
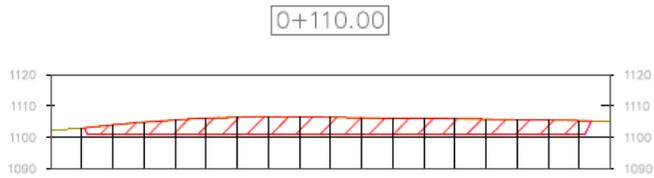
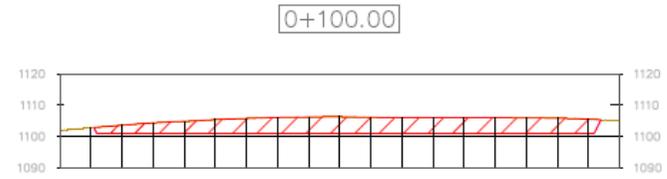
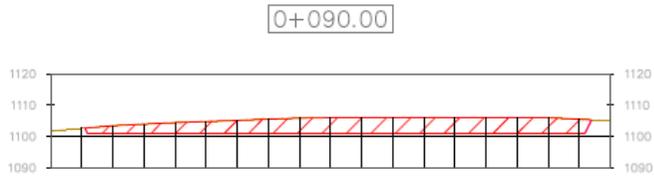
REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

SECCIONES 0 + 0.00 - 0 + 0.80

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

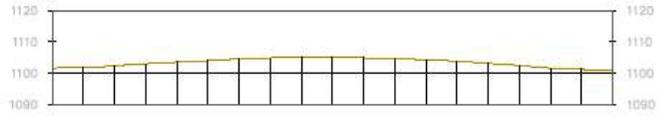
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

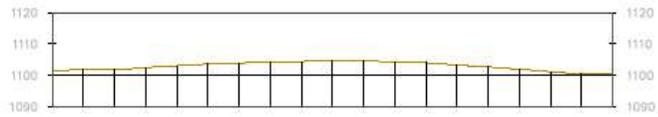
ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

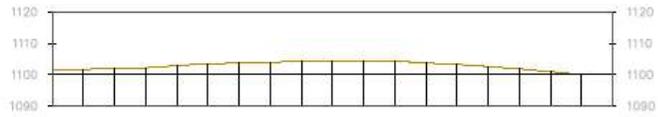
0+180.00



0+190.00



0+195.30



epoch

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

SECCIONES 0 + 0.00 - 0 + 0.80

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

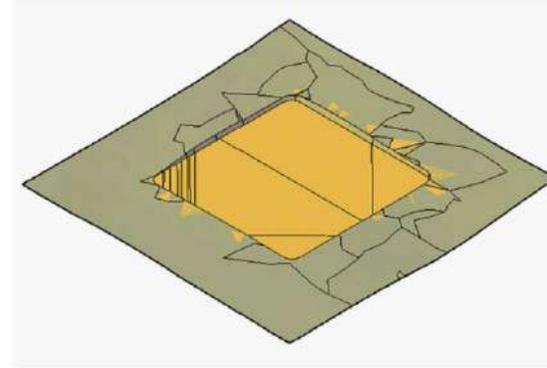
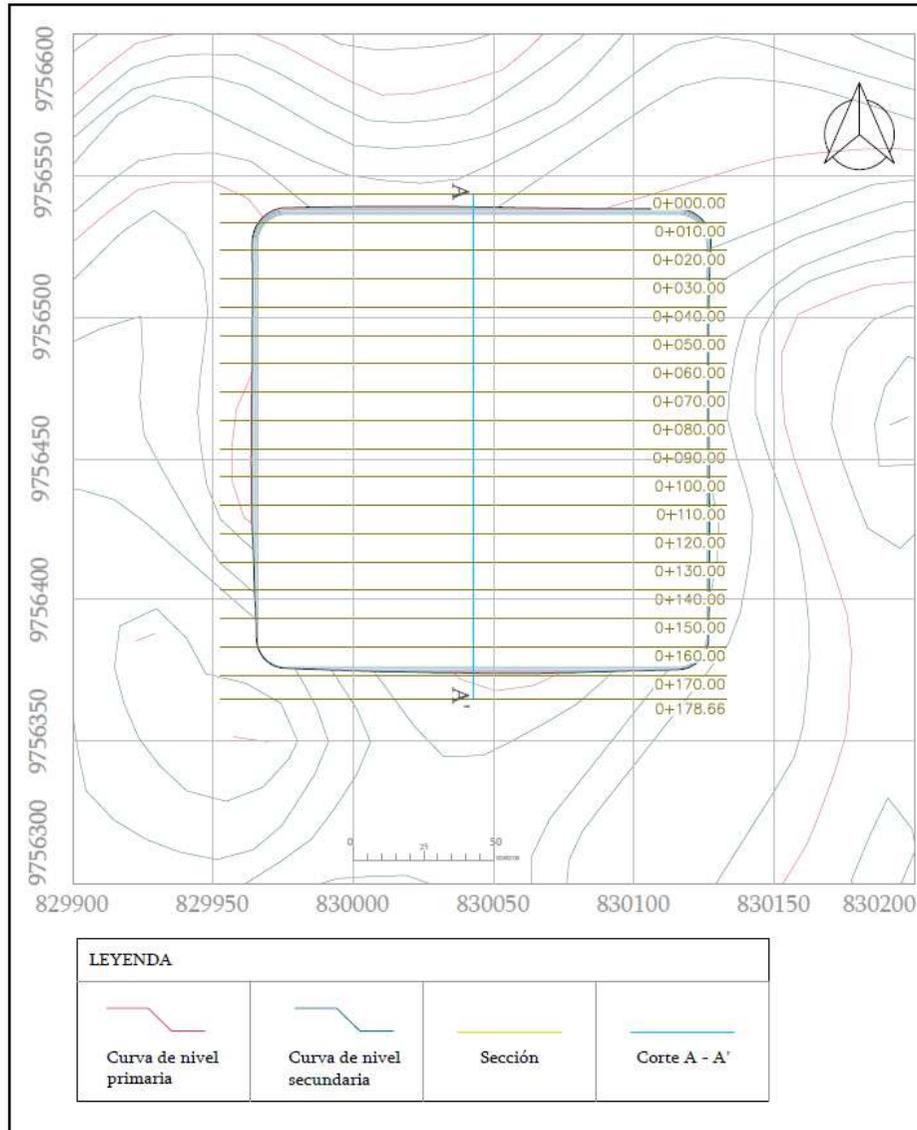
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

ANEXO J: COLOCACIÓN SUB-BASE



Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	61.70	0.01	308.50	0.07	308.50	0.07
0+020.00	64.08	0.00	628.90	0.08	937.41	0.15
0+030.00	64.08	0.00	640.80	0.01	1578.21	0.16
0+040.00	64.08	0.00	640.80	0.00	2219.01	0.16
0+050.00	64.08	0.00	640.80	0.00	2859.81	0.16
0+060.00	64.08	0.00	640.80	0.00	3500.61	0.16
0+070.00	64.08	0.00	640.80	0.00	4141.41	0.16
0+080.00	64.08	0.00	640.80	0.00	4782.21	0.17
0+090.00	64.08	0.00	640.80	0.00	5423.01	0.17
0+100.00	64.08	0.00	640.80	0.00	6063.81	0.17
0+110.00	64.08	0.00	640.80	0.00	6704.61	0.17
0+120.00	64.08	0.00	640.80	0.02	7345.41	0.19
0+130.00	64.08	0.00	640.80	0.02	7986.21	0.21
0+140.00	64.08	0.00	640.80	0.01	8627.01	0.22
0+150.00	64.08	0.00	640.80	0.00	9267.81	0.22
0+160.00	63.75	0.00	639.15	0.00	9906.96	0.23
0+170.00	0.00	0.00	318.75	0.00	10225.71	0.23
0+178.66	0.00	0.00	0.00	0.00	10225.71	0.23



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

MAPA DE SECCIONES - SUBBASE

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

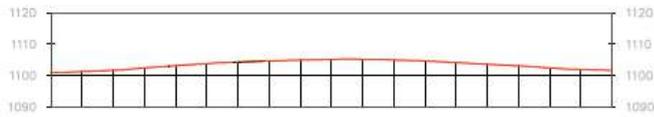
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - ING. MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

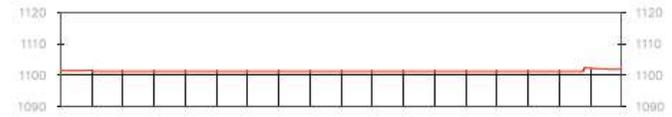
ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

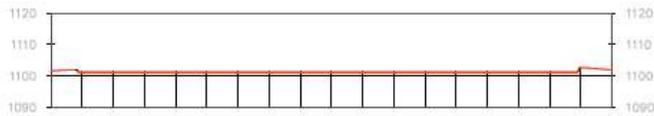
0+000.00



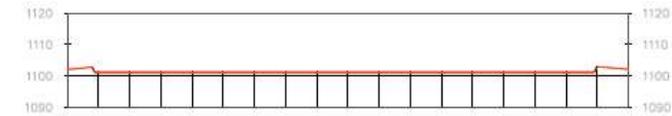
0+010.00



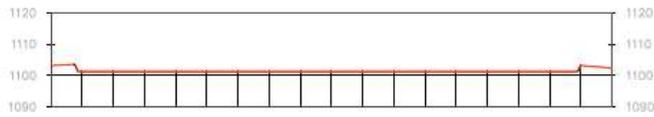
0+020.00



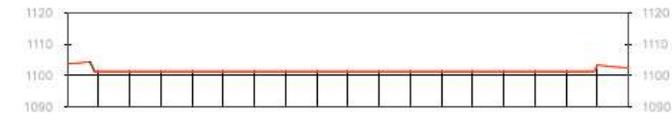
0+030.00



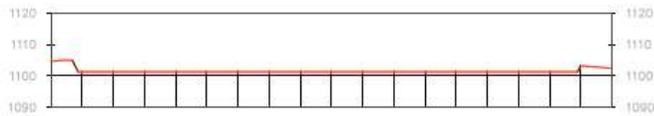
0+040.00



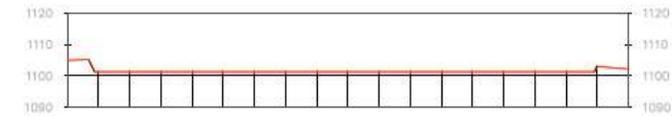
0+050.00



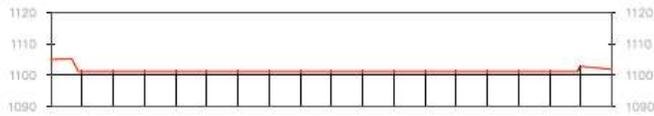
0+060.00



0+070.00



0+080.00



esPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

SECCIONES 0 + 0.00 - 0 + 0.80

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

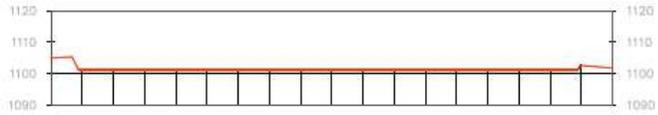
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

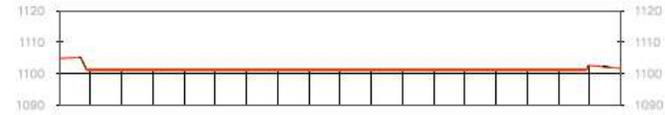
ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

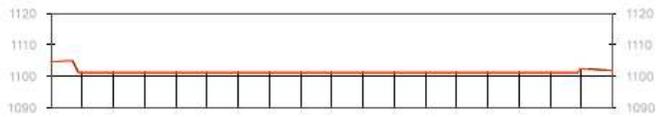
0+090.00



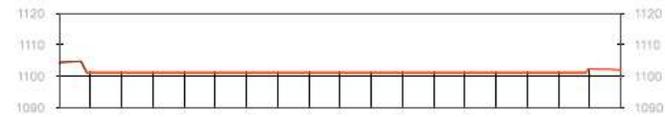
0+100.00



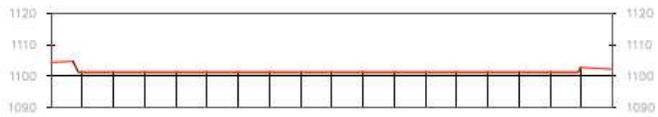
0+110.00



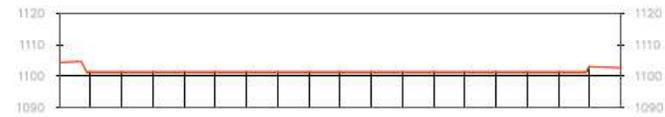
0+120.00



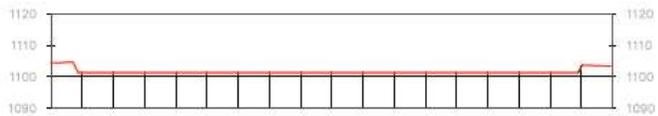
0+130.00



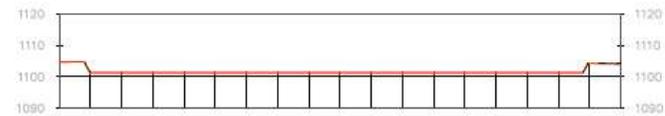
0+140.00



0+150.00



0+160.00



0+170.00



esPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

SECCIONES 0 + 0.00 - 0 + 0.80

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

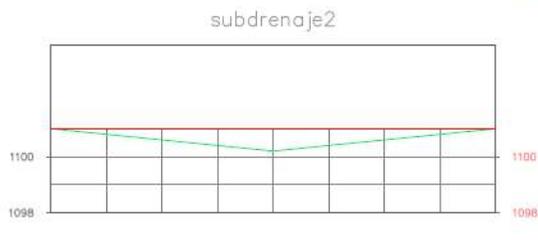
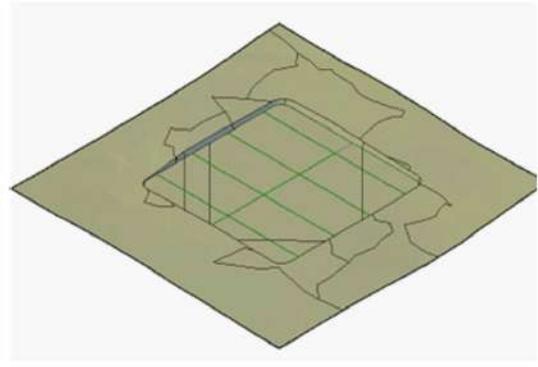
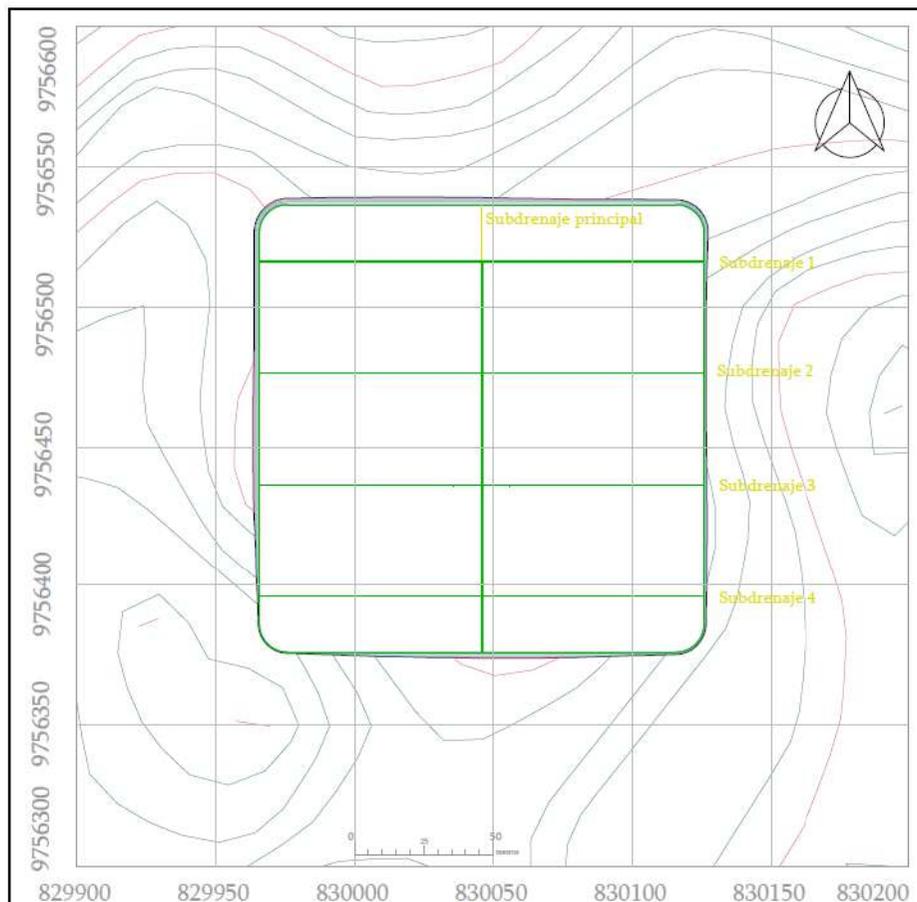
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - MARCO MEJIA

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

ESCALA: 1:1000

SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

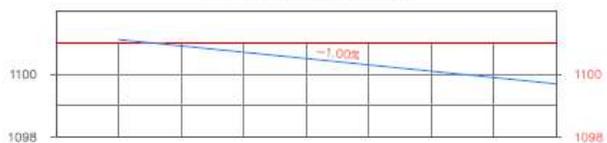
ANEXO K: SUBDREN



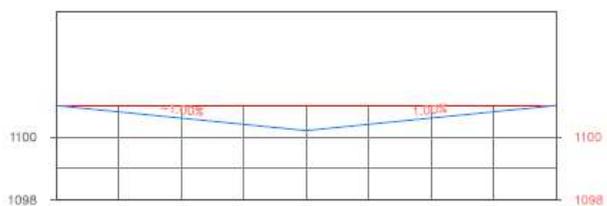
LEYENDA			
Curva de nivel primaria	Curva de nivel secundaria	Sección	Subdrenaje

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO	CARRERA DE MINAS
	MAPA DE SECCIONES DEL SUBDREN	
REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ		
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - ING. MARCO MEJIA		
FECHA: 1 AGOSTO DE 2023		ESCALA: 1:1000
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR		

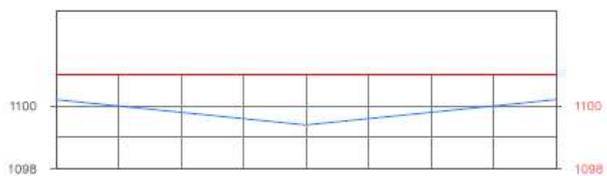
subdrenaje central



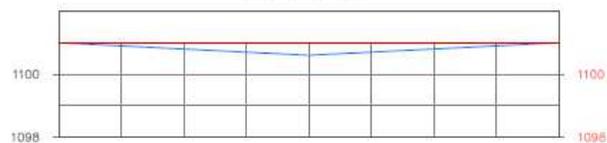
subdrenaje2



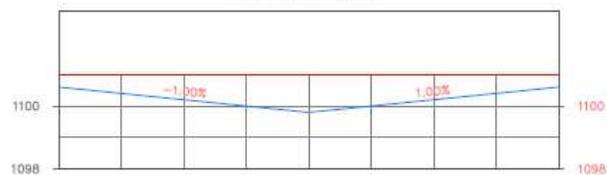
subdrenaje4



subdrenaje1



subdrenaje3



esPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO

CARRERA DE
MINAS

MAPA DE SECCIONES RED DE DRENAJE

REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ

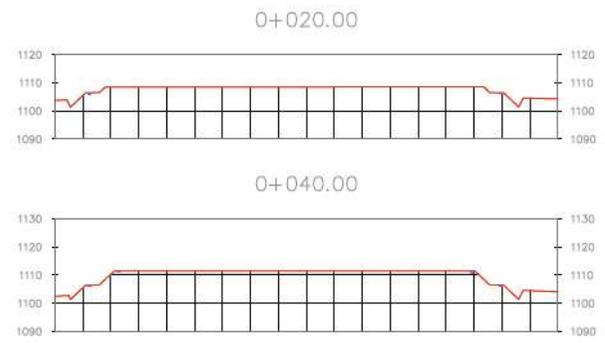
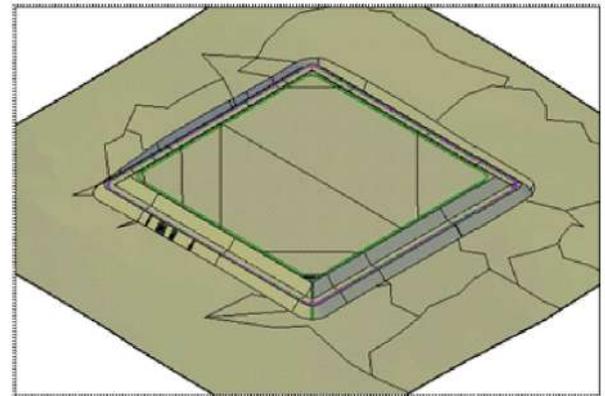
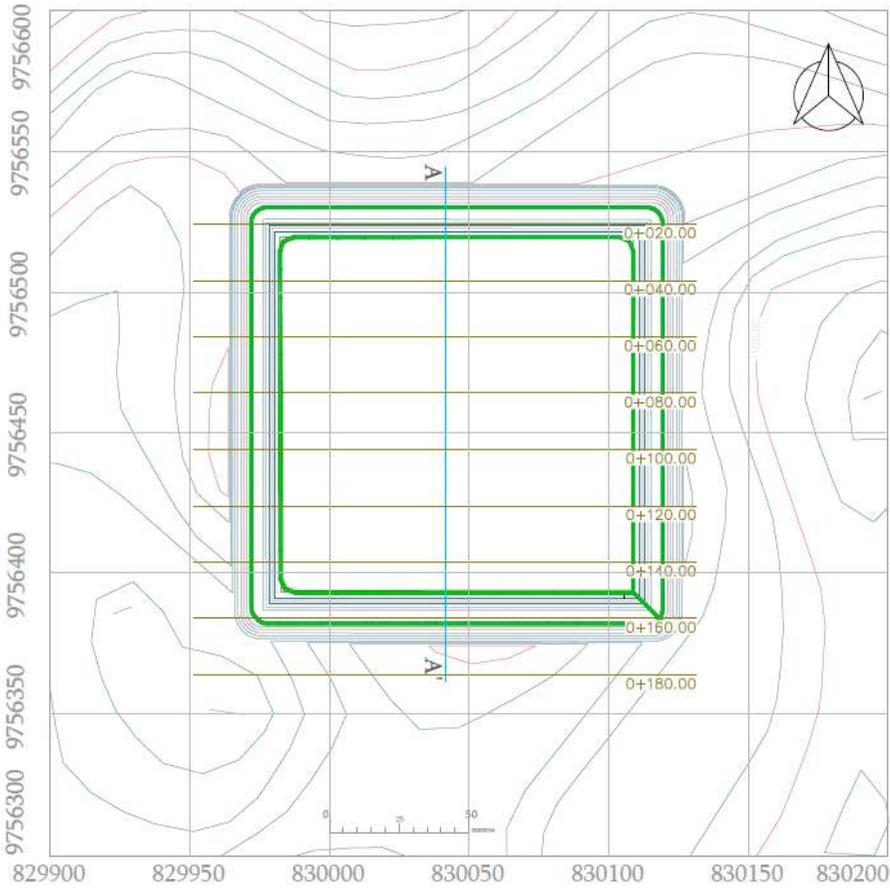
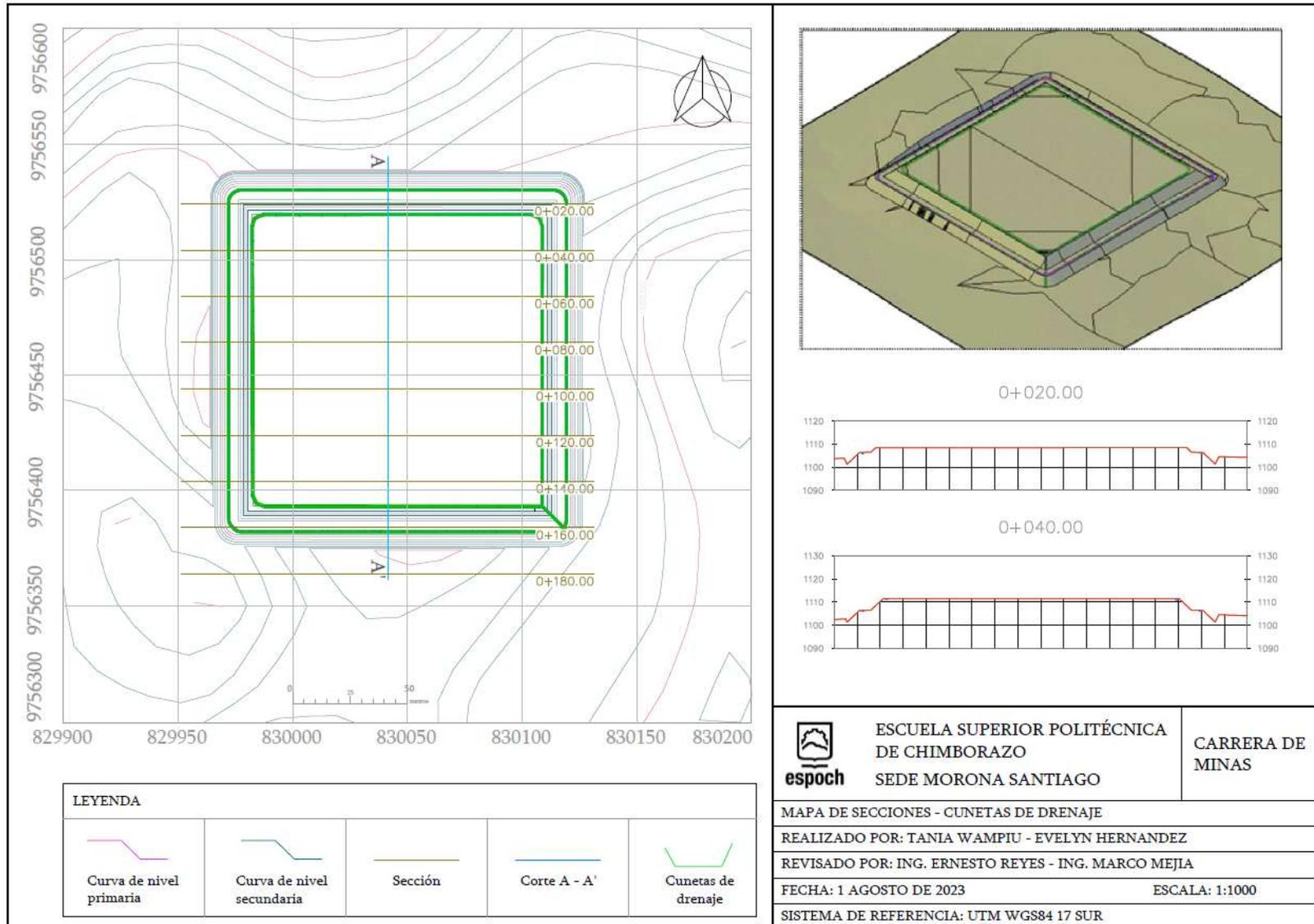
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES -

FECHA: 1 AGOSTO DE 2023

ESCALA: 1:1000

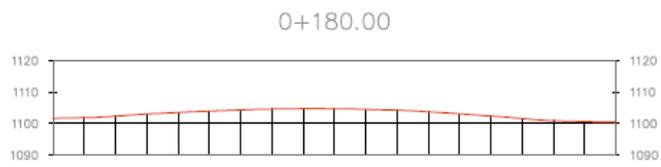
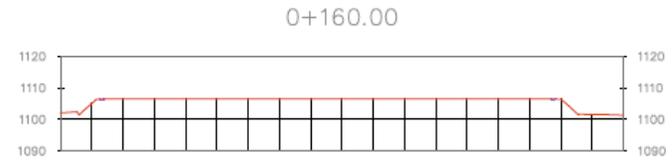
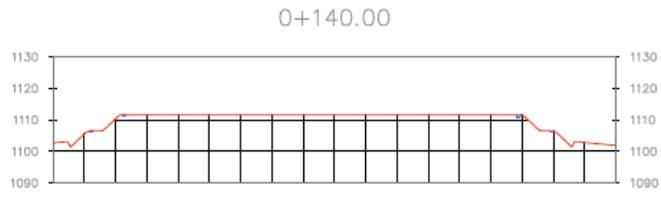
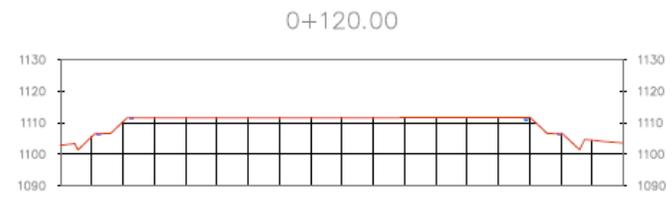
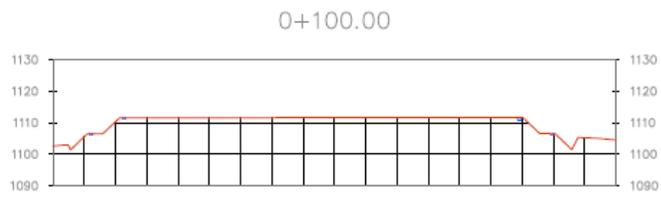
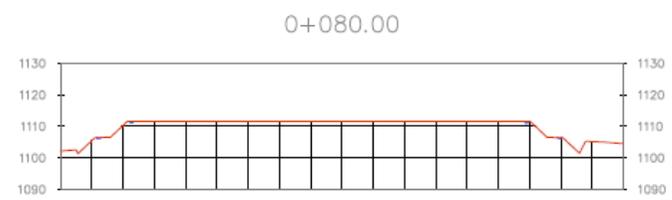
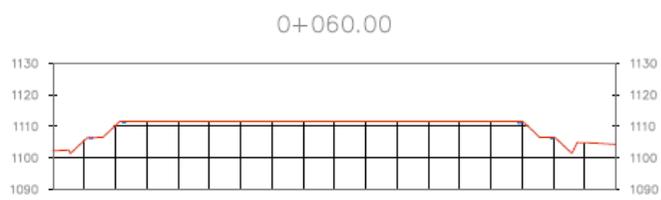
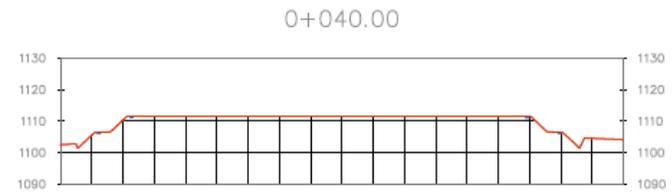
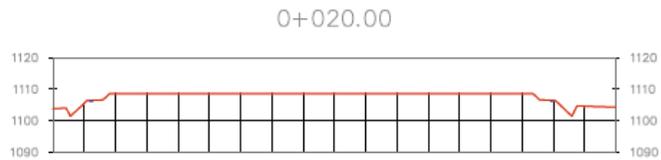
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR

ANEXO L: DISEÑO ESCOMBRERA



LEYENDA				
				
Curva de nivel primaria	Curva de nivel secundaria	Sección	Corte A - A'	Cunetas de drenaje

 esPOCH	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO	CARRERA DE MINAS
	MAPA DE SECCIONES - CUNETAS DE DRENAJE	
REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ		
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES - ING. MARCO MEJIA		
FECHA: 1 AGOSTO DE 2023		ESCALA: 1:1000
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR		



	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO	CARRERA DE MINAS
	MAPA DE SECCIONES DE ZANJAS	
REALIZADO POR: TANIA WAMPIU - EVELYN HERNANDEZ		
REVISADO POR: ING. ERNESTO REYES -		
FECHA: 1 AGOSTO DE 2023		ESCALA: 1:1000
SISTEMA DE REFERENCIA: UTM WGS84 17 SUR		

ANEXO M: MARCO LEGAL

ESTUDIO PARA LA REUBICACIÓN DEL NUEVO RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MORONA, SEGÚN LOS CRITERIOS QUE EXIGE LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE EN EL ECUADOR

Completo: <https://liveespochedu->

my.sharepoint.com/:b:/g/personal/evelyn_hernandez_espochedu_ec/EQqRC_MBO95PILsUJ8kXF3wBTCvuXJ_JDGiv4GGX96JxMw?e=renICI



ESTUDIO PARA LA REUBICACIÓN DEL NUEVO RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MORONA, SEGÚN LOS CRITERIOS QUE EXIGE LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE DEL ECUADOR

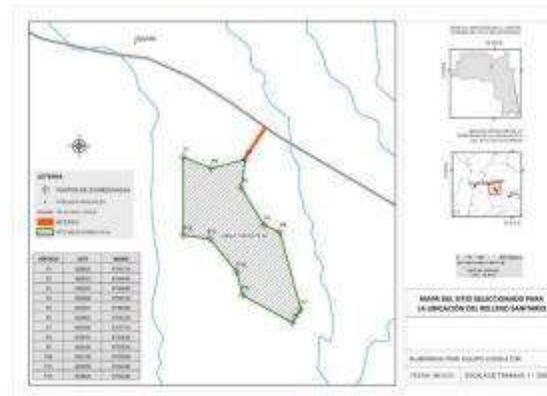
8. RESULTADOS.

Existen distintos lugares en el cantón Morona, específicamente en la parroquia Sevilla Don Bosco, Sinai y Cuchaentza aptos para que se ubique un relleno sanitario, según la normativa ambiental Libro VI anexo 6, Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, estas variables descritas tanto en ArcGIS (Sistema vial, Zonas pobladas, Aeropuertos, Hidrografía, Uso del suelo, Bienes culturales, Áreas protegidas, Bosques protectores) y los análisis de laboratorio (permeabilidad (Ver punto 7.1.1;7.2.1;7.3.1) y textura ver puntos (ver tabla 15,16,17)), además del análisis Geológico (riesgos sísmico y deslizamiento, análisis Geográfico, Análisis Climatológico, dan como resultado el lugar más adecuado para implementar un relleno sanitario, está ubicado en el P1 cerca al poblado de Uyunts, por tal razón como resultado final el equipo consultor recomienda que el Municipio del cantón Morona realice los tramites respectivos para la expropiación del predio de 42 hectáreas o a su vez llegue a acuerdos con la comunidad o con el propietario del terreno para la inmediata adquisición del mismo. Así también poder cubrir con la necesidad de implementar una escombrera para el alojamiento de residuos de construcción designando un alrededor de 25 de las 42 hectáreas previstas para el relleno sanitario asegurando así su posterior construcción se recomienda. A continuación, se presentan las coordenadas del sitio P1 y el mapa de ubicación del sitio con las mejores condiciones.

Tabla 19: Coordenadas del sitio donde se ubicará el relleno sanitario

VERTICES	ESTE	NORTE
P1	829824	9756710
P2	830010	9756640
P3	830234	9756690
P4	830206	9756510
P5	830357	9756260
P6	830461	9756220
P7	830599	9755710
P8	830544	9755630
P9	830214	9755810
P10	830178	9755960
P11	829999	9756180
P12	829824	9756200

Mapa 12. Sitio donde se ubicará el relleno sanitario



Elaborador por:



MIGUEL ANGEL
 CANDO
 RODRIGUEZ

Miguel Angel Cando Rodriguez
 CONSULTOR MAE-SUIA-0219



epoch

**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: 29 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Tania Danixa Wampiu Taish Evelyn Silvana Hernandez Cardoso
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Minas
Título a optar: Ingeniera en Minas
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo


0120-DBRA-UPT-2024
