



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

**“Propuesta técnica para el cierre y abandono del área de libre
aprovechamiento Mina Peña Blanca, San Juan, Gualaceo – Azuay”**

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

Autores:

BRYAM ABEL ESPINOZA LANDA.

ANGEL SANTIAGO ULLOA NARVAEZ

Director:

ING. LEONARDO ANIBAL NUÑEZ RODAS

CUENCA – ECUADOR

2024

DEDICATORIA

En primer lugar, a mis padres que con su esfuerzo y dedicación supieron guiarme e inculcarme valores que me han permitido llegar a este grato momento y a mis hermanos por haberme apoyado en todo momento de mi formación académica.

Bryam Espinoza Landa

Quiero dedicar el presente trabajo de tesis en primer lugar a mis padres quienes con su esfuerzo y sacrificio me permitieron llegar a este grato momento; a mis hermanas que estuvieron conmigo en los momentos difíciles y que ahora compartimos esta alegría; al Santi y a la Ceci que han estado conmigo apoyándome en la consecución de este gran sueño, como también, a mi mejor amiga Vivi quien me ha acompañado durante mi formación académica siempre estaré agradecido por su amor y su apoyo incondicional.

Santiago Ulloa Narváez

AGRADECIMIENTOS

Al Divino Creador nuestro agradecimiento infinito por prestarnos la vida llena de salud con la capacidad suficiente para haber afrontado el reto máximo de cursar nuestra querida carrera.

A nuestras familias que han sido un pilar fundamental ya que, con su aliento, amor, comprensión y apoyo, supieron sembrar en nuestras almas esa fuerza para seguir adelante y hoy por hoy compartir este sano orgullo de culminar nuestra vida universitaria.

Al Ing. Leonardo Núñez Rodas, nuestro tutor de tesis por su tiempo y dedicación otorgados a lo largo de la realización de nuestro trabajo de titulación; ya que, sin su guía y consejos no hubiese sido posible llegar a la culminación de nuestros estudios, de igual manera al Ing. Federico Auquilla, al Ing. Patricio Feijoo, al Ing. Eduardo Luna, al Ing.

Fernando Valencia por sus enseñanzas, conocimientos compartidos e impartidos durante este trayecto en nuestra Alma Mater.

A nuestros compañeros con los cuales compartimos y vivimos distintos momentos inolvidables dentro y fuera de la universidad los cuales los llevaremos en nuestras memorias y corazones.

Bryam Espinoza Landa; Santiago Ulloa Narváez

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL CIERRE Y ABANDONO DEL ÁREA DE
LIBRE APROVECHAMIENTO MINA PEÑA BLANCA, SAN JUAN,
GUALACEO – AZUAY”**

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto fue la realización de una propuesta técnica para el cierre y abandono del área de libre aprovechamiento Mina Peña Blanca, San Juan, Gualaceo – Azuay.

Esto conlleva a una revisión insitu de la zona, además, de una revisión bibliográfica para determinar las características geomecánicas y geológicas para la obtención de datos técnico-ambientales. Se propusieron dos diseños de cierre realizados en AutoCAD-Civil 3d para escoger el más óptimo, se escogió el diseño 1 frente al diseño 2 ya que presenta mejores características tales como: menor volumen de extracción, simetría en ángulos, altura y bermas de bancos, así como un factor de seguridad mayor a 1. Para la revegetación del lugar se escogió vegetación epífita nativa de la zona (ciprés y aliso) para la creación de una cerca agroforestal mediante siembra directa, además se diseñó un parque y una cancha de uso múltiple para el uso de la comunidad.

Palabras Clave: Cierre, ley de minería, técnico-ambiental, investigación, software, seguridad.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Director del Trabajo de Titulación

ABSTRACT

"TECHNICAL PROPOSAL FOR THE CLOSURE AND ABANDONMENT OF THE PEÑA BLANCA MINE FREE UTILIZATION AREA, SAN JUAN, GUALACEO - AZUAY"

The main objective of the project was to develop a technical proposal for the closure and abandonment of the free use area of the Peña Blanca Mine, San Juan, Gualaceo - Azuay.

This involved an on-site review of the area, as well as a bibliographic review to determine the geomechanical and geological characteristics to obtain technical-environmental data. Two closure designs were proposed in AutoCAD-Civil 3D to choose the most optimal one. Design 1 was chosen over design 2 because it has better characteristics such as: lower extraction volume, symmetry in angles, height and bank berms, as well as a safety factor greater than 1. For the revegetation of the site, epiphytic vegetation native to the area (cypress and alder) was chosen for the creation of an agroforestry fence through direct planting, and a park and a multipurpose court were also designed for the use of the community.

Key words: Closure, mining law, technical-environmental, research, software, security.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Director of the Degree Project

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Marco legal.....	4
1.2.1 Ley de minería.....	4
1.2.2 Texto Unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA).....	6
1.2.3 Reglamento ambiental de actividades mineras (RAM).....	8
1.3 Datos generales.....	11
1.4 Coordinadas de la ubicación del libre aprovechamiento.....	11
1.5 Vías de acceso.....	12
1.6 Ubicación Regional.....	13
1.7 Geología.....	13
1.7.1 Depósitos aluviales recientes.....	13
1.7.2 Terrazas aluviales y fluvio glaciares.....	14

<i>1.7.3 Depósitos coluviales</i>	14
<i>1.7.4 Cobertura volcánica</i>	15
<i>1.7.5 Capas Geológicas de Gualaceo (plg)</i>	15
<i>1.7.6 Formación Saraguro (os) volcánicos poco diferenciados</i>	16
<i>1.7.7 Unidad Maguazo</i>	16
<i>1.7.8 Relieve</i>	19
<i>1.7.9 Suelos</i>	23
1.8 Topografía.....	26
1.9 Estado actual del libre aprovechamiento	26
1.10 Condiciones geomecánicas del macizo rocoso.....	26
1.11 Señalética.....	27
CAPÍTULO 2	28
MARCO TEÓRICO	28
2.1 Definición de libre aprovechamiento	28
2.2 Cantera.....	28
<i>2.2.1 Explotación de cantera</i>	30
<i>2.2.2 Tipología de explotaciones</i>	30
2.3 Minería de áridos.....	31
2.4 Definición de materiales áridos y pétreos.....	31
<i>2.4.1 Clasificación de los Áridos</i>	31
<i>2.4.2 Clasificación y denominaciones por su tamaño.</i>	33
<i>2.4.3 Utilidad de los áridos</i>	33
2.5 Banqueo descendente	34
2.6 Elementos de una cantera	34
<i>2.6.1 Estabilidad de taludes</i>	36

2.7	Cierre de mina.....	37
	<i>2.7.1 Actividades de cierre.....</i>	<i>38</i>
2.8	Software de modelamiento	40
2.9	Normativa legal para cierre y abandono.....	41
	<i>2.9.1 Ley de minería.....</i>	<i>41</i>
	<i>2.9.2 TULSMA.....</i>	<i>41</i>
2.10	Reglamento ambiental para actividades mineras (RAM).....	42
2.11	Técnicas de restauración ambiental.....	42
	CAPÍTULO 3.....	44
	PROPUESTA DE DISEÑO DE CIERRE.....	44
3.1	Variables a tomar en cuenta en el diseño	44
	<i>3.1.1 Ángulo final de bancos y borde de liquidación.....</i>	<i>44</i>
	<i>3.1.2 Bermas de seguridad</i>	<i>45</i>
	<i>3.1.3 Estabilidad de taludes finales post-operación.....</i>	<i>45</i>
3.2	Factor de seguridad	45
3.3	Diseño borde de liquidación	46
3.4	Diseño de bermas	46
3.5	Altura final de bancos	47
3.6	Ángulo final de bancos.....	47
3.7	Estabilidad de los taludes finales post-operación.....	48
3.8	Alternativas de diseño previas al diseño optimo.....	48
	<i>3.8.1 Diseño 1</i>	<i>48</i>
	<i>3.8.2 Diseño 2</i>	<i>53</i>
	<i>3.8.3 Diseño geométrico de estabilización.....</i>	<i>56</i>
	CAPÍTULO 4.....	57

ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
4.1 Análisis de los diseños ejecutados	57
4.1.1 Diseño 1	57
4.1.2 Diseño 2	59
4.2 Presentación del diseño óptimo.....	59
4.3 Revegetación.....	61
4.3.1 Diseño e implementación de cerca agroforestal	62
4.3.2 Implementar cerca Agroforestal para delimitación de la cantera en San Juan	62
4.3.3 Reducir costos de mantenimiento	62
4.3.4 Presupuesto	63
4.3.5 Consideraciones adicionales	64
4.4 Reutilización del lugar.....	65
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales libre aprovechamiento	11
Tabla 2. Coordenadas de la ubicación de delimitación del libre aprovechamiento “Peña Blanca”	12
Tabla 3. Clasificación de áridos	33
Tabla 4. Técnicas de restauración ambiental	42
Tabla 5. Características del macizo rocoso.....	44
Tabla 6. Característica de la roca según el ángulo de talud del borde	46
Tabla 7. Características del Macizo rocoso II.....	47
Tabla 8. Presupuesto para forestales	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Libre Aprovechamiento “PEÑA BLANCA”	12
Figura 2. Ubicación Regional “PEÑA BLANCA”	13
Figura 3. Geología Regional.....	17
Figura 4. Geología local	19
Figura 5. Relieve parroquia San Juan	20
Figura 6. Geomorfología “Parroquia San Juan”	21
Figura 7. Taxonomía “Parroquia San Juan”	25
Figura 8. Topografía “Parroquia San Juan”	26
Figura 9. Señalética “Peña Blanca”	27
Figura 10. Explotación de cantera de áridos.....	30
Figura 11. Áridos granulares naturales.....	32
Figura 12. Áridos reciclados.....	32
Figura 13. Uso de áridos en la construcción.....	33
Figura 14. Elementos de una cantera	36
Figura 15. Parámetros que definen la geometría de un talud	36
Figura 16. Altura de banco	48
Figura 17. Ángulo de talud de banco	49
Figura 18. Ángulo de liquidación	49
Figura 19. Berma de seguridad.....	50
Figura 20. Diseño geométrico de estabilización	50
Figura 21. Altura de banco	51
Figura 22. Ángulo de talud de banco	51
Figura 23. Ángulo de inclinación.....	52
Figura 24. Berma de seguridad.....	52

Figura 25. Diseño geométrico de estabilización	53
Figura 26. Altura de banco	53
Figura 27. Ángulo de talud de banco	54
Figura 28. Ángulo de liquidación	54
Figura 29. Ancho y pendiente de berma.....	55
Figura 30. Factor de seguridad	56
Figura 31. Diseño de zona de estabilidad 1.....	57
Figura 32. Diseño de zona de estabilidad 2.....	58
Figura 33. Modelación del diseño 2.....	59
Figura 34. Diseño de la zona de estabilidad 1	60
Figura 35. Diseño de la zona de estabilidad 2	61
Figura 36. Zona a ser intervenida.....	64
Figura 37. Reutilización del lugar en espacios recreativos.....	65
Figura 38. Movimiento de tierra I.....	66
Figura 39. Movimiento de tierra II.....	66
Figura 40. Movimiento de tierra III	67
Figura 41. Movimiento de tierra IV	67
Figura 42. Movimiento de tierra V	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento Topográfico del Área Solicitada como Libre Aprovechamiento "Mina Peña Blanca"	75
Anexo 2. Ubicación de la Zona 1 y Cortes para el diseño de estabilidad del Talud	76
Anexo 3. Ubicación de la Zona 2 y Cortes para el diseño de estabilidad del Talud.....	77
Anexo 4. Ubicación de la cancha y parque y Cortes para el diseño de la explanación de la cancha y parque.....	78
Anexo 5. Reporte de volumen	79
Anexo 6. Propuesta de diseño de parque y cancha de uso múltiple	80
Anexo 7. Vistas 3D.....	81

Bryam Abel Espinoza Landa

Ángel Santiago Ulloa Narváez

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Diciembre, 2023

**PROPUESTA TÉCNICA PARA EL CIERRE Y ABANDONO DEL ÁREA DE
LIBRE APROVECHAMIENTO MINA PEÑA BLANCA, SAN JUAN,
GUALACEO – AZUAY**

INTRODUCCIÓN

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales o áridos (Mena, 2017). Las canteras se basan en la extracción de materiales pétreos tales como (cuarzo, feldespato, caliza, caolín, grava, arcillas rocas ornamentales), los cuales son de suma importancia para el desarrollo de un país, principalmente enfocándose en el sector de la construcción.

Si bien la actividad extractiva en canteras no se define por ser una actividad altamente contaminante, esta se caracteriza por los cambios profundos e irreversibles que se producen en el paisaje debido a la extracción del material. Si después del cese de actividades en la zona de intervención no se toman las medidas de remediación adecuadas se pueden generar pasivos ambientales tales como: inestabilidad de taludes, erosión, pérdida de la productividad del suelo, acumulación de agua, pérdida de vegetación y fauna nativa de la zona entre otros.

En Ecuador debido a la poca importancia que se imparte al cierre y abandono de mina, sumado a la falta de ética por parte de las personas jurídicas encargadas de los proyectos, se vio en la imperiosa necesidad de la creación de una Ley de Minería con el fin de regularizar el sector estratégico minero, con el propósito de buscar un enfoque

responsable y organizado para lograr un principio de sostenibilidad adecuado a las necesidades actuales.

Con la finalidad de la implementar un plan de cierre de mina se busca la restauración del paisaje lo más cercano posible a sus condiciones endémicas, contrarrestando los pasivos ambientales existentes y evitar estragos futuros sobre elementos ambientales tales como: aire, agua y suelo.

El cantón Gualaceo ubicado en la provincia del Azuay, es reconocido por ser uno de los mayores extractores de materias primas tales como: materiales de construcción y rocas ornamentales, las cuales son utilizados por los diversos GADS municipales y parroquiales, por lo que el presente trabajo tuvo como finalidad desarrollar una propuesta técnica para el cierre y abandono del área de libre aprovechamiento mina.

Después de realizar diversas visitas a la mina Peña Blanca se constató que esta se encuentra en condiciones desfavorables e inapropiadas para su explotación debido a la falta de criterios técnicos aplicados hasta el momento, debido a esta condición la mina en la actualidad se encuentra abandonada hasta que se presente un plan apropiado que permita retomar las actividades del proyecto, además, mediante una investigación in-situ, se corroboró que debido a una mala gestión, la información existente relacionada al proyecto se ha perdido a lo largo de los años, a consecuencia de esto en la actualidad no cuenta con un plan de cierre y abandono de mina, por lo que es imperiosa la necesidad de realizar un diseño adecuado que abarque y englobe todos los parámetros necesarios para el mismo.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El 1 de mayo de 1993 el cantón Gualaceo presento graves afectaciones debido a que más de 20 millones de metros cúbicos de roca, formaron un dique descomunal, causando que el agua represada se convierta en dos lagunas, las cuales se unieron para formar una laguna gigantesca; en el sector de la Josefina. Las aguas desfogaron abruptamente, con tal fuerza que destruyeron terrenos, cultivos, casas, puentes, iglesias y la única vía de acceso que servía para enlazar a los pueblos de la zona oriental del Azuay y parte de Morona Santiago con el resto del país. El centro urbano de Gualaceo se vio afectado por la incomunicación vial y muchos de sus habitantes vieron destruidas sus viviendas (Alcaldía de Gualaceo, s. f.).

Desde el día de la tragedia, hubo alertas sobre una actividad que se ejercía sin ningún control por las mineras legal e ilegalmente asentadas en la zona, pero también sobre el peligro latente que embarga a la zona. A esta zona sensible regresaron varias mineras a seguir extrayendo el material pétreo, poniendo en peligro las importantes obras de emergencia realizadas tras el deslave: puentes, umbrales, casas, muros. En Gualaceo se veía la explotación minera sin control, las deformaciones de la vía y la descompensación del cerro. Era una alerta, pero pocos se daban cuenta (Redacción El Comercio, 2009).

Esta parroquia tiene 437 años de vida institucional y es uno de los sectores más poblados del cantón, cuenta al momento con 6.130 habitantes y está integrado por 18 comunidades; en este lugar desde hace 35 años las diferentes empresas mineras han explotado el material para la elaboración de objetos en base de cerámica, provocando

grandes daños a los habitantes. Hace siete años se paralizó la actividad minera cuando los moradores de las diferentes comunidades se unieron y les prohibieron la entrada a los trabajadores que sacaban el material del sector Güiñadel, esto porque la explotación se cumplía con materiales explosivos lo cual provocó el colapso de ocho viviendas y el daño a 30 más. Hace 35 años, cuando se dio por primera vez la explotación, hubo muchos compromisos de las empresas para ayudar a los habitantes, en temas de vialidad, medio ambiente, canchas deportivas, apoyo a los centros educativos, pero no se cumplió en su totalidad (Asamblea de Vecinos Autoconvocados de ESQUEL por el No a la Mina, 2012).

1.2 Marco legal

1.2.1 Ley de minería

Art. 80.- Revegetación y Reforestación. - Si la actividad minera requiere de trabajos que obliguen al retiro de la capa vegetal y la tala de árboles, será obligación del titular del derecho minero proceder a la revegetación y reforestación de dicha zona preferentemente con especies nativas, conforme lo establecido en la normativa ambiental y al plan de manejo ambiental.

Art. 81.- Acumulación de residuos y prohibición de descargas de desechos. - Los titulares de derechos mineros y mineros artesanales, para acumular residuos minero-metalúrgicos deben tomar estrictas precauciones que eviten la contaminación del suelo, agua, aire y/o biota de los lugares donde estos se depositen, en todas sus fases incluyendo la etapa de cierre, construyendo instalaciones como escombreras, rellenos de desechos, depósitos de relaves o represas u otras infraestructuras técnicamente diseñadas y construidas que garanticen un manejo seguro y a largo plazo. Se prohíbe la descarga de desechos de escombros, relaves u otros desechos no tratados, provenientes de cualquier actividad minera, hacia los ríos, quebradas, lagunas u otros sitios donde se

presenten riesgos de contaminación. El incumplimiento de esta disposición ocasionará sanciones que pueden llegar a la caducidad de la concesión o permiso.

Art. 84.- **Protección del ecosistema.** - Las actividades mineras en todas sus fases, contarán con medidas de protección del ecosistema, sujetándose a lo previsto en la Constitución de la República del Ecuador y la normativa ambiental vigente.

Art. 85.- **Cierre de operaciones mineras.** - Los titulares de concesiones mineras deberán incluir en sus programas anuales de actividades referentes al plan de manejo ambiental, información de las inversiones y actividades para el cierre o abandono parcial o total de operaciones y para la rehabilitación del área afectada por las actividades mineras de explotación, beneficio, fundición o refinación.

Art. 142.- **Concesiones para materiales de construcción.**- El Estado, por intermedio del Ministerio Sectorial, podrá otorgar concesiones para el aprovechamiento de arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción, con excepción de los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras que se regirán a las limitaciones establecidas en el reglamento general de esta ley, que también definirá cuales son los materiales de construcción y sus volúmenes de explotación. En el marco del artículo 264 de la Constitución vigente, cada Gobierno Municipal, asumirá las competencias para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, lagunas, playas de mar y canteras, de acuerdo al Reglamento Especial que establecerá los requisitos, limitaciones y procedimientos para el efecto. El ejercicio de la competencia deberá ceñirse a los principios, derechos y obligaciones contempladas en las ordenanzas municipales que se emitan al respecto. No establecerán condiciones y obligaciones distintas a las establecidas en la presente ley y sus reglamentos. (Ley de Minería, 2009)

1.2.2 Texto Unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA)

Art. 43.- **Plan de cierre y abandono.** - El operador de los proyectos, obras o actividades, regularizados y no regularizados que requieran el cierre y abandono, deberán presentar el correspondiente plan o su actualización, de ser el caso, con la documentación de respaldo correspondiente. El operador no podrá iniciar la ejecución del plan de cierre y abandono sin contar con la aprobación del mismo por parte de la Autoridad Ambiental Competente. El plan de cierre y abandono deberá incluir, como mínimo:

- a) La identificación de los impactos ambientales presentes al momento del inicio de la fase de cierre y abandono.
- b) Las medidas de manejo del área, las actividades de restauración final y demás acciones pertinentes.
- c) Los planos y mapas de localización de la infraestructura objeto de cierre y abandono.
- d) Las obligaciones derivadas de los actos administrativos y la presentación de los documentos que demuestren el cumplimiento de las mismas, de ser el caso.

La Autoridad Ambiental Competente deberá aprobar, observar o rechazar la solicitud en el plazo máximo de un (1) mes, previo a la realización de una inspección in situ para determinar el estado del proyecto y elaborar las observaciones pertinentes. Una vez cumplido este procedimiento, el operador deberá presentar un informe o auditoría, según corresponda al tipo de autorización administrativa ambiental, de las actividades realizadas, lo cual deberá ser verificado por la Autoridad Ambiental Competente mediante una inspección in situ. Una vez presentadas las obligaciones indicadas la Autoridad Ambiental Competente, deberá, mediante acto administrativo, extinguir la autorización administrativa ambiental del operador, de ser aplicable. Para el caso de los

proyectos, obras o actividades no regularizados, se aplicarán las sanciones correspondientes.

Art. 57.- Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.- Garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; promoviendo la minimización en la generación de residuos y/o desechos sólidos, la separación en la fuente, procedimientos adecuados para barrido y recolección, transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y/o transferencia; fomentar su aprovechamiento, dar adecuado tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente a un ciclo de vida productivo; además dar seguimiento para que los residuos peligrosos y/o especiales sean dispuestos, luego de su tratamiento, bajo parámetros que garanticen la sanidad y preservación del ambiente. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán:

- a) Eliminar los botaderos a cielo abierto existentes en el cantón en el plazo establecido por la autoridad ambiental, mediante cierres técnicos avalados por la Autoridad Ambiental competente.
- b) Realizar la gestión integral de los residuos sólidos y/o desechos no peligrosos, asegurando el fortalecimiento de la infraestructura necesaria para brindar dichos servicios. Además de implementar tecnologías adecuadas a los intereses locales, condiciones económicas y sociales imperantes.
- c) Reportar anualmente y llevar un registro de indicadores de técnicos, ambientales, sociales y financieros, de la prestación del servicio de la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos del cantón y reportarlos a la Autoridad Ambiental Nacional a través de los instrumentos que esta

determine.

- d) Garantizar una adecuada disposición final de los residuos y/o desechos generados en el área de su competencia, en sitios con condiciones técnicamente adecuadas y que cuenten con la viabilidad técnica otorgada por la Autoridad Ambiental competente, únicamente se dispondrán los desechos sólidos no peligrosos, cuando su tratamiento, aprovechamiento o minimización no sea factible.
- e) Deberán determinar en sus Planes de Ordenamiento Territorial los sitios previstos para disposición final de residuos y/o desechos no peligrosos, así como los sitios para acopio y/o transferencia de ser el caso.
- f) Promover alianzas estratégicas para la conformación de mancomunidades con otros municipios para la gestión integral de los residuos sólidos, con el fin de minimizar los impactos ambientales, y promover economías de escala.

Art. 134.- **Plan de cierre.** - El cierre de una instalación de disposición final deberá hacerse previo aviso a la Autoridad Ambiental Competente, conforme al plan de cierre aprobado, el mismo que una vez ejecutado será verificado por la autoridad que lo aprobó. Este plan deberá contemplar al menos, la descontaminación del sitio, estructuras, equipos, rehabilitación de áreas, así como los procedimientos para la liberación del desecho en caso de eliminación posterior. (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente [TULSMA], 2003)

1.2.3 Reglamento ambiental de actividades mineras (RAM)

Art. 122.- **Cierre de operaciones y rehabilitación de áreas afectadas.**- En cualquiera de las fases, el cierre de operaciones y rehabilitación de áreas afectadas, deberá ser planificado desde la prefactibilidad y factibilidad del proyecto, siendo progresivo en las diferentes etapas de la vida útil del proyecto, para minimizar los

efectos de erosión/hundimiento, promover biodiversidad y restaurar hábitats naturales, y también minimizar actividades ilegales de mineros artesanos y pequeños mineros, de acuerdo a lo establecido en el plan de manejo ambiental y específicamente en el plan de cierre y abandono respectivo. El objetivo del plan de cierre es de retornar las áreas afectadas a un estado físico, biológico y químico estable y en una condición funcional ecológica.

Art. 124.- Cierre definitivo y abandono del área.- Dos años previos a la finalización prevista del proyecto, para las fases de explotación y subsecuentes se actualizará el plan de cierre inicial y se incluirá un detallado cronograma de actividades de cierre, presupuesto final, procedimientos operativos definiendo específicas acciones de cierre, y se deberá presentar un plan de cierre definitivo que incluya la recuperación del sector o área, un plan de verificación de su cumplimiento, los impactos sociales y su plan de compensación y las garantías actualizadas indicadas en la normativa ambiental aplicable; así como, un plan de incorporación a nuevas formas de desarrollo sustentable. Este plan deberá ser aprobado por el Ministerio del Ambiente. De ser requerido, un ajuste financiero será aceptado para satisfacer las necesidades del presupuesto final.

Art. 125.- Actividades de cierre. - El área será rehabilitada y recuperada de acuerdo a lo establecido en los estudios ambientales aprobados, y previa consulta, planificación y aprobación de las autoridades pertinentes, se podrá adecuar para su uso en otros fines, especialmente culturales o recreativos. Las actividades de cierre deberán incluir medidas destinadas a alcanzar la estabilidad de los terrenos, la rehabilitación biológica de los suelos, la reducción y el control de la erosión, la protección de los recursos hídricos, la integración paisajística, etc. De esta manera, serán objeto de aprobación entre otros, las actividades referentes a:

- Instalaciones de almacenamiento de sustancias y materiales peligrosos.

- Control y mitigación de drenaje ácido.
- Rehabilitación de escombreras y relaveras: Estabilidad física y química, revegetación, otros.
- Manejo de los lagos artificiales producto de las minas a cielo abierto.
- Rehabilitación de taludes y galerías subterráneas.
- Impactos adversos sobre la superficie y la calidad del agua subterránea.
- Remediación de suelos contaminados.
- Diseño y mantenimiento de las estructuras de gestión del agua superficial.
- Las emisiones de polvo.
- Manejo de flora y fauna afectadas.
- Desmantelamiento y retiro de campamentos, plantas de procesamiento, maquinarias, equipos, obras de infraestructura, servicios instalados, y otros.

Art. 126.- **Daños ecológicos y pasivos ambientales.**- Los promotores y ex-promotores del proyecto que hubieren producido daños al sistema ecológico, alteraciones al ambiente o pasivos ambientales serán responsables de la rehabilitación, compensación y reparación de los daños causados por efecto de sus actividades mineras realizadas antes y después del cierre de operaciones de la concesión, respectivamente, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles y/o penales a las que hubiere lugar. Las acciones legales por los daños ambientales producidos en el desarrollo de un proyecto minero son imprescriptibles. (Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, 2014)

1.3 Datos generales

Tabla 1.

Datos generales libre aprovechamiento

Ficha de inspección y control de Libre Aprovechamiento			
Datos generales			
Nombre del Proyecto	Mina peña blanca	Presidente Gad Parroquial	
Fecha Resolución del LA	10/04/2019	Teléfono	
Provincia	Azuay	Correo	
Cantón	Gualaceo	Responsable técnico del libre aprovechamiento	José Ricardo Quichimbo
Parroquia	San Juan	Teléfono	-
Sector	Tocte Peña Blanca	Correo	-
Titular	Gobierno Autónomo Descentralizado de San Juan		
Tipo de solicitud	Libre aprovechamiento		
Fecha de inscripción	10/04/2019		
Material de interés	Lastre		
Estado actual	Inscrita		
Superficie	4 hectáreas		
Tipo de material	Material de construcción		
Resolución	Nro. MERNNR-CZCS-2019-0036-RM		

Fuente: (Coordinación Zonal 6 de Mina, 2019)

1.4 Coordenadas de la ubicación del libre aprovechamiento

Las coordenadas de la ubicación de delimitación y del libre aprovechamiento son:

Tabla 2.

Coordenadas de la ubicación de delimitación del libre aprovechamiento “Peña Blanca”

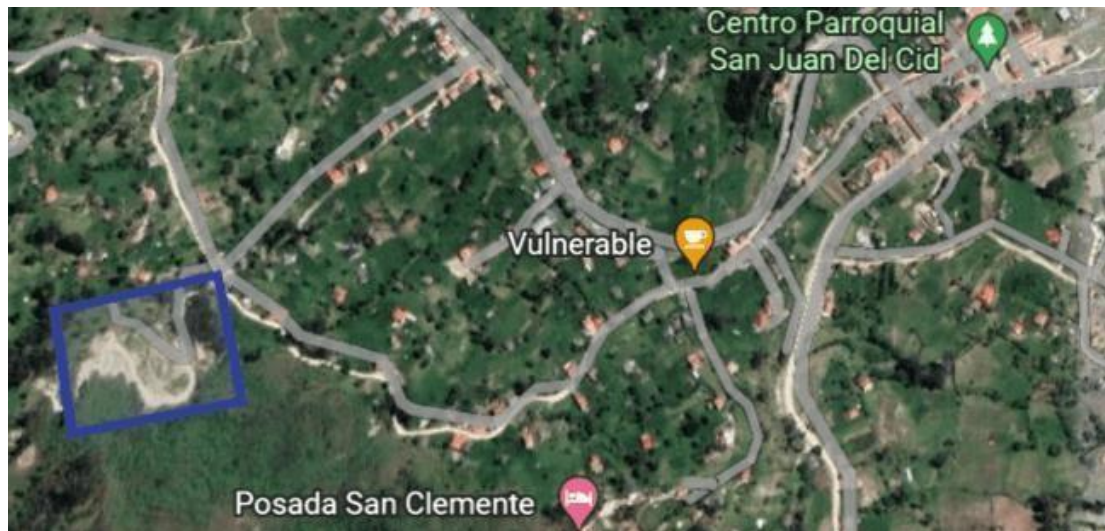
Coordenadas de la ubicación DATUMPSAD56		
Punto	X	Y
1	742000	9671800
2	742000	9672000
3	742200	9672000
4	742200	9671800

Fuente: (Coordinación Zonal 6 de Minería, 2019)

1.5 Vías de acceso

Figura 1.

Ubicación del Libre Aprovechamiento “PEÑA BLANCA”



Fuente: Elaboración propia

1.6 Ubicación Regional

Figura 2.

Ubicación Regional “PEÑA BLANCA”



Fuente: (Elaboración propia)

1.7 Geología

1.7.1 Depósitos aluviales recientes

Descripción geológica: depósitos recientes post-glaciares (Holoceno) hasta nuestros días, material transportado y depositado por los ríos, el cual forma parte de los cauces y las llanuras de inundación (especialmente en los valles amplios). Está compuesto por bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición, sus formas van de redondeadas a subangulares según la dinámica y morfología del curso fluvial. Presenta una erosión hídrica por corrientes superficiales, un intenso lavado de material fino, niveles freáticos poco profundos, permeabilidad alta. Los depósitos suelen estar afectados por flujos internos. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.2 Terrazas aluviales y fluvio glaciares

Descripción geológica: depósitos de origen mayormente aluvial, de corrientes fluviales antiguas, compuestas por capas conglomeráticas de matriz areno- arcillosa distribuidas en las márgenes del río Paute, al Norte de la zona de estudio (UTM 745800, 9683300) en el sector de Bullcay. Aunque una parte de la ciudad de Gualaceo está construida sobre detritos que aparentan una terraza de tipo aluvial, morfológicamente no se evidencia la presencia de una discontinuidad que nos confirme esta situación, razón por la que consideramos que se trata de material producto de un evento extremo, cuyo aporte se dio de drenajes secundarios al Santa Bárbara. La acumulación del material tuvo lugar durante el período Cuaternario, con incidencia glacial en las zonas altas y medias durante las épocas de glaciación del Pleistoceno. Presenta erosión hídrica por las corrientes superficiales en taludes de corte expuesto, niveles freáticos poco a medianamente profundos, terrenos generalmente afectados por flujos de agua, alta permeabilidad de los depósitos. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.3 Depósitos coluviales

Descripción geológica: depósitos de ladera y de pie de talud con materiales que han sufrido poco transporte, son muy heterogéneos dependiendo de la zona y el fenómeno inestable que les dio origen: deslizamientos, derrumbes, flujos, etc. De manera general se componen de mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos angulares y sub angulares en matriz limo arcilloso con micro fragmentos. Los depósitos antiguos han sido modelados y suelen estar compactos, sin embargo, ante la presencia de escorrentía facilitan la erosión y drenajes en forma de V, así como reactivaciones del terreno. Los depósitos recientes son zonas potencialmente inestables, sin sistema de drenaje conformado, susceptibles a la erosión hídrica, deslizamientos y flujos.

(Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.4 Cobertura volcánica

Estas formaciones conforman el recubrimiento volcánico de finales del Terciario e inicio del Cuaternario que sellan discordantemente a las formaciones sedimentarias de la cuenca y sus deformaciones. Inicialmente se denominó Fm. Tarqui (Pleistoceno Medio, Huss, F. 1973 – UNDP) en los mapas geológicos 1:50.000 y 1.100.000 de la ex Dirección General de Geología y Minas del Ecuador (DGGM) (dirección general de geología y minas del ecuador) (Bristow et al., 1974), a los depósitos volcánicos ligeramente consolidados y alterados que cubren los bordes occidentales de la cuenca.

Estudios adicionales indican como la formación Saraguro (Oligoceno-Mioceno) presentó eventos volcano sedimentarias del basamento que se encuentran actualmente sobre todo en el borde oriental de la cuenca (Noblet et al., 1988). Existen afloramientos como la planicie de Pachamama formada por los volcánicos Llacao y la ladera occidental antes de Gualaceo cubierta por capas, que han permitido efectuar la caracterización de estos depósitos, establecer un comportamiento geotécnico y determinar su susceptibilidad a terrenos inestables.

1.7.5 Capas Geológicas de Gualaceo (plg)

Descripción geológica: afloran en la hoja Gualaceo, en los alrededores de la ciudad del mismo nombre, en discordancia sobre las rocas metamórficas y parcialmente rellenando el valle. Son flujos piroclásticos riolíticos tipo “ashflow” de color claro (pómez, cuarzo, biotita y hornblenda), localmente se presentan lapillis de pómez en estratos, flujos piroclásticos y una lava andesítica fracturada y medianamente alterada. Los flujos piroclásticos tienen una potencia de unos 200 m. y se encuentran bien preservados. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.6 Formación Saraguro (os) volcánicos poco diferenciados

Descripción geológica: se ha definido como grupo Saraguro a diversos depósitos volcánicos terciarios en la parte Central y Sur del Ecuador (Baldock, 1982). En la cartografía geológica de la ex DGGM no ha sido considerada esta formación ni su posición estratigráfica en relación a la cuenca sedimentaria. Estudios posteriores indican que facies volcando-sedimentarias similares a las de la FM Saraguro están recubiertas en discordancia por las formaciones Biblián y Loyola y afloran particularmente en el borde oriental de la cuenca sedimentaria (Noblet et al. 1988). Con estas evidencias se confirma la existencia de la Fm. Saraguro como basamento discordante a la cuenca neógena y su incidencia en los bordes de la misma. Sin embargo, no es criterio suficiente para definir bajo este nombre al extenso manto volcánico no deformado que aflora en altura, en los bordes de la cuenca. Estos depósitos que originalmente fueron considerados como Fm. Tarqui del Pleistoceno. De ahí, que en los mapas-esquemas geológicos se los represente como volcánicos poco diferenciados. Serán necesarios estudios más detallados para definir las diferentes formaciones volcánicas. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Comportamiento geotécnico: el nivel freático es profundo, la permeabilidad secundaria es fuerte y, finalmente, el agua filoniana sube y el drenaje no es uniforme. El suelo restante consiste en material con permeabilidad baja a cero; a veces se pueden observar áreas húmedas en las salidas de los sistemas de drenaje.

1.7.7 Unidad Maguazo

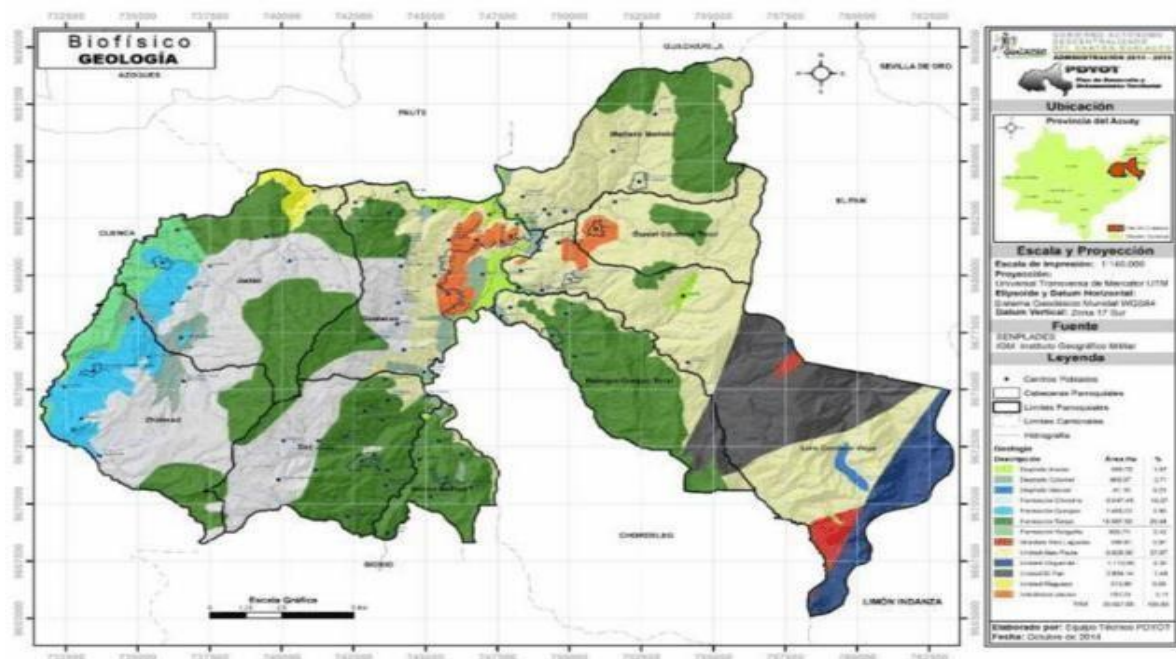
Descripción geológica: corresponde a la subdivisión superior, Meta volcánicos San Francisco, de la Serie de Paute de (Bristow, 1973). Esta clasificación original de las rocas metamórficas de bajo grado de la Serie Paute, ha sido revisada por (Aspden & Litherthan, 1992), quienes consideran que las mismas pertenecen a la Unidad Maguazo

y Alao Paute como parte del Terreno Alao.

Condiciones estructurales: los horizontes son muy fracturados y muy foliados de tal forma que permiten que este medio sea homogéneo. Horizontes levemente meteorizados, así como levemente moderadamente fracturados, muestran juntas cerradas a abiertas entre 1 mm y 5 mm, paredes rugosas, duras y o no rellenas. En este horizonte, la orientación de las discontinuidades juega un papel en relación con la orientación de las pendientes. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Figura 3.

Geología Regional



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.8 Geología local

La parroquia San Juan se encuentra asentada sobre la formación Tarqui, de la unidad Alao Paute, la que cuenta con una litología de andesíticas, esquistos y metalavas basálticas; que corresponde al periodo Jurásico; con una litología de andesitas a riolitas y piroclastos; pertenecientes al periodo Mioceno/Plioceno. (Gobierno Autónomo

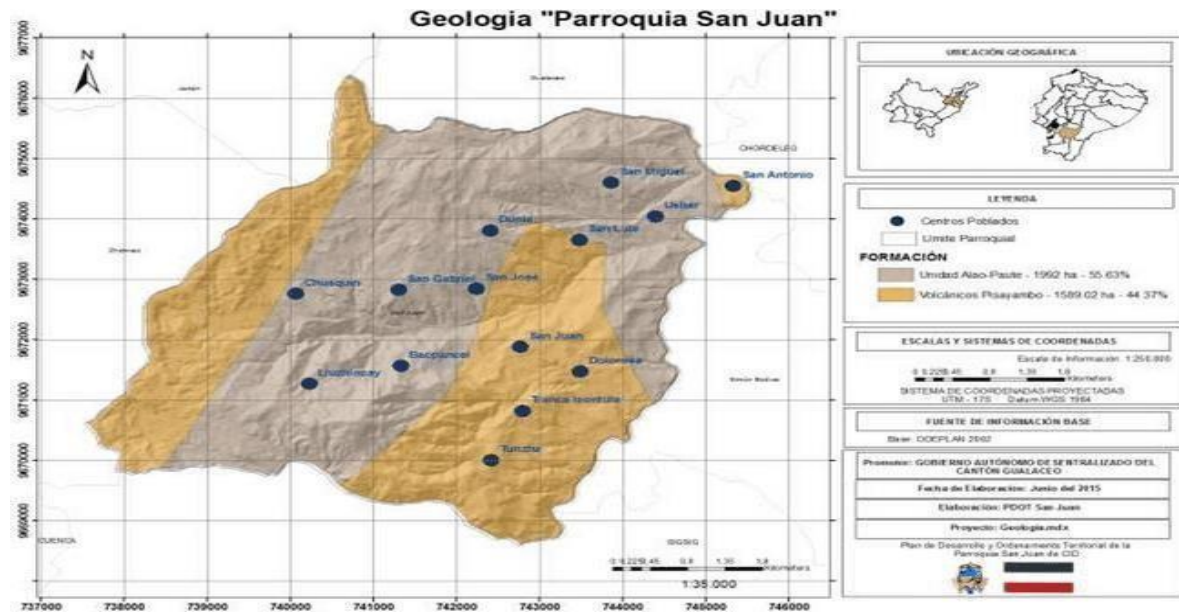
Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Unidad Alao – Paute.

Aflora a lo largo de los ríos Alo, Paute y Pastaza; entre Gualaceo y Sígsig, y en la travesía de Atillo (prov. Chimborazo) a Macas (prov. Morona Santiago) donde se puede seguir la secuencia por al alrededor de 15km (Litherland et al 1994). La descripción geológica: corresponde a la subdivisión superior, Meta volcánicos San Francisco, de la Serie de Paute de Bristow (1973). Esta clasificación original de las rocas metamórficas de bajo grado de la Serie Paute, ha sido revisada por Aspden y Litherthan (1992), quienes consideran que las mismas pertenecen a la Unidad Maguazo y Alao Paute como parte del Terreno Alao. Los horizontes muy fracturados y muy foliados presentan sistemas numerosos y caóticos de manera que permiten considerar a este medio como homogéneo (material suelto). Los horizontes poco alterados a sanos, así como poco a medianamente fracturados, presentan juntas cerradas a abiertas entre 1mm y 5mm, rugosos, paredes duras y con escaso o sin relleno. En este horizonte juega un rol importante la orientación de las discontinuidades en relación a la orientación de los taludes. (Alcaldía de Gualaceo, 2021)

Volcánicos Pisayambo.

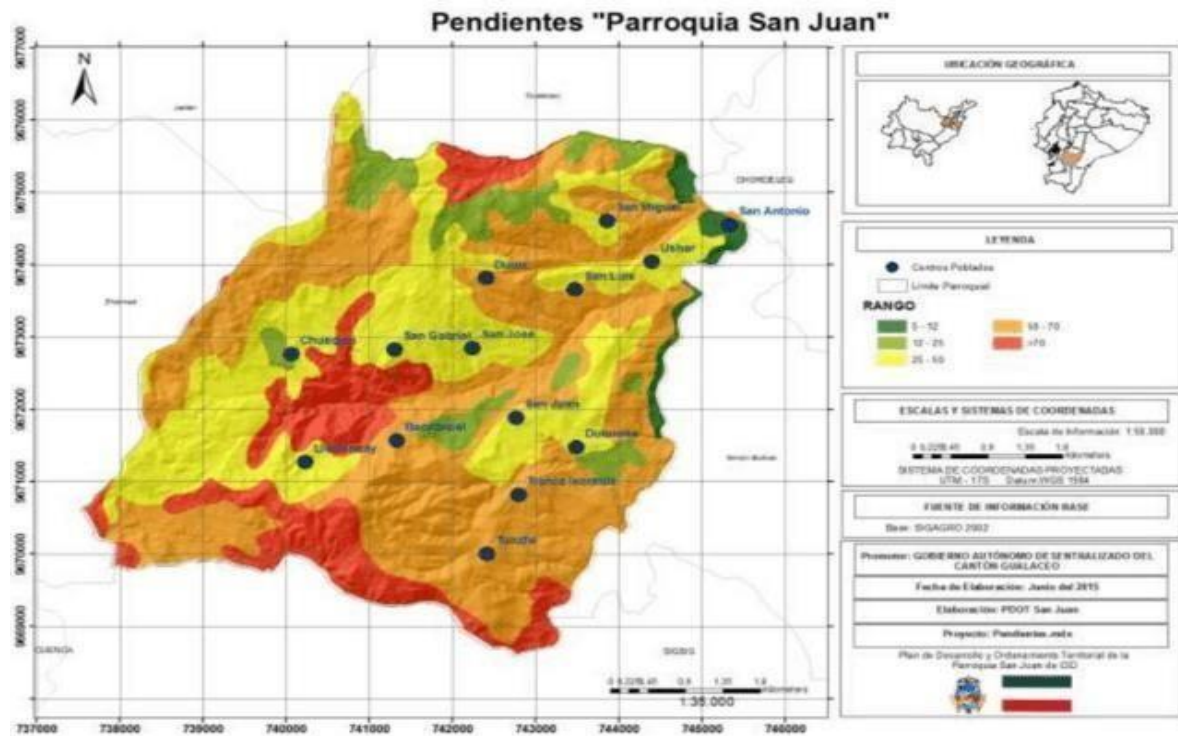
Esta formación recubre la parte sureste y oeste de la Parroquia, sobre esta formación se ubican las comunidades de Dolorosa, Tranca LeonTula, Tunzha, San Antonio, Centro Parroquial y San Luis; otra gran parte de la formación se presenta en la parte Oeste de la parroquia en el límite con la parroquia Zhidmad. Recubre 1589,02 ha lo que representa el 44,37 % del terreno. En esta formación predominan depósitos de andesitas a riolitas, piroclastos; pertenecientes al periodo Mioceno/Plioceno. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Figura 4.*Geología local*

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.8 Relieve

El relieve de la parroquia se determinó en base a un análisis cartográfico con información obtenida del ODEPLAN y SIGAGRO del año 2002, La parroquia San Juan se encuentra ubicada a partir de los 2400 msnm, hasta el punto más alto de 3200 msnm. Esto determina que la parroquia varía en un relieve total de 800 metros. Lo que es determinado por la ubicación de la parroquia en la cordillera oriental de los Andes. Para el análisis del relieve del suelo se ha realizado el mapa de pendientes con la cartografía de curvas de nivel dibujadas cada 40 metros y clasificando las pendientes según la guía de la FAO, se obtuvo el siguiente mapa de pendientes. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Figura 5.*Relieve parroquia San Juan*

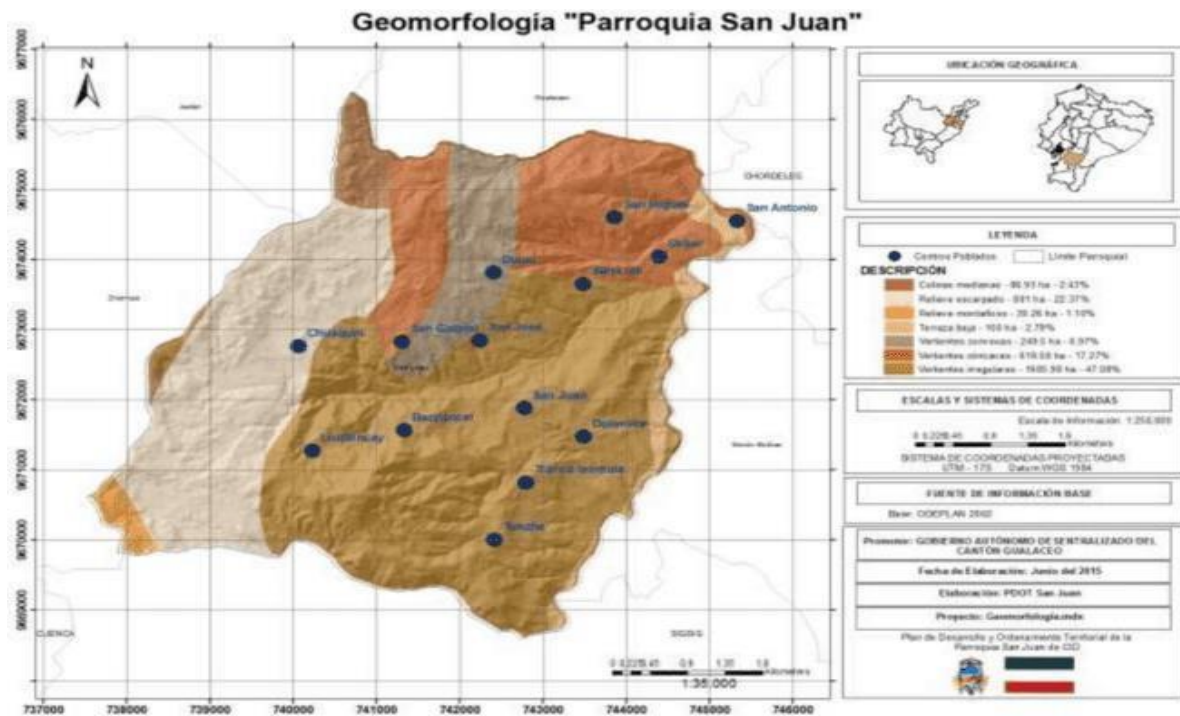
Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Como se puede observar en el mapa de pendientes en la mayor parte del territorio se observan pendientes que van del 50 al 70 %, esto indica que la mayor parte de la parroquia se encuentra en sectores catalogados entre vertientes irregulares.

Para completar el análisis del relieve de la parroquia se recurre al mapa de geomorfología obtenido con información del ODEPLAN, 2002. Se obtuvo el siguiente mapa. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Figura 6.

Geomorfología "Parroquia San Juan"



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Mediante el mapa geomorfológico se obtiene en la parroquia 6 tipos de relieves:

- Colinas Medianas. -cubre un total de 86,93 ha, lo que representa un 2,43 % del terreno parroquial; se localiza en la parte noroeste y se definen como elevaciones topográficas que se caracterizan por presentar pendientes de 8 % a más del 70 % y alturas variables. Son geo-formas originadas por procesos tectónicos cuya configuración se encuentra estrechamente ligada a los factores litológicos locales. Por el tipo de pendientes y la litología presentan en condiciones naturales pequeños derrumbes y deslizamientos, los mismos que son magnificados al existir deforestación en el sector. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)
- Relieve Escarpado. -comprende el 22,37 % lo que representa 801 ha del territorio. Este tipo de geomorfología se encuentra la comunidad de Chusquin.

Constituye terrenos a los cuales es difícil ingresar por estar lleno de rocas, cortes y pendientes muy pronunciadas. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

- **Relieve Montañoso.** -son grandes elevaciones del terreno, dentro de la parroquia se tiene como principal representante de este tipo es el cerro Pishi. La principal característica de este relieve es que reciben una cantidad moderada de precipitaciones en forma de lluvia, sobre todo durante los meses de invierno. Las praderas cubren los niveles inferiores y dan paso a grandes bosques de coníferas. Las partes altas están formadas por paramo y vegetación arbustiva, este relieve conforma un total de 39,26 ha el 1,10 % del territorio. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)
- **Terraza Baja.** - identificada a la parte Este de la parroquia, cercano a la orilla del río Santa Bárbara. Sobre esta se asientan las partes más bajas de las comunidades de San Antonia, La Dolorosa y Tranca de Leontula. Presentan pendientes menores al 5 %, su entorno se resuelve en una sucesión de llanuras extensas a modo de grandes escaleras que no superan los 10 metros y descienden suavemente hacia el río. Cubren 100 ha del territorio, representando 2,79 %. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)
- **Vertientes Cóncavas y Convexas.** - este tipo de geomorfología corresponde a un patrón de drenaje radial, son superficies más o menos inclinadas que alcanzan una pendiente de hasta el 50 %. Forman un paisaje más ancho que largo y las diferencias de nivel asociadas hacia los lechos de los ríos alcanzan unas decenas de metros.

Convexas. - este tipo de geomorfología se encuentra al centro Norte sobre la cual se ubican las comunidades de Dunla y San Gabriel. Ocupan 249,5 ha el

6,97 %.

Cóncavas. - este tipo de geomorfología se encuentra en 618,58 ha, representado el 17,27 % del territorio de la parroquia, se encuentra en la parte Noreste y Noroeste de San Juan. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

- Vertientes Irregulares. -conforman el mayor porcentaje de territorio de la parroquia cubriendo un total de 1685,98 ha, el 47,08 %, esta unidad se ha desarrollado a partir de la erosión de las rocas metamórficas las mismas que fueron afectadas por procesos erosivos que dan como resultado un relieve caracterizado por colinas con pendientes menores a 45°. Los relieves que se han formado son redondeados lo que indica la presencia de gruesos mantos de materiales sueltos que enmascaran al basamento rocoso, ubicadas en el centro, centro sur y suroeste; sobre estas se han desarrollado las comunidades de San Juan Centro, Bacpancel, la Dolorosa, Lluzhincay, Trancaleóntula y Tunzha. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.7.9 Suelos

Con la información cartográfica de SIGAGRO del año 2002, se ha obtenido la taxonomía de la parroquia de acuerdo a la clasificación realizada por PRONAREG – MAG 1984, basado en el sistema de la Soil Taxonomy USDA 1975 a nivel de Orden y Suborden, los mismos que se describen a continuación:

Alfisoles. - Son suelos con horizontes de iluviación de arcillas y saturación relativamente alta en profundidad, con humedad suficiente para que puedan desarrollarse cultivos. Los Subórdenes se distinguen según la tendencia al encharcamiento (Aquialfs), el clima frío (Boralfs) o húmedo (Udalfs), la presencia de estaciones moderadamente secas (Ustalfs) o con sequía prolongada (Xeralfs). Este tipo

de suelo corresponde a 881,61 ha lo que representa un 24,66% del total de la parroquia.

El mismo que se encuentra presente en las comunidades de Tunzha, parte de Dunla y San Gabriel. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Entisoles. - Son suelos de poca profundidad (< 40 cm) que se caracterizan por tener un solo horizonte y una alta fertilidad inherente. Sus texturas varían entre arenosa y arcillosa, pero en general muestran una tendencia a texturas gruesas. Son suelos favorecidos en la agricultura de subsistencia dado que no necesitan fertilización. Este tipo de suelo cubre un área de 388,44 ha la cual representa un 10,87% del total del territorio. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Inceptisoles. - Son suelos minerales de baja evolución, pero con horizontes y humedades asequibles a cultivos, estos son suelos inmaduros derivados de ceniza volcánica con diferenciación entre horizontes poco desarrollados. Sus características salientes son:

- El material litológico de estos suelos son derivados muy resistentes.
- Abundancia de ceniza volcánica.
- Se encuentran cubriendo lugares con altas pendientes y algunos valles.

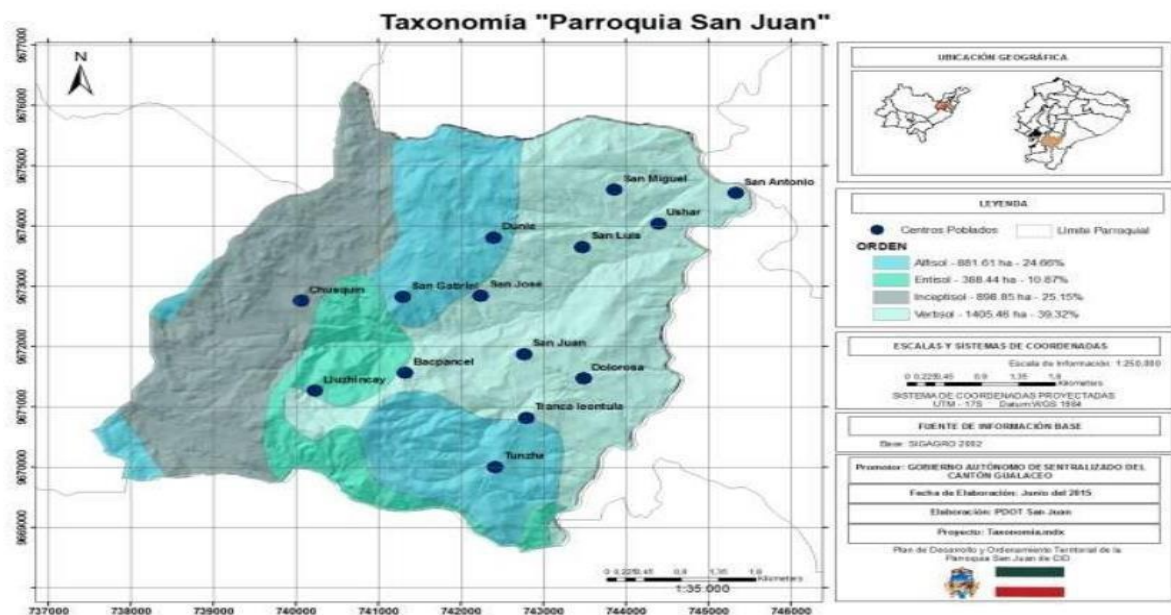
Al presentar superficies morfológicas muy jóvenes estas limitan el desarrollo de suelos. Este tipo de suelos se encuentra presente en la parte oeste de la parroquia cubriendo casi en su totalidad la comunidad de Chuzquin. Cubren una extensión de 898,85 ha que corresponden a un 10,87% del total de la parroquia. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Vertisoles. - Son suelos que desarrollan grietas de al menos 1cm de anchura y 50 cm de profundidad durante la estación seca. Contienen un 30% o más de arcilla en todos sus horizontes. La mayoría de los vertisoles presentan una fertilidad elevada porque poseen alta capacidad de cambio catiónico y la acción de mezcla a que se encuentran

sometidos contribuye a mantener elevada saturación de bases; sin embargo, su utilización es difícil debido a los movimientos de suelo. Este tipo de suelo cubre un área de 1435,46 ha lo que representa un 39,32% del total de la parroquia. El mismo que se encuentra presente en las casi toda la parte noreste de la parroquia acaparando a un gran número de comunidades entre las que podemos denotar: San Antonio, San Miguel, Ushar, San Luis, San José, Bacpancel, San Juan Centro, la Dolorosa y parte de Tranco Leontula. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

Figura 7.

Taxonomía "Parroquia San Juan"

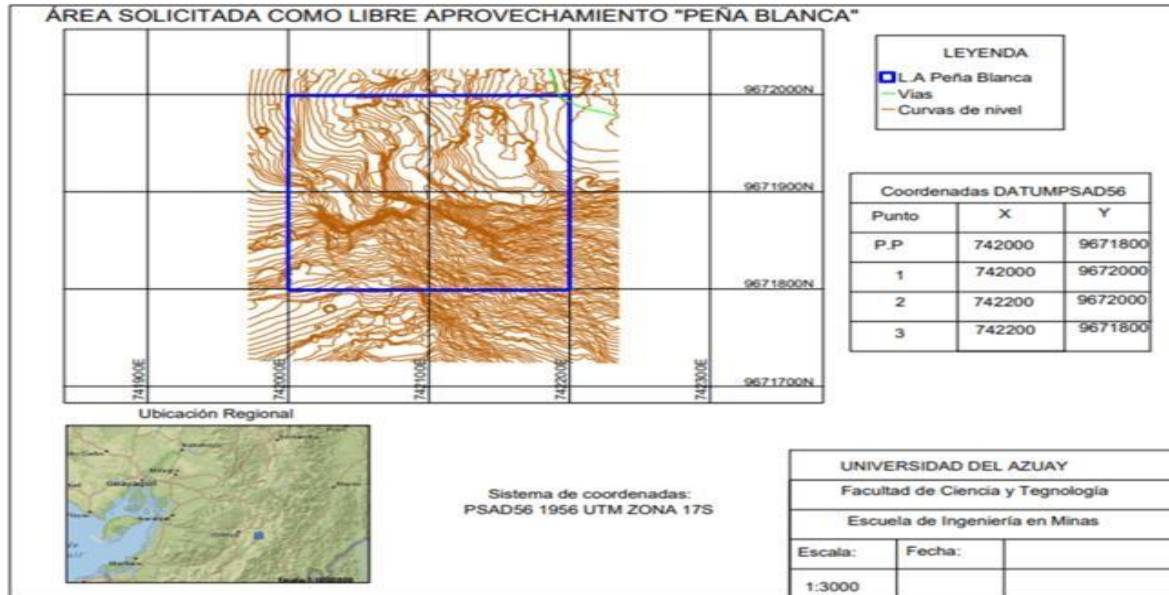


Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.8 Topografía

Figura 8.

Topografía “Parroquia San Juan”



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid, 2015)

1.9 Estado actual del libre aprovechamiento

Después de realizar diversas visitas a la mina Peña Blanca se constató que esta se encuentra en condiciones desfavorables e inapropiadas para su explotación debido a la falta de criterios técnicos aplicados hasta el momento, debido a esta condición la mina en la actualidad se encuentra abandonada hasta que se presente un plan apropiado que permita retomar las actividades del proyecto, además, mediante una investigación in-situ, se corroboró que debido a una mala gestión, y organización, la información existente relacionada al proyecto se ha perdido a lo largo de los años, a consecuencia de esto en la actualidad no cuenta con un plan de cierre y abandono de mina, por lo que es de imperiosa necesidad la realización de un diseño adecuado que abarque y englobe todos los parámetros necesarios para el mismo.

1.10 Condiciones geomecánicas del macizo rocoso

Al realizar una inspección in-situ del yacimiento se puede observar a simple

vista la presencia de materiales homogéneos y duros, debido a que estos son de difícil arranque se observa el uso de explosivos en la zona los cuales han afectado en gran medida a la seguridad en la zona de intervención lo que ha conllevado a que resulte peligroso realizar actividades de extracción en la zona del yacimiento por lo que se ha decidido realizar un rediseño de explotación para poder brindar unas condiciones seguras tanto para el trabajo como para el medio ambiente.

1.11 Señalética

Se puede observar que el libre aprovechamiento “Mina Peña Blanca” cuenta con señalética en varios lugares estratégicos, pero resultan un tanto pequeños y de difícil visibilidad por lo que se sugiere que deberían ser de un tamaño mayor y en un lugar en donde se puedan observar con facilidad para así tener una mejor visibilidad tanto para los trabajadores como el personal externo al libre aprovechamiento.

Figura 9.

Señalética “Peña Blanca”



Fuente: (Proyecto vinculación Ingeniería en Minas Universidad del Azuay)

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de libre aprovechamiento

El Estado directamente o a través de sus contratistas podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas.

Considerando la finalidad social o pública del libre aprovechamiento, estos serán autorizados por el Ministerio Sectorial. La vigencia y los volúmenes de explotación se registrarán y se extenderán única y exclusivamente por los requerimientos técnicos de producción y el tiempo que dure la ejecución de la obra pública. Dicho material podrá emplearse, única y exclusivamente, en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento. (Ley de Minería, 2009)

2.2 Cantera

Una cantera es una explotación minera, generalmente de superficie, de la que se extraen rocas industriales o áridos. Según Herrera otro termino que define a la explotación de canteras es “utilizado para referirse a la extracción de rocas industriales, decorativas y de materiales de construcción. En volumen, son el sector más importante, ya que desde la antigüedad se han utilizado para la extracción y suministro de materias primas que finalmente se utilizan en obras de construcción e infraestructura.

Principalmente, las canteras son operaciones de tamaño limitado, pero el conjunto de ellas representa el mayor volumen de minería mundial. Los productos obtenidos en las canteras no sufren concentración, a diferencia del resto de la industria minera. Las principales rocas extraídas en las canteras son: mármol, granito, caliza, travertino. Cada cantera tiene una vida útil efectiva, y una vez agotada, el cese de

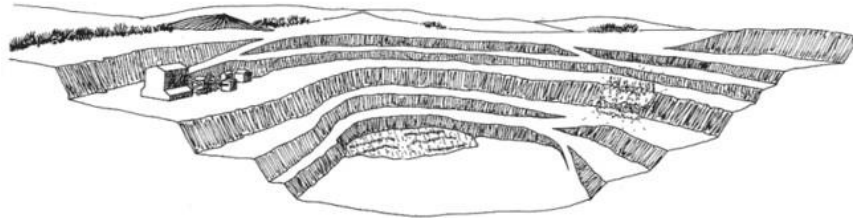
actividad puede ocasionar problemas ambientales, principalmente relacionados con la devastación del paisaje. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

El final de una cantera supone un problema para el medio ambiente. Cuando la cantera ya no ofrece el material deseado, la explotación minera queda abandonada. De este modo el paisaje se ve afectado, quedando los restos de la explotación y el entorno destruido.

En nuestro interés el estudio de las canteras de donde se extrae el agregado tendrá 3 usos principales: para concreto, para pavimento y para mezcla asfálticas, que requieren de agregados con diferentes características y requisitos. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, para la fabricación de cementos, fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación para extraer este material se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
- El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedos, que posteriormente se cortan. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

Figura 10.*Explotación de cantera de áridos*

Fuente: (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

2.2.1 Explotación de cantera

Dentro de la explotación de canteras se utiliza el termino extracción de canteras utilizado para describir ciertas técnicas de minería a cielo abierto que se basan en la remoción de roca con altos niveles de compactación y densidad de depósito localizada. La roca extraída de las minas se puede triturar o fracturar para hacer agregados o rocas artificiales, como dolomita y piedra caliza, o combinarse con otros productos químicos para hacer cemento y cal. Los materiales de fabricación se obtienen en minas ubicadas en las cercanías del sitio de implementación del material para minimizar los costos de transporte. Otra clase de material que se extrae de las canteras es la piedra para manufactura, como losas, granito, caliza, mármol, arenisca y pizarra. Este tipo de mina está ubicada en un área con propiedades minerales deseables (Armstrong & Menon, 1998)

2.2.2 Tipología de explotaciones

- Canteras en terrenos horizontales: las labores se inician en forma de trinchera, hasta alcanzar la profundidad del primer nivel, ensanchándose así el orificio creado.
- Canteras en laderas: estas explotaciones son las más numerosas y se caracterizan por un gran número de bancos, aunque hasta hace pocos años la tendencia era trabajar con pocos bancos muy altos.

- Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente: Es la alternativa más frecuente por la facilidad de apertura de las canteras y a la mínima distancia de transporte inicial hasta la planta de tratamiento. El frente de trabajo está siempre activo, salvo en alguna pequeña zona. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

2.3 Minería de áridos

El concepto de árido incluye un grupo de materiales granulares inertes, generalmente conocidos por terminología como: arena, grava, grava, lastre, etc. Sus aplicaciones son muy variadas y muestran la peculiaridad de que son bastante numerosos en la corteza terrestre. Sin embargo, estos materiales pasan desapercibidos, ya sea porque forman parte de la vida cotidiana o porque son materias primas que se utilizan para formar productos más refinados, que no son fáciles de identificar. (León, 2008).

2.4 Definición de materiales áridos y pétreos

Las piedras son recursos derivados de la roca que se aprovechan sin modificación, se utilizan exclusivamente en la industria de la construcción, aunque en ocasiones pueden requerir procesamiento, se pueden encontrar en bloques, tejas o fragmentos (canteras y gravas) de diferentes tamaños.

Según el origen de los materiales, se pueden clasificar como áridos naturales, es decir, aquellos materiales aprovechables que se pueden encontrar en la naturaleza, a partir de extracciones relativamente sencillas en canteras o yacimientos a cielo abierto. (Bañón, 2009)

2.4.1 Clasificación de los Áridos

Los áridos y pétreos son de suma importancia para la humanidad; por ende, hay una variación de materia prima que se clasifica según el tamaño, volumen,

granulometría, propiedades químicas, térmicas, mecánicas, etc.

2.4.1.1 Áridos naturales.

Son aquellos áridos que se obtienen de los yacimientos geológicos utilizando únicamente procedimientos mecánicos.

Proceden de depósitos detríticos no consolidados (graveras) en donde se utilizan medios mecánicos de extracción convencionales o de macizos rocosos cuyo arranque requiere medios específicos como rípiados o voladuras con explosivos. (León, 2008)

Figura 11.

Áridos granulares naturales



Fuente: (Construmática, 2018)

2.4.1.2 Áridos reciclados.

Este tipo de árido es el resultado de un tratamiento inorgánico de los materiales que previamente ya han sido utilizados en la construcción. (León, 2008)

Figura 12.

Áridos reciclados



Fuente: (Casalé, 2020)

2.4.2 Clasificación y denominaciones por su tamaño.

Su clasificación y su valor económico viene condicionado por la granulometría, que en general se denomina de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3.

Clasificación de áridos

Nombre	Tamaño en mm
Escollera	>200
Cantos gruesos	100 - 200
Cantos medios	20 - 100
Grava	2 - 20
Arena	0.02 - 2
Limo	0.002-0.02
Arcilla	<0.002

Fuente: (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

2.4.3 Utilidad de los áridos

El agregado se usa ampliamente en la vida diaria, se usa en la construcción y la industria; también se usa en casas, carreteras, puentes, aeropuertos, etc. Los seres humanos dependen de esta materia prima para la construcción, por lo que el proceso de producción está en constante evolución. Prácticamente todo lo que un hombre observa a su alrededor proviene de una cantera o mina, a excepción de la flora y la fauna. (León, 2008)

Figura 13.

Uso de áridos en la construcción



Fuente: (Redacción TRANSYCA, 2018)

2.5 Banqueo descendente

Los bancos consisten en cada uno de los diferentes escalones de trabajo en los que se va aprovechando la explotación.

Banqueo descendente es cuando la explotación comienza en la parte superior y conforme consumimos los bancos van descendiendo. (Maza & Bienzobas, 2012)

2.6 Elementos de una cantera

Para comprender con exactitud qué variables se consideran para realizar el diseño de explotación de una cantera, es necesario conocer la terminología utilizada en explotaciones de este tipo. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

- Banco: escalón comprendido entre dos niveles que constituyen el bloque que se explota de mineral y/o estéril, es el objeto de excavación desde un punto hasta una posición final preestablecida.
- Altura de banco: es la distancia vertical entre dos niveles, desde el pie hasta la parte superior de un banco, usualmente la altura viene dada por las características de la maquinaria que se utilice para la operación.
- Talud de banco: ángulo determinado por la horizontal que forma el pie del banco con la línea de pendiente máxima en la cara de este.
- Talud de trabajo: ángulo formado por el pie de los bancos entre los que se encuentran algunas plataformas de trabajo.
- Berma: plataformas horizontales existentes en los límites de excavación sobre los taludes finales, coadyuvan a mejorar la estabilidad del talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de material.
- Talud final de explotación: ángulo de talud estable delimitado por una horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza superior.

- Límites finales de la explotación: corte espacial hasta donde se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales, los taludes finales de la misma.
- Ángulos de reposo del material: es el talud máximo en donde el material suelto que lo constituye es estable.
- Borde de liquidación: al terminar la explotación, después de haber extraído todas las reservas calculadas se deben dejar bancos que contribuyan al cierre de mina y remediación ambiental. Hay que tener en cuenta que, al variar las alturas en los bancos de liquidación, el ángulo de borde de la cantera varía, dicho ángulo se calcula:

$$\beta = \arctg \frac{(hc)}{(n \text{ receso} * h * \tan \phi) + (x * Nbr)} \quad (1)$$

hc = profundidad límite de la cantera.

n receso = número de bermas en receso.

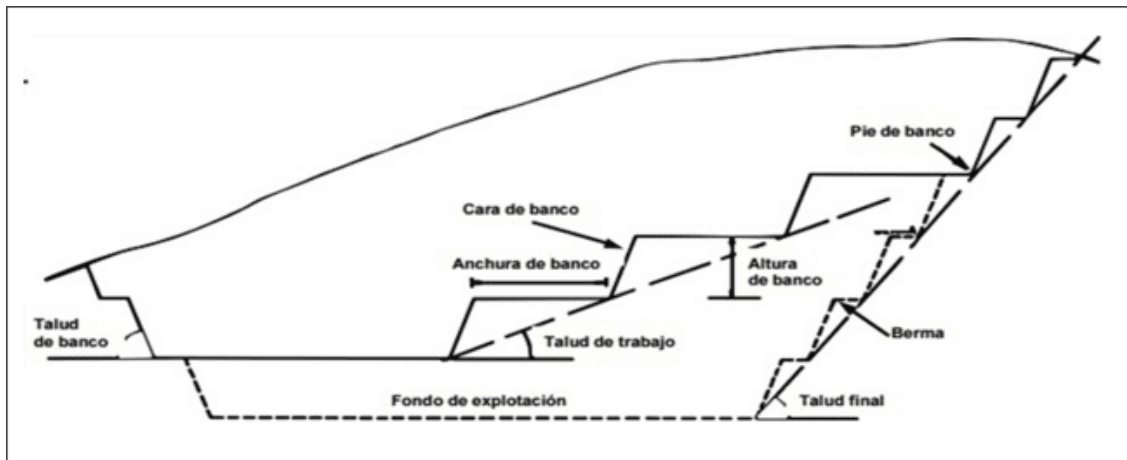
h = altura del banco en trabajo.

ϕ = ángulo de talud del banco en receso.

x = ancho de berma de resguardo (50% de la altura del banco).

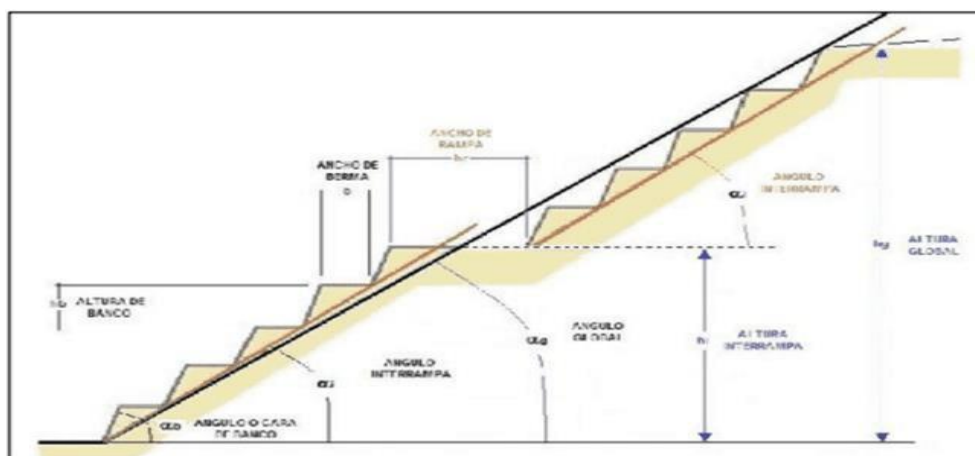
Nbr = número de bancos en receso.

Bermas: son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

Figura 14.*Elementos de una cantera***Fuente:** (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

2.6.1 Estabilidad de taludes

La estabilidad de los taludes en una explotación a cielo abierto no solamente es un aspecto de fundamental importancia, sino que es una de las claves de la viabilidad del proyecto, su seguridad y su rentabilidad. Es por ello que debe ser analizada desde las etapas iniciales del proyecto y ser comprobada y seguida con los datos obtenidos durante la explotación. (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

Figura 15.*Parámetros que definen la geometría de un talud***Fuente:** (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006, p. 7)

En líneas generales, los factores más importantes que afectan a la seguridad de las operaciones y cuyo estudio deben quedar perfectamente claro desde el principio de las operaciones, son: (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)

- Caída o deslizamiento de materiales sueltos.
- Colapso parcial de un banco.
- Colapso general del talud de la excavación.
- Las recomendaciones para el control y eliminación de estos y otros riesgos pasan por la puesta en práctica de los estudios necesarios para definir y dimensionar las siguientes medidas: (Herrera Herbert & Pla Ortiz de Urbina, 2006)
- Diseño adecuado de bancos y plataformas para retener los desprendimientos de materiales.
- Determinación y mantenimiento adecuado de taludes generales en condiciones seguras.
- Control de voladuras en el perímetro de la excavación, de cara a reducir los daños en el macizo remanente.
- Aplicación de sistemas de drenaje efectivo de los macizos para reducir los esfuerzos originados por el agua.
- Saneamiento sistemático y efectivo de materiales colgados.

2.7 Cierre de mina

En esta etapa se concluyen las actividades de extracción de materiales y se determinan los planes de restauración desde la fase de desarrollo (que determina la factibilidad del proyecto) y producción (que se ocupa del paisajismo y controla los fenómenos de remoción y erosión).

El terreno es apto para usos futuros: urbano e industrial, recreativo intensivo y refugios ecológicos naturales, recreativo no intensivo y educativo, tinacos, botaderos, rellenos sanitarios, etc.

Siempre se deben tener presentes las diferentes situaciones de cierre de proyecto que se han señalado anteriormente. (Morales & Hantke Domas, 2020)

2.7.1 Actividades de cierre

El Banco Mundial establece que para calcular con precisión el nivel de seguridad financiera en las garantías asociadas con el cierre de minas, las actividades de cierre deben estar claramente definidas en los planes de recuperación y/o planes de cierre de minas. (Julca Zuloeta, 2011).

Se propone un procedimiento de seis etapas para ejecutar el cierre de la cantera de manera sostenible, teniendo en cuenta el ciclo de vida de la cantera y los factores técnicos mineros fundamentales para la extracción de estos recursos.

Etapa 1. Conocimiento de las leyes minero-ambientales:

Es preciso, en primer término, que los concesionarios conozcan las leyes, decretos y resoluciones que norman y regulan la actividad minero-ambiental vinculada al proceso de cierre, lo cual permitirá un accionar legal para un cierre sostenible.

Etapa 2. Diagnóstico según el tipo de material a explotar:

Se realizará un diagnóstico general de las canteras que permita tener una valoración general de la situación minero-ambiental de cada concesión minera para la futura toma de decisiones respecto al cierre de minas. Los aspectos fundamentales de esta etapa son:

1. Análisis del ciclo de vida de la mina y ubicación de las etapas del cierre.
2. Descripción de las actividades mineras a realizar para la explotación del yacimiento y sus instalaciones mineras.

3. Actualización topográfica, geológica y minera del yacimiento explotado.
4. Medidas de seguridad de la mina y sus instalaciones.
5. Evaluación de impacto ambiental.
6. Caracterización de los factores físicos, biológicos, socio-económicos y culturales.
7. Evaluación de riesgos.

Etapa 3. Utilización y destino de los recursos mineros y minerales al finalizar la explotación:

Se hará una propuesta de los elementos fundamentales a tener en cuenta para definir el tratamiento que recibirán los recursos mineros y minerales de las canteras; estos elementos son:

1. Reubicación del personal según su calificación personal y profesión (Montero & Salazar 2011).
2. Conservación, desmantelamiento y destino de las instalaciones, equipos y materiales existentes.
3. Determinación del uso futuro del espacio minado.

Etapa 4. Recuperación minero-ambiental de las canteras:

Se plantearán acciones de restauración y rehabilitación de áreas dañadas por la minería, el cierre final y tratamiento a los pasivos ambientales. Los elementos a tener en cuenta en este paso son:

1. Medidas de restauración y rehabilitación del entorno dañado por la actividad minera.
2. Cierre final de la cantera garantizando la estabilidad física, química y biológica, después de las actividades mineras.
3. Descripción de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre.

4. Tratamiento a los pasivos ambientales.

Etapas 5. Evaluación económica del proyecto de cierre:

Se analizarán los factores económicos que permitan determinar el costo del cierre de la cantera; estos son los siguientes:

1. Estudio de mercado (precio y demanda del material)
2. Estudio técnico-económico del cierre de canteras.
3. Cálculo del costo de cierre de canteras.
4. Distribución de los recursos financieros durante las operaciones mineras.

Etapas 6. Seguimiento y control del proceso de cierre:

La última etapa garantizará el chequeo del cumplimiento de las acciones realizadas en las etapas precedentes. Las acciones a realizar son:

1. Monitoreo del tratamiento laboral y salarial dado al personal técnico y profesional que laboraba en las canteras.
2. Monitoreo de la estabilidad física de la cantera.
3. Monitoreo de la estabilidad química.
4. Monitoreo de la estabilidad biológica.
5. Monitoreo de la calidad de las aguas.
6. Control estructural.
7. Mantenimiento de obras (Montero, 2015)

2.8 Software de modelamiento

AutoCAD Civil 3D es un potente software informático utilizado para calcular y diseñar diversas infraestructuras, principalmente relacionadas con la ingeniería civil, la topografía y las redes de tuberías. Es un producto de Autodesk, por lo que comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, que utilizan muchos ingenieros y topógrafos. (Jara Carrera, 2017).

Con CivilCAD, se puede obtener rápidamente perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en plataformas y vialidades, cuadros de construcción, subdivisión de polígonos, entre otras más de 100 rutinas. (Civil Software Solutions SC, 2023)

Para la realización de este proyecto se utilizó el software civil cad que nos ayudó en la obtención del diseño óptimo necesario para la realización del mismo.

2.9 Normativa legal para cierre y abandono

2.9.1 Ley de minería

La presente Ley de Minería norma el ejercicio de los derechos soberanos del Estado Ecuatoriano, para administrar, regular, controlar y gestionar el sector estratégico minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia. Se exceptúan de esta Ley, el petróleo y demás hidrocarburos. El Estado podrá delegar su participación en el sector minero, a empresas mixtas mineras en las cuales tenga mayoría accionaria, o a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, para la prospección, exploración y explotación, o el beneficio, fundición y refinación, si fuere el caso, además de la comercialización interna o externa de sustancias minerales. (Ley de Minería, 2009)

2.9.2 TULSMA

Reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales, donde por primera vez se reconocen los derechos de la Naturaleza y se recrean instancias para resolver los problemas: administrativa, judicial, internacional. En la vía judicial a más de la civil y de la penal se establecen las Vías Constitucionales como: la Acción de Protección, Acción de habeas Corpus, Acción de Acceso a la Información Pública, Acción de Habeas Data, acción por Incumplimiento y Acción Extraordinaria de Protección. Entre estas, la Vía de Protección es la más directa y rápida cuando personas

naturales sabemos que algún proyecto atenta contra el ambiente. (Regalado, 2012)

2.10 Reglamento ambiental para actividades mineras (RAM)

Objeto. - El presente reglamento tiene por objeto promover el desarrollo sustentable de la minería en el Ecuador, a través del establecimiento de normas, procedimientos, procesos y subprocesos, para prevenir, controlar, mitigar, rehabilitar, remediar y compensar los efectos que las actividades mineras puedan tener sobre el medio ambiente y la sociedad, en todo el territorio nacional. (Reglamento ambiental para actividades mineras, 2014)

2.11 Técnicas de restauración ambiental

Tabla 4.

Técnicas de restauración ambiental

Acciones	Técnicas
Desmantelamiento de infraestructura existente	
Limpieza del predio	<ul style="list-style-type: none"> • Retiro de residuos con maquinaria o de forma manual dependiendo del tipo y volumen de basura.
Estabilización de taludes	Estabilidad de fondo: <ul style="list-style-type: none"> • Remodelado de la geometría del talud (reducir la pendiente, construir diferentes ángulos de pendiente, aterrazados) • Eliminación de masas inestables • Construcción de contrafuertes en el pie del talud • Drenajes superficiales y dentro del talud • Anclajes Estabilidad
	Superficial: <ul style="list-style-type: none"> • Implantación de una cubierta vegetal • Mallas o mantas, orgánicas o sintéticas
Control y prevención de la erosión hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de una cuneta o cordón perimetral defensiva del talud • Mallas o mantas, orgánicas o sintéticas, mulches • Drenajes superficiales • Revegetación • Barreras de sedimentos • Difusores laminares • Bermas o terrazas
	<ul style="list-style-type: none"> • Traslado de suelo de otro lugar. • Uso de la reserva de tierra de destape o topsoil extraídos previo a la explotación si existiera. • Mezcla del material de rechazo de la cantera con una enmienda

Recuperación del suelo	orgánica (ej. Compost). <ul style="list-style-type: none">• Uso de fertilizantes• Descompactación del sustrato (subsulado, escarificado)• Descontaminación
Revegetación	<ul style="list-style-type: none">• Transporte de banco de semillas• Siembra directa (manual o hidrosiembra)• Técnicas de nucleación• Sistemas de cobertura que faciliten la instalación de la vegetación y disminuyan el riesgo de erosión hídrica o eólica (mantas biodegradables, turba, enramados, desechos de roca, estabilización química, etc.)• Uso de retenedores de humedad (hidrogel)• Implantación (plantas de viveros locales)• Considerar protección contra herbivoría

Fuente: (Roncallo, 2017)

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE DISEÑO DE CIERRE

3.1 Variables a tomar en cuenta en el diseño

3.1.1 Ángulo final de bancos y borde de liquidación

Las operaciones a cielo abierto, tienen una característica básica, y es que las paredes de la excavación deben mantener un cierto ángulo, lo que garantiza la estabilidad de dichas paredes para poder trabajar con seguridad.

Tabla 5.

Características del macizo rocoso

GRUPO DE ROCAS	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	ALTURA DE UN BANCO EN TRABAJO (m)	ÁNGULO DE TALUD DE LOS BANCOS (°)		
			EN TRABAJO	EN RECESO	
				PARA UN BANCO	PARA 2-3 UNIDADES
Rocas Peñascosas. $\sigma_{comp} = 8 \times 10^7 \text{ Pa}$ $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 - 20	HASTA 90°	70 - 75°	65 - 70°
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 - 20	HASTA 80°	60 - 75°	55 - 60°
	Rocas resistentes fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 - 20	HASTA 75°	55 - 60°	50 - 55°
Rocas poco resistentes peñascosas y semipeñascosas	$f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, alebrolitas y otras rocas sedimentarias con cemento silíceo. Conglomerados, gneis, porfiritas, granitos y tobas.	10 - 15	70 - 75°	50 - 55°	45 - 50°
	$1 > f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas altamente meteorizadas todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (argilitas, alebrolitas y esquistos)	10 - 15	60 - 70°	35 - 45°	35 - 40°
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) $f < 1$	Rocas arcillosas, así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas)	10 - 15	50 - 60°	40 - 45°	35 - 40°
	Rocas arcillo arenosas	10 - 15	40 - 50°	35 - 45°	30 - 40°
	Rocas gravo - arenosas	10 - 15	hasta 40°	30 - 40°	25 - 35°

Fuente: (Yepes Piqueras, 2020)

Para los bancos finales post-operación se proporcionará una estabilidad de largo plazo, la cual se obtendrá mediante un ángulo proporcionado en el diseño establecido.

Los valores de diseño establecidos son los siguientes:

Ángulo de talud en trabajo: 69°

Ángulo del borde de liquidación: 53°

3.1.2 Bermas de seguridad

Luego del análisis físico-mecánico de los materiales que conforman el macizo rocoso se determinó un ancho de berma de seguridad de 2 m y 3 m respectivamente a cada diseño.

3.1.3 Estabilidad de taludes finales post-operación

A la hora de determinar la altura del banco, suele basarse en las dimensiones de los equipos de excavación y carga, las propiedades del macizo rocoso y los requisitos de selectividad de uso.

En la evaluación realizada de la zona de intervención es necesaria la verificación de la estabilidad del conjunto de taludes luego del cese de actividades mineras que garanticen la estabilidad de la zona intervenida, por lo que se llegó a una estimación de 5 metros de altura, con un ángulo de 69°.

3.2 Factor de seguridad

El cálculo del factor de seguridad se lo realizó mediante la relación existente entre las fuerzas que se oponen al deslizamiento y las fuerzas favorables al movimiento.

Se lo realizó en base a la siguiente fórmula:

$$\eta = \sqrt[N]{\frac{T+b}{a}} \quad (4)$$

Para la fórmula tenemos que:

η = Coeficiente de estabilidad del talud de un banco.

N = Índice dependiente de la roca y su grado de meteorización.

T = Tiempo de existencia del borde la cantera.

a, b = Coeficientes dependientes de la calidad de la roca.

Nota. los valores a, b y N se los toma de la tabla 6, la cual se basa en las características del macizo rocoso y de los ángulos de trabajo determinados para la cantera.

Tabla 6.*Característica de la roca según el ángulo de talud del borde*

Características de la Roca	Ángulo de talud del borde, grado								
	10°-30°			30°-60°			>60°		
	a	B	N	A	B	N	a	b	N
Homogéneas, frágiles sin debilitamiento	1.2	0.9	6	1.17	0.92	5.2	1.15	0.95	4.8
Continuas poco fracturadas con cohesión, poco frágil	1.15	0.88	5.5	1.08	0.87	4.8	1.1	0.86	4.2
Continuas fracturadas con ligazón estructural, frágil moderada	1.05	0.8	5.5	1.03	0.82	4.6	1.05	0.8	4.2
Heterogéneas de estructura blocosa con distribución muy irregular de las tensiones en el macizo	1.05	0.8	4.5	1.02	0.75	4.3	1	0.7	4

Fuente: (Sosa, 1980)

3.3 Diseño borde de liquidación

En base a las características físico-mecánicas de los estratos geológicos presentes en el lugar se estableció un ángulo del borde de liquidación de 69°.

3.4 Diseño de bermas

En base a las características físico-mecánicas de los estratos geológicos presentes en el lugar se estableció una berma de seguridad de 2m con una pendiente de

5% para el desfogue del agua.

3.5 Altura final de bancos

Para la explotación de material pétreo, el rango permitido para establecer la altura del banco no debe sobrepasar la altura media del brazo de la maquinaria utilizada para dicha labor, por lo tanto, establecer la altura del banco es sumamente importante para cumplir con las exigencias de seguridad en los trabajos mineros.

3.6 Ángulo final de bancos

Para la determinación del ángulo final del banco, fue necesario establecer el tipo de material que posee el macizo rocoso, por lo tanto, se ocuparon tablas empíricas que nos ayudaron a encontrar los valores más óptimos para este caso. Estos valores deberán brindar condiciones óptimas de seguridad y estabilidad a la hora de realizar las diferentes actividades en el lugar de trabajo.

Tabla 7.

Características del Macizo rocoso II

GRUPO DE ROCAS	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	ALTURA DE UN BANCO EN TRABAJO (m)	ÁNGULO DE TALUD DE LOS BANCOS (°)		
			EN TRABAJO	EN RECESO	
				PARA UN BANCO	PARA 2-3 UNIDADES
Rocas Peñascosas. $\sigma_{comp} = 8 \times 10^7 \text{ Pa}$ $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 90°	70 -75°	65-70°
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 80°	60 -75°	55-60°
	Rocas resistentes fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 75°	55 -60°	50-55°
Rocas poco resistentes peñascosas y semipeñascosas	$f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, alebrolitas y otras rocas sedimentarias con cemento silíceo. Conglomerados, gneis, porfiritas, granitos y tobas.	10 - 15	70 -75°	50 -55°	45 -50°
	$1 > f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas altamente meteorizadas todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (argilitas, alebrolitas y esquistos)	10 - 15	60 -70°	35 -45°	35 -40°
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) $f < 1$	Rocas arcillosas, así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas)	10 - 15	50 -60°	40 -45°	35 -40°
	Rocas arcillo arenosas	10 - 15	40 -50°	35 -45°	30 -40°
	Rocas gravo - arenosas	10 - 15	hasta 40°	30 -40°	25 -35°

Fuente: (Yepes Piqueras, 2020)

Los bancos que se encuentran en receso buscarán mantener una estabilidad

prolongada mediante el ajuste del ángulo de talud del banco al ángulo de talud natural de las rocas. Los ángulos para los diferentes diseños oscilaran entre:

Ángulo de talud de los bancos en trabajo

- Diseño 1: 65°-75°
- Diseño 2: 60°-70°

Ángulo de talud del borde de liquidación final: 50°-60° para ambos diseños.

3.7 Estabilidad de los taludes finales post-operación

Basado en las condiciones actuales del terreno se buscará brindar los requerimientos de estabilidad y seguridad necesarios una vez cesen las actividades extractivas en el lugar, los cuales implican cálculos del factor de seguridad, ancho de bermas de seguridad, ángulo final del borde de liquidación, ángulo de los bancos en trabajo y altura de banco.

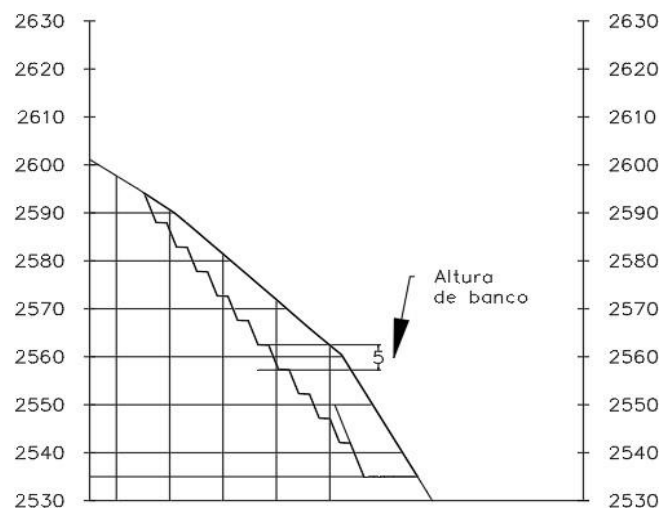
3.8 Alternativas de diseño previas al diseño óptimo

3.8.1 Diseño 1

- Fase 1

Figura 16.

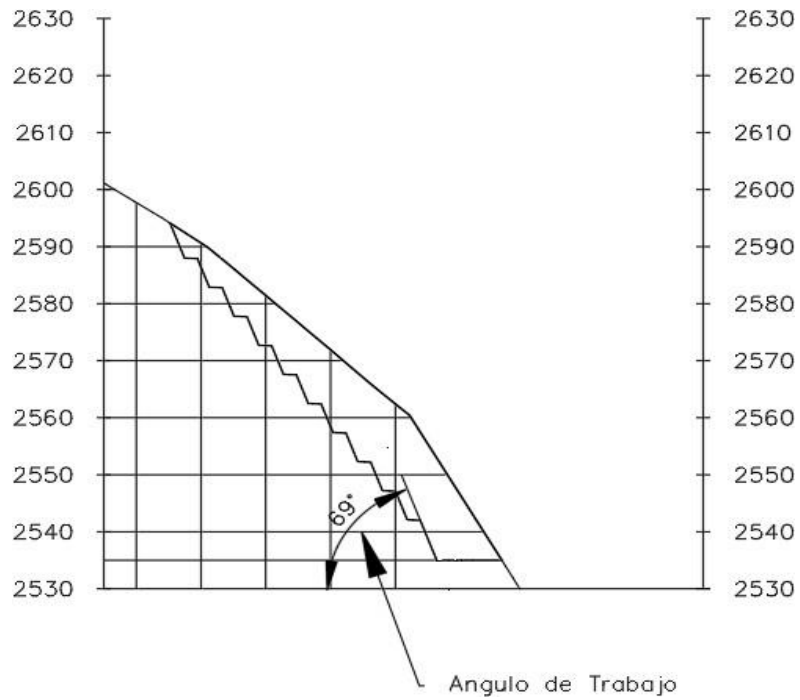
Altura de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 17.

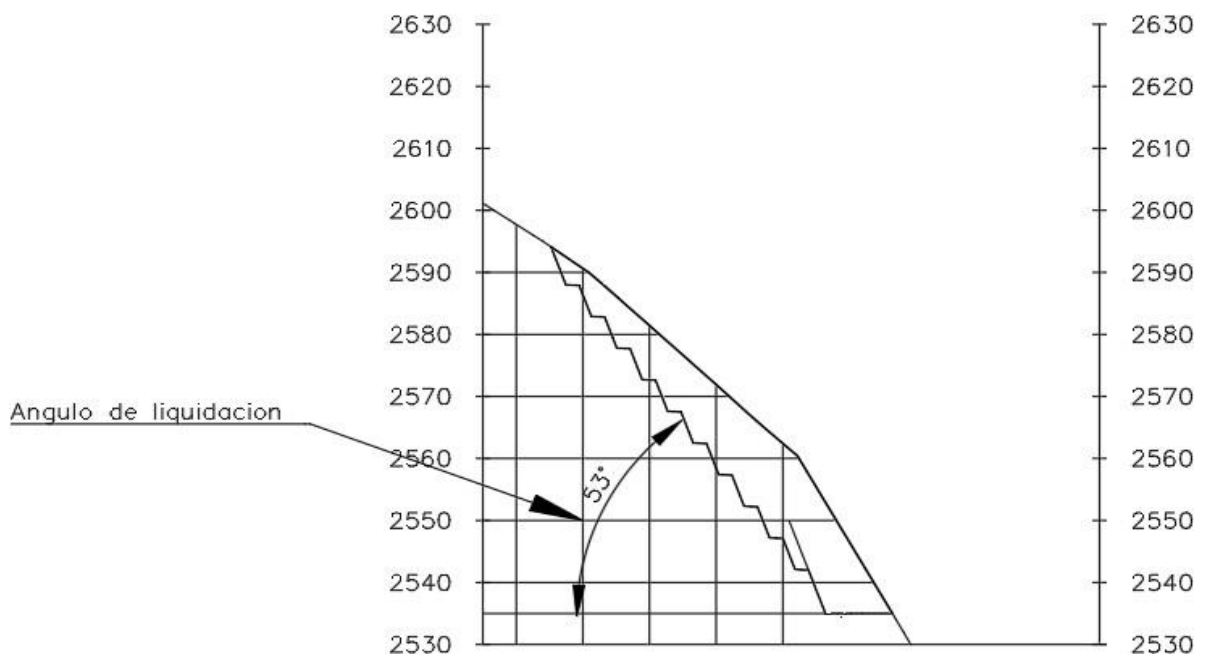
Ángulo de talud de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 18.

Ángulo de liquidación



Fuente: Elaboración propia

Numero de bancos

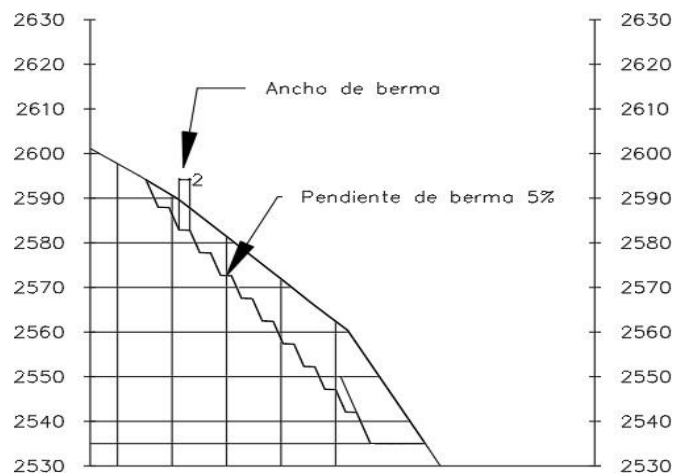
El número de bancos se lo obtuvo de la siguiente relación:

$$N_b = \frac{H}{hb}$$

$$N_b = \frac{50}{5} = 10$$

Figura 19.

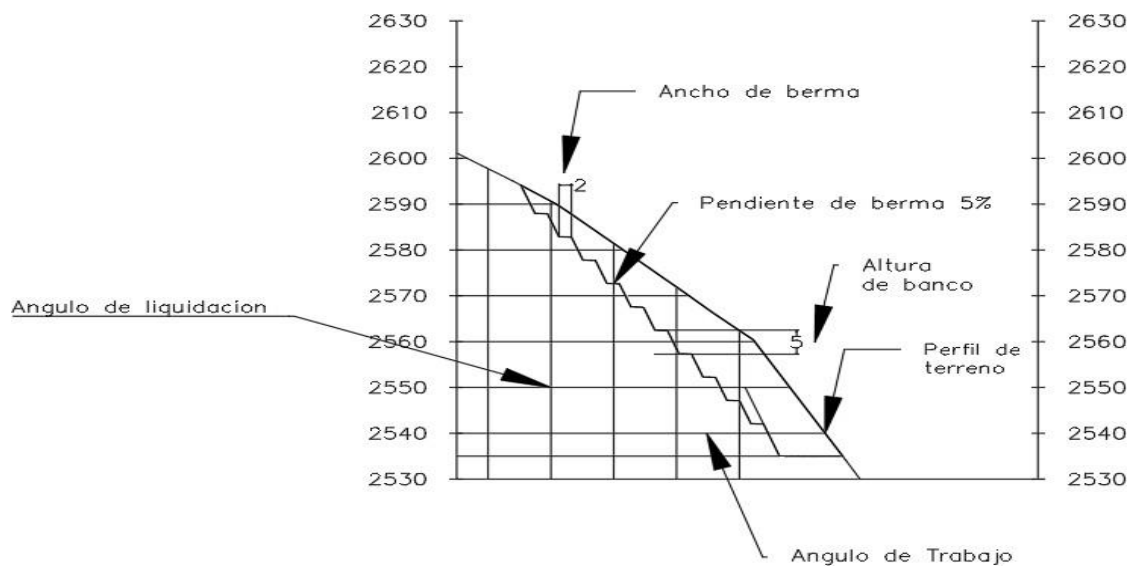
Berma de seguridad



Fuente: Elaboración propia

Figura 20.

Diseño geométrico de estabilización



Fuente: Elaboración propia

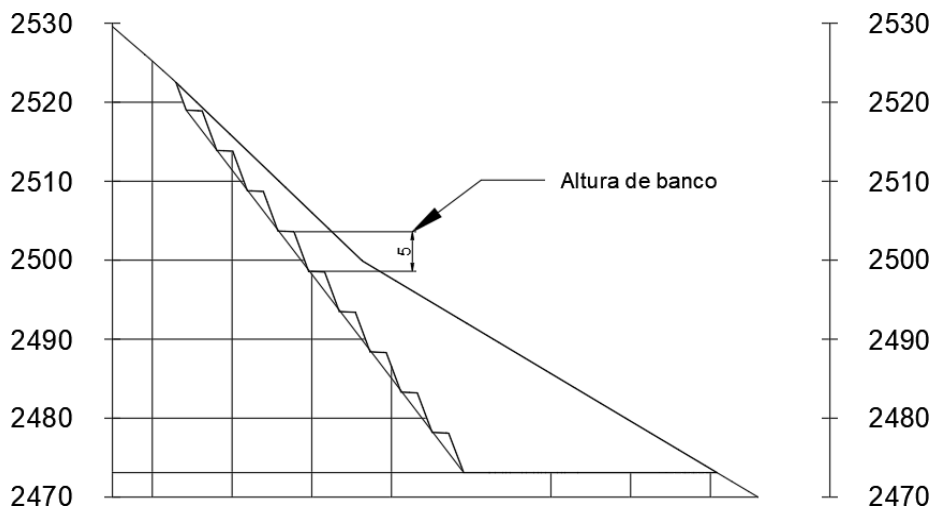
Factor de seguridad

Se realizo el cálculo para la obtención del factor de seguridad de la fase 1, el cual nos dio como resultado de 1,1.

- **Fase 2**

Figura 21.

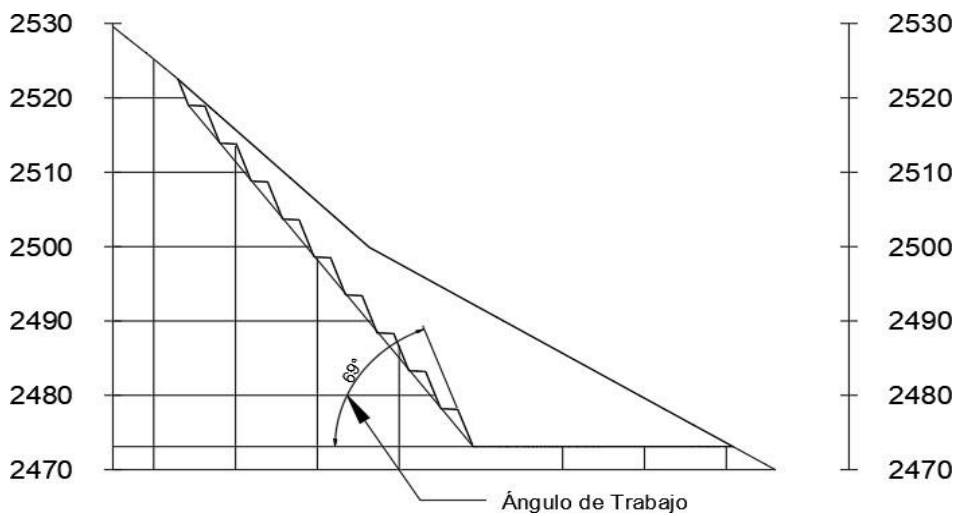
Altura de banco



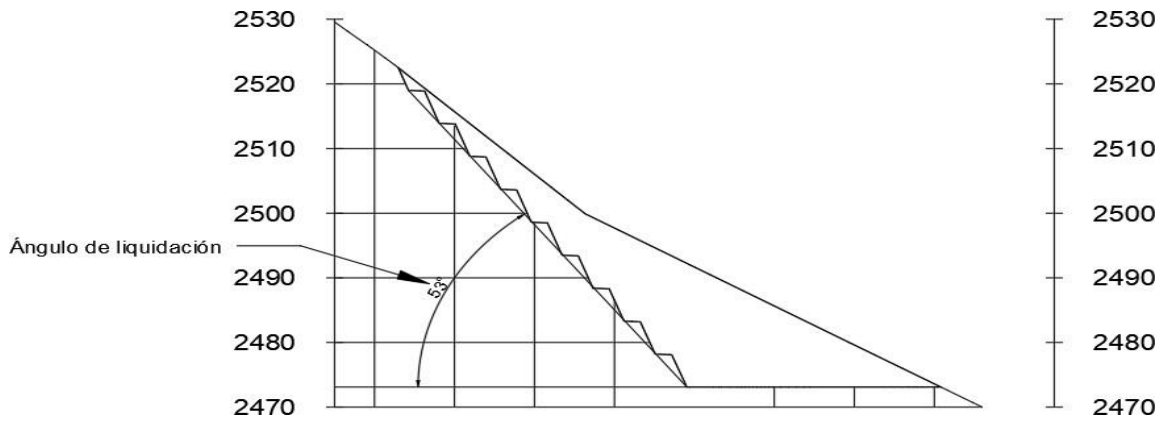
Fuente: Elaboración propia

Figura 22.

Ángulo de talud de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 23.*Ángulo de inclinación***Fuente:** Elaboración propia**Numero de bancos**

El número de bancos de lo obtuvo de la siguiente relación:

$$N_b = \frac{H}{hb}$$

$$N_b = \frac{45}{5} = 9$$

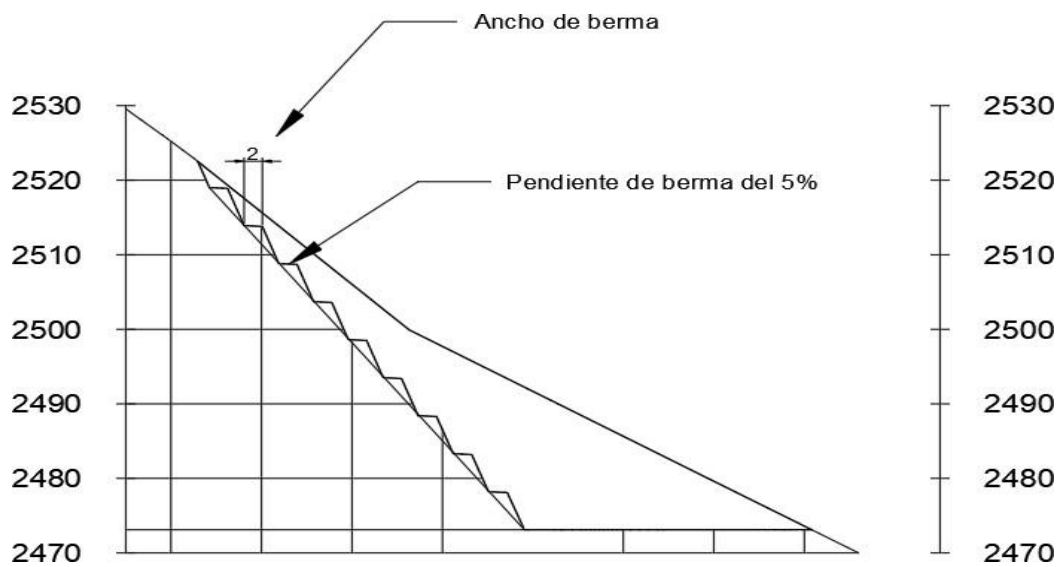
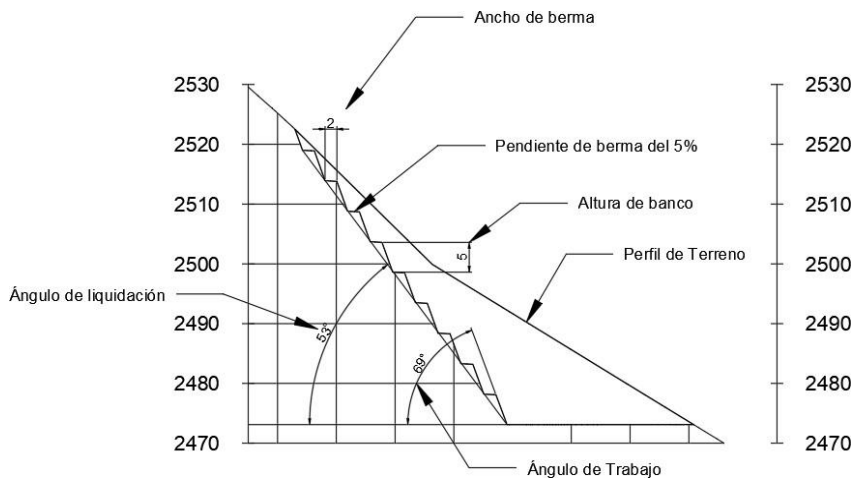
Figura 24.*Berma de seguridad***Fuente:** Elaboración propia

Figura 25.

Diseño geométrico de estabilización



Fuente: Elaboración propia

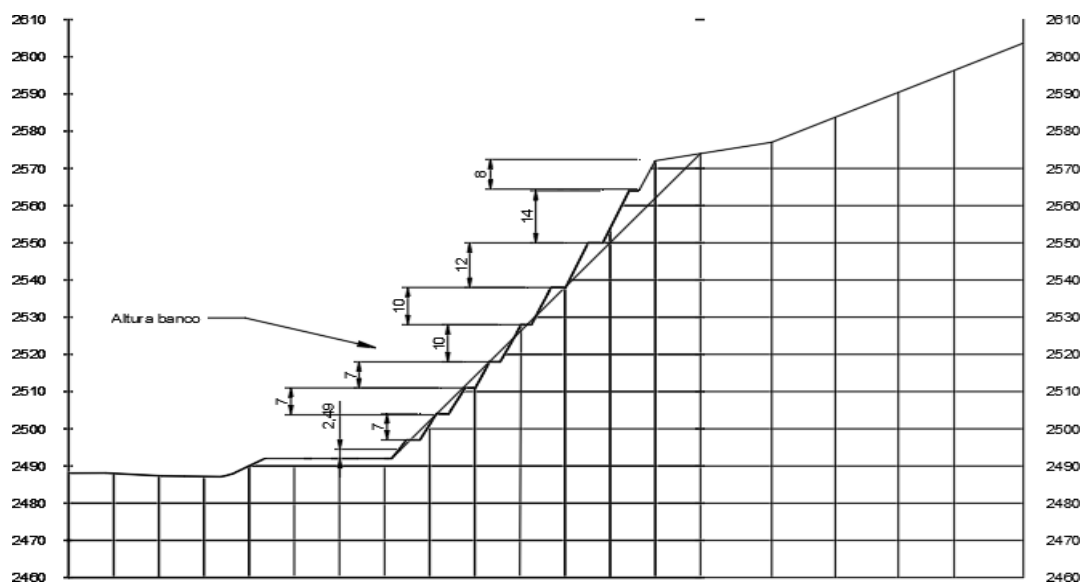
Factor de seguridad

Se realizó el cálculo para la obtención del factor de seguridad de la fase 1, el cual nos dio como resultado de 1,14.

3.8.2 Diseño 2

Figura 26.

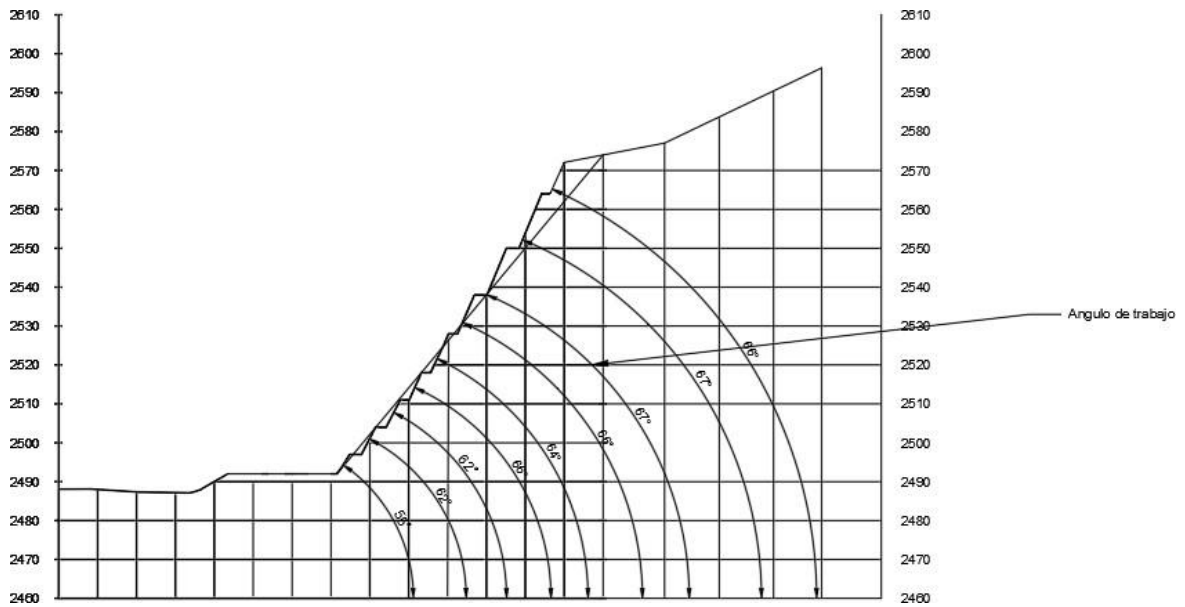
Altura de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 27.

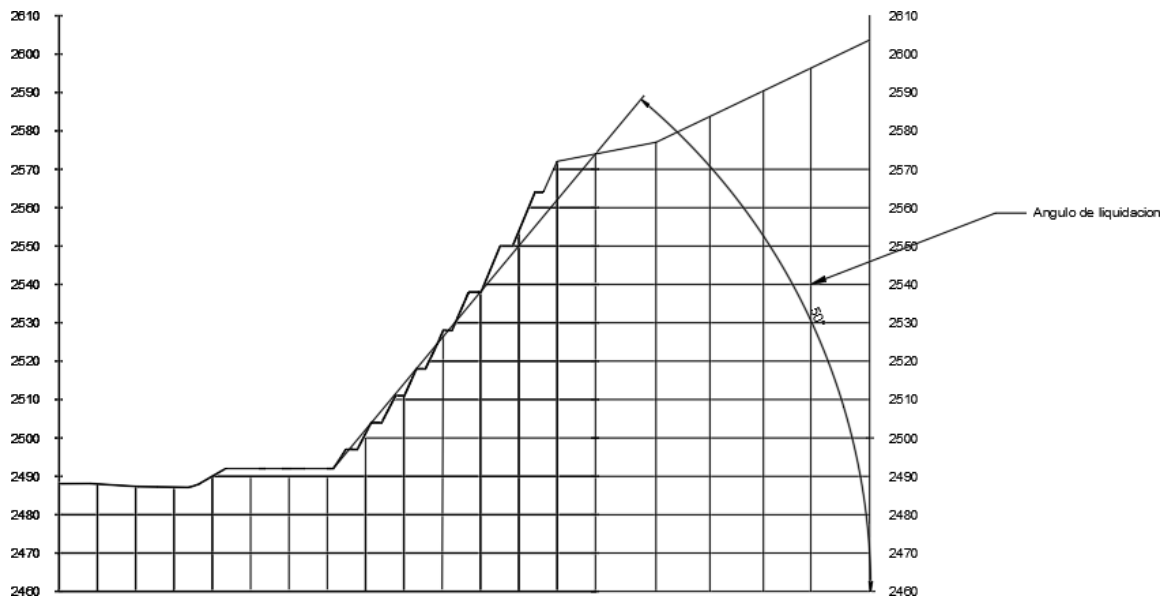
Ángulo de talud de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 28.

Ángulo de liquidación



Fuente: Elaboración propia

Numero de bancos

El número de bancos en este diseño fue variable debido a diversos factores tales

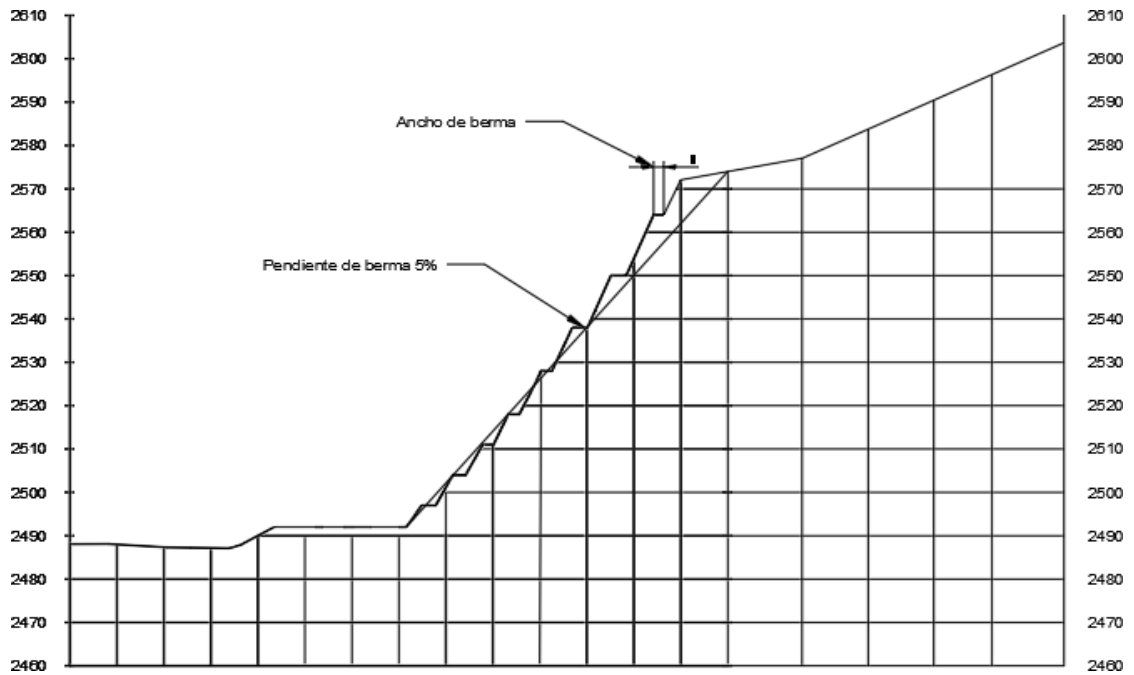
como la pendiente del terreno, y condiciones del macizo rocoso que nos obligaron a establecer una medida específica para cada banco.

Berma de seguridad

La berma de seguridad establecida para este diseño es de 3m a excepción de los bancos de 12m y 14m que tendrían una berma de 4m y 5m respectivamente.

Figura 29.

Ancho y pendiente de berma

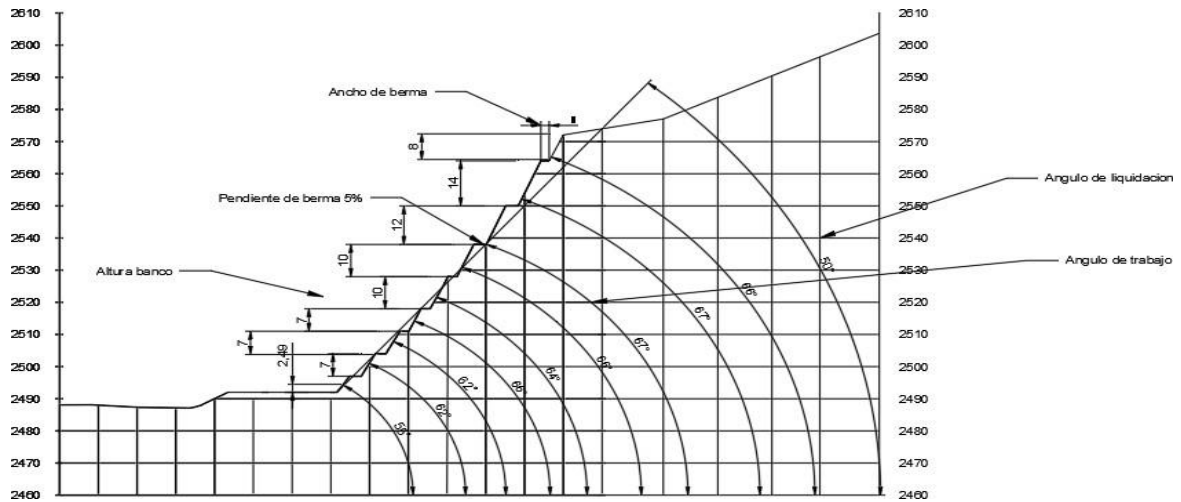


Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Diseño geométrico de estabilización

Figura 30.

Factor de seguridad



Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo para la obtención del factor de seguridad de la fase 1, el cual nos dio como resultado de 1,24.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los diseños ejecutados

A continuación, se procede al análisis de los resultados obtenidos de los diseños presentados con anterioridad, para así poder determinar el diseño que mejor se adapte a las necesidades de estabilidad requeridas de la zona.

4.1.1 Diseño 1

Figura 31.

Diseño de zona de estabilidad 1



Fuente: Elaboración propia

En la zona de estabilidad 1, se puede visualizar 10 bancos simétricos de 5 m cada uno, los cuales constan de un ángulo de trabajo de 69° con bermas de seguridad de 2 m y con una inclinación del 5% para el desfogue del agua. Además, la zona de estabilidad uno está comprendida entre las cotas 2588-2538.

A la finalización del cierre y estabilidad de los taludes se extraerá un volumen

para la zona 1 de 14348.49 m³.

Figura 32.

Diseño de zona de estabilidad 2



Fuente: Elaboración propia

En las zonas de estabilidad 2, se puede visualizar 9 bancos simétricos de 5 m cada uno, los cuales constan de un ángulo de trabajo de 69° con bermas de seguridad de 2 m cada con una inclinación del 5% para el desfogue del agua. Además, la zona de estabilidad 2 está comprendida entre las cotas 2520-2475.

A la finalización del cierre y estabilidad de los taludes se extraerá un volumen para la zona 2 un de 28816.47 m³.

Para la modelación de nuestros diseños, se ocuparon los softwares AutoCAD y Civil 3D, lo cual nos permitió obtener una perspectiva bien definida de los diseños finales.

4.1.1 Diseño 2

Figura 33.

Modelación del diseño 2



Fuente: Elaboración propia

De igual manera para la modelación de este diseño alternativo, se ocuparon los softwares AutoCAD y Civil 3D.

En este diseño se puede visualizar 9 bancos, los cuales constan de un ángulo y altura de bancos de trabajo variables, con bermas de seguridad de 3 m cada una las cuales tienen una inclinación del 5% para el desfogue del agua. La zona de estabilidad está comprendida entre las cotas 2572-2492.

A la finalización del cierre y estabilidad de los taludes se extraerá un volumen de 55295.61 m³.

4.2 Presentación del diseño óptimo

Después de realizar los análisis respectivos de los diseños presentados anteriormente, se pudo concluir que el diseño 1 es la opción que mejor se adapta para la viabilidad de este proyecto, a pesar de que ambos diseños cuentan con un factor de

seguridad mayor a 1 son otros los parámetros que favorecen la elección del diseño 1.

El diseño escogido, se adapta mejor a la topografía del terreno, lo cual nos permite tener un diseño asequible a la hora de realizar el cierre ya que es simétrico en todas las características tales como: altura de bancos, ángulo de liquidación, ángulo de banco en trabajo, ancho, pendiente de bermas y, además, el volumen de extracción es menor al diseño 2, lo cual nos ahorrara costos y tiempos a la hora de su ejecución.

Figura 34.

Diseño de la zona de estabilidad 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 35.*Diseño de la zona de estabilidad 2***Fuente:** Elaboración propia

4.3 Revegetación

La selección de plantas para la rehabilitación de canteras es un proceso importante que debe basarse en una serie de factores, entre los que se incluyen los objetivos de la rehabilitación y el uso final de la tierra.

Definir los objetivos de la rehabilitación de canteras puede variar en función de la ubicación y el contexto específico del sitio. En algunos casos, el objetivo puede ser restaurar el ecosistema original, mientras que en otros puede ser crear un nuevo ecosistema que sea compatible con las actividades humanas.

Mientras que el uso final de la tierra determinará el tipo de vegetación que se debe utilizar. Por ejemplo, si la tierra se va a utilizar como área recreativa, se necesitarán especies que sean resistentes al tráfico peatonal y vehicular o a especies silvestres que se encuentren en la zona (A. L. Morales y M. Hantke Domas, "Guía metodológica de cierre de minas", Documentos de Proyectos(LC/TS.2020/166), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.)

4.3.1 Diseño e implementación de cerca agroforestal

Las cercas agroforestales son arreglos lineales de árboles o arbustos con la finalidad de ser un sostén del terrero y brindar cobertura vegetal los mismos que brindan diversidad de productos cumpliendo funciones importantes como la delimitación de propiedades, división de usos del suelo, producción de productos maderables, fuentes de alimento para consumo humano y animal, sirven de corredores para el movimiento de animales, fijan carbono atmosférico y mejoran el paisaje, sin embargo para el diseño de cercas vivas se pueden clasificar de acuerdo a la variedad y cantidad de especies; por lo tanto, se recomienda la poda parcial para mantener vigentes los beneficios de las cercas vivas. Sin embargo, esta propuesta sería recomendable ya que nos brindan muchos beneficios en especial delimitando y sosteniendo los terrenos.

4.3.2 Implementar cerca Agroforestal para delimitación de la cantera en San Juan

Restaurar ecológicamente los alineamientos de la cantera con el fin de controlar la erosión de suelos dentro de la cantera San Juan.

4.3.3 Reducir costos de mantenimiento

La propuesta de incorporación de cercas agroforestales, se hace en base a los factores climáticos que existe en esta zona, ya que la cantera se encuentra en una zona apta para algunas especies que son adaptables al tipo de suelo y a los diferentes factores climáticos como: temperatura, precipitación, velocidad del viento etc. También se hizo en base a la distribución de terrenos ya que ciertos porcentajes de suelos están destinados a diferentes utilizaciones y por ende sería necesario delimitarlos con cercas vivas.

4.3.4 Presupuesto

Tabla 8.

Presupuesto para forestales

Rubro para manejo de Forestales				
Rubro	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Plantas (Cipres)	U	98	0.4	39.2
Plantas (Aliso)	U	200	0.2	40
Mano de obra (28 plantas/día). Transporte	Día	10.6	15	159
Transporte de plantas	Valor por km	1	15	15
Planta	U	3	0.04	0.12
Barreta	U	3	0.05	0.15
Pico	U	3	0.05	0.15
Carretilla	U	1	0.05	0.05
Nitrato de amonio	Sacos de kg	0.54	38	20.52
Super fosfato triple	Sacos de kg	0.54	38	20.52
Fertilizante orgánico (Gallinaza)	Sacos de kg	21	1.5	31.5
Muriato de potasio	Sacos de kg	0.54	40	21.6
Asesoría técnica	Técnico	1	25	25
Otros	Día	2	10	20
Total				392.81

Fuente: Elaboración propia

Algunas plantas recomendadas para cercas agroforestales son: Aliso, Ciprés entre otras plantas, debido a que son plantas adaptadas a esa zona y los factores climáticos del mismo son aptas para dichas plantas.

En esta inversión inicial del primer año se considerarán los gastos provenientes de la siembra, la mano de obra, entre otras, en el segundo año también existen pérdidas ya que no tenemos ingresos y dentro de este año también se toma en cuenta que las diferentes plantas utilizadas como cercas vivas necesitan mantenimiento como la poda entre otros factores por lo que se sigue teniendo pérdida, más no podremos ver beneficios económicos en los primeros años del cultivo sin embargo nos van a

proporcionar sombra que ayudara a el vienes animal, en donde el ganado bovino podrá refrescarse en los días de sol y además que estas especies maderables aportaran sostén al suelo, aporta materia orgánica que nos ayudará a mejorar las condiciones edafológicas y un reciclaje de nutrientes.

Figura 36.

Zona a ser intervenida



Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Consideraciones adicionales

Además de los factores mencionados anteriormente, también se deben considerar las siguientes consideraciones al seleccionar plantas para la rehabilitación de canteras:

Condiciones edáficas y climatológicas: Se deben seleccionar especies que sean adecuadas para las condiciones climáticas y del suelo del sitio, en esta zona predominan especies epifitas tales como musgos, líquenes, helechos, ciprés, alisos, entre otros debido a que el clima presente en la parroquia en la parte baja es subtropical y en la parte alta templado contando con tan solo 3 meses de sequía y precipitaciones constantes el resto del año lo hace ideal para la siembra. En lo que respecta a la fauna se pueden encontrar zorrillos, conejos, cuyes de monte, puercoespín, entre otros.

Propiedades del suelo: Se deben seleccionar especies que sean capaces de

colonizar y mejorar las propiedades del suelo.

Tipo de roca: Se deben seleccionar especies que sean tolerantes a las condiciones del suelo que se encuentran en las canteras, como los suelos pobres en nutrientes o los suelos con altos niveles de contaminación.

Especies exóticas: Se deben evitar la introducción de especies exóticas, ya que pueden causar desequilibrios en el ecosistema. (Guilcapi Soto, 2017)

4.4 Reutilización del lugar

Para la reutilización del lugar se sugiere la creación de 2 espacios recreativos tales como un parque y una cancha de uso múltiple, para que la comunidad y sus alrededores puedan hacer uso de estos lugares de ocio en sus tiempos libres.

Figura 37.

Reutilización del lugar en espacios recreativos

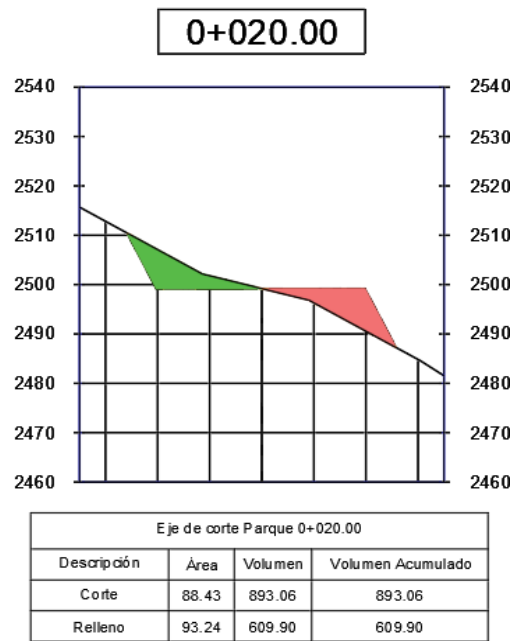
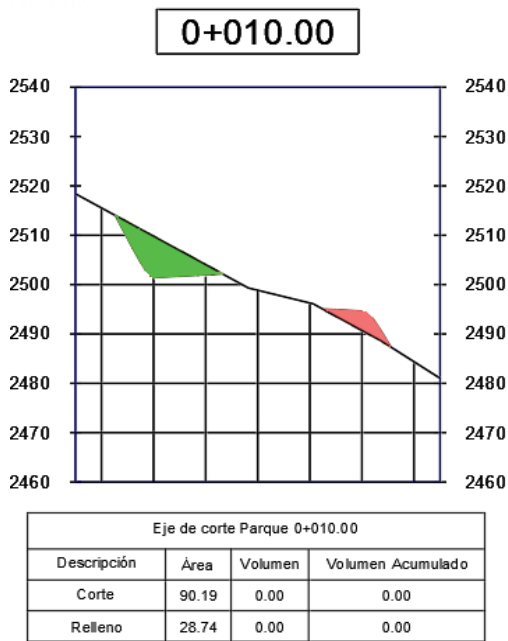


Fuente: Elaboración propia

Debido a las condiciones del terreno para la implementación de estos espacios se necesita el movimiento de tierras para la creación de plataformas en las cuales se van implementar los diseños propuestos, estos movimientos de tierras se lo realizo de la siguiente forma:

Figura 38.

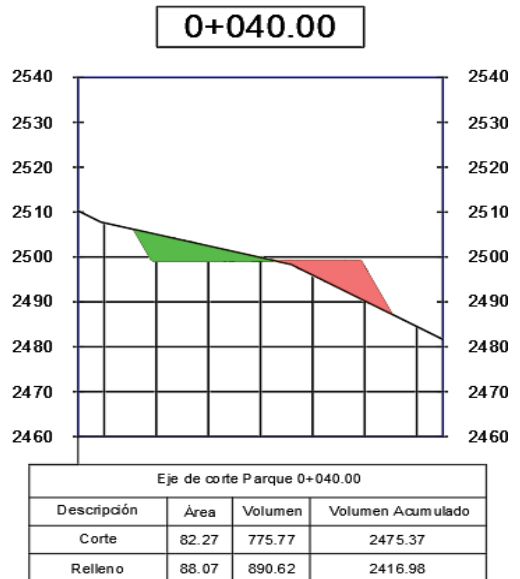
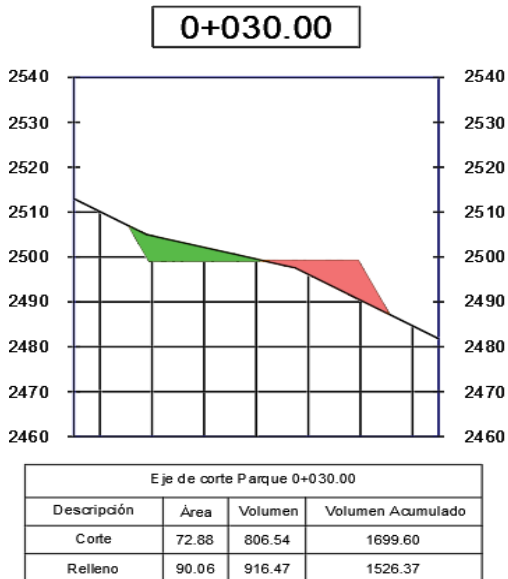
Movimiento de tierra I



Fuente: Elaboración propia

Figura 39.

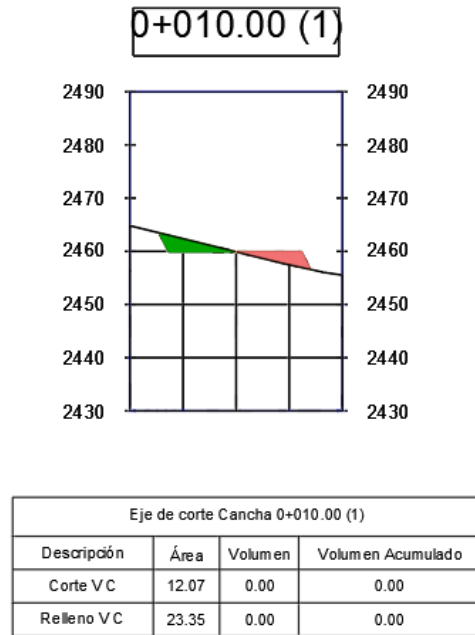
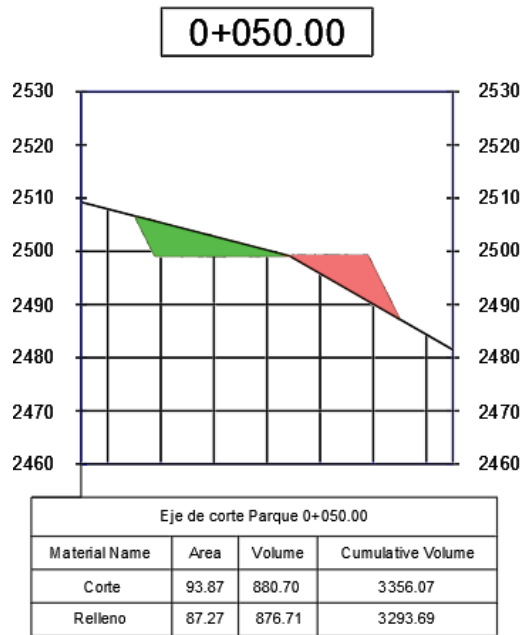
Movimiento de tierra II



Fuente: Elaboración propia

Figura 40.

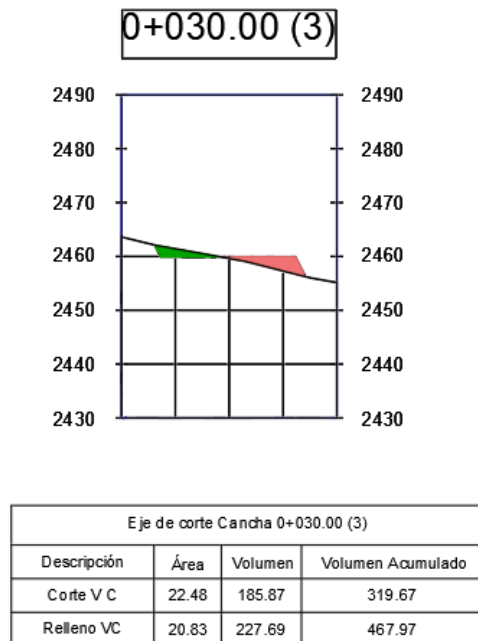
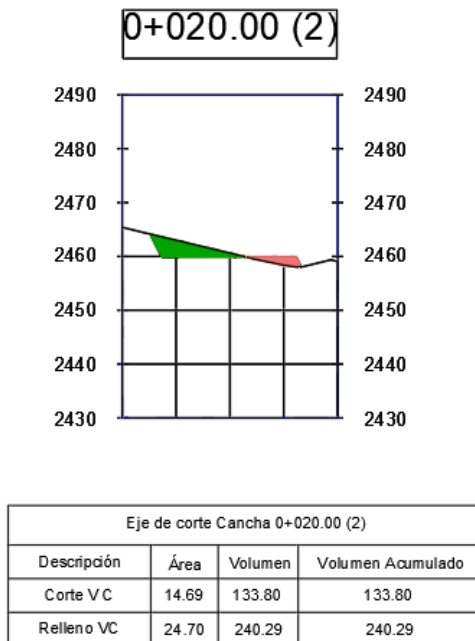
Movimiento de tierra III



Fuente: Elaboración propia

Figura 41.

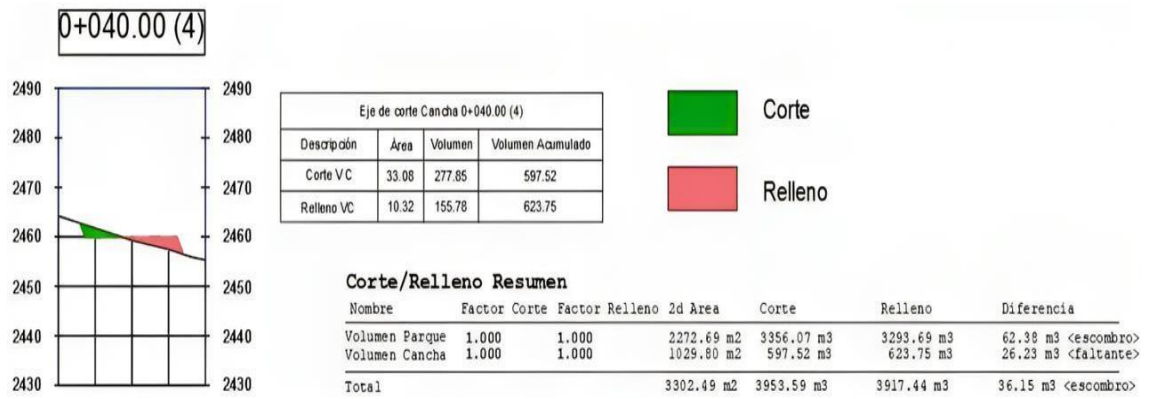
Movimiento de tierra IV



Fuente: Elaboración propia

Figura 42.

Movimiento de tierra V



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento topográfico del libre aprovechamiento “Peña Blanca”, ubicado en San Juan, para su posterior modelación y conocer el estado actual de la cantera.

Se realizó el diseño de 2 alternativas de cierre mediante el software AutoCad-Civil3D que cumplan con las condiciones óptimas de estabilidad.

Se concluyó que para la elección del diseño óptimo se debe tener en consideración el factor de seguridad mayor a 1.

Se escogió el diseño 1 como el más óptimo ya que cumple con las condiciones de seguridad establecidas; además la cantidad de material removido en el proceso es menor, por lo tanto, se reduce tiempo y costos a la hora de su ejecución.

Se concluyó la implementación de cercas agroforestales para la delimitación de los límites de la cantera.

RECOMENDACIONES

Para una mayor estabilidad en la zona intervenida se recomendaría la utilización de una malla de seguridad para evitar el desprendimiento de material y así aumentar la seguridad de los taludes de los diseños presentados.

Se recomienda el uso de vegetación nativa de la zona que sea resistente al clima y que no tengan un alto costo de mantenimiento.

Además de los métodos de reforestación presentados para la revegetación de la zona intervenida se recomienda también la revegetación de los taludes, ya que nos ayudaría en la estabilización de los mismos, en mitigar la carga de agua de estos y reducir el impacto visual causado por la explotación.

Se recomienda que, para un mejor aprovechamiento del lugar fue la creación de una cancha de uso múltiple y un parque recreativo pensando en la comunidad y los lugares aledaños en los que todos puedan compartir y disfrutar de estos espacios.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Gualaceo. (2021). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Gualaceo*. <https://www.gualaceo.gob.ec/pdot-gualaceo-2021/>
- Alcaldía de Gualaceo. (s. f.). *Desastre de La Josefina*.
<https://www.gualaceo.gob.ec/gualaceo/la-josefina/>
- Armstrong, J., & Menon, R. (1998). Minas y Canteras en Oficina Internacional del Trabajo (Ginebra), *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.
<https://www.insst.es/documents/94886/161971/Sumario+del+Volumen+III.pdf/657d0608-26d1-4ab6-9491-33a78383b1ac?t=1526457368117>
- Asamblea de Vecinos Autoconvocados de ESQUEL por el No a la Mina. (2012, febrero4). *San Juan de Gualaceo decidirá sobre minería el 11 de marzo*. No a la mina. La montaña sigue en pie.
<https://noalamina.org/latinoamerica/ecuador/item/8215-san-juan-de-gualaceo-decidira-sobre-mineria-el-11-de-marzo>
- Bermeo Chiriboga, E. B. (2017). *Planeación minera para el diseño de explotación de la cantera de libre aprovechamiento de lastre “Cochapamba” código 10000164 del GAD Municipal del cantón Cuenca* [Tesis de Grado, Universidad del Azuay]. Dspace de la Universidad del Azuay.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7421>
- Civil Software Solutions SC. (2023). *CivilCAD ¿Cómo funciona?* CivilCAD.
<https://civilcad.com.mx/>
- Construmática. (2018). *Tipos de Áridos*. CONSTRUMÁTICA. Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
https://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_de_%C3%81

ridos#.C3.81ri dos_Naturales

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Juan del Cid. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*

Guilcapi Soto, P. E. (2017). *Propuesta conceptual: plan de cierre de mina y rehabilitación del área minera “Alondra del Rey”* [Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial].

https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13951/1/68445_1.pdf

Herrera Herbert, J., & Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. <https://oa.upm.es/10675/>

Jara Carrera, G. (2017). *¿Qué es y para qué sirve AutoCAD Civil 3D?* [Linkedin].

<https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara-/?originalSubdomain=es>

Julca Zuloeta. (2011). *Estimación de costos en el cierre de minas*. Consultor CEPAL.

https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/v_-_estimacion_de_costos_cepal.pdf

Ley de Minería. Ley 45 del 2009. Última modificación: 21 de agosto de 2018. Registro Oficial Suplemento 517.

Maza, D., & Bienzobas, J. (2012). Explotación Sostenible de Canteras y Minas I+D+I. *Rocas y minerales*, 34 – 42.

https://www.unav.edu/documents/14434042/14611288/2012_Rocasyminales_491.pdf/b8e87191-bea6-d8d6-24b3-5b280392542f#:~:text=sIsTEMA%20DE%20ExpLoTACIón%20por%20CHIMEnEA,tránsito%20vertical%20por%20grave-%20dad.

Mena, E. (2017). *Definición Sobre Cantera*.

<https://es.scribd.com/document/365036636/Definicion-Sobre-Cantera>

Morales, A. L. & Hantke Domas. M. (2020). *Guía metodológica de cierre de minas*. Naciones Unidas.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/766a85c7-5ac4-4cd4-874a-f06c6c2060c6/content>

Redacción El Comercio. (2009, 21 de noviembre). *La actividad minera sin control fue la causante del desastre en La Josefina*. El Comercio.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/actividad-minera-control-causante-del.html>

Redacción TRANSYCA. (2018). *El uso de áridos en la construcción*. TRANSYCA S.L. <https://transycasl.com/blog/el-uso-de-%C3%A1ridos-en-la-construcci%C3%B3n>

Regalado, L. (2012, 21 de junio). *Legislación ambiental ecuatoriana*. El Diario.

<https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/233256-legislacion-ambiental-ecuatoriana/#:~:text=Desde%20el%20a%C3%B1o%201999%2C%20se,a%20la%20protecci%C3%B3n%20de%20los>

Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, Ministerio Ambiente. Acuerdo Ministerial 37 de 2014. Última modificación: 18 de septiembre de 2014. Registro Oficial Suplemento 213

Roncallo, L. (2017). *Canteras en San Carlos de Bariloche: evaluación de la situación actual y propuesta para el plan de cierre de una cantera* [Proyecto Final Integrador, Río Negro Universidad Nacional]. Repositorio Institucional Digital. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/447>

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). Decreto

Ejecutivo 3516 de 2003. Última modificación: 29 de marzo de 2017. Registro
Oficial Edición Especial 2

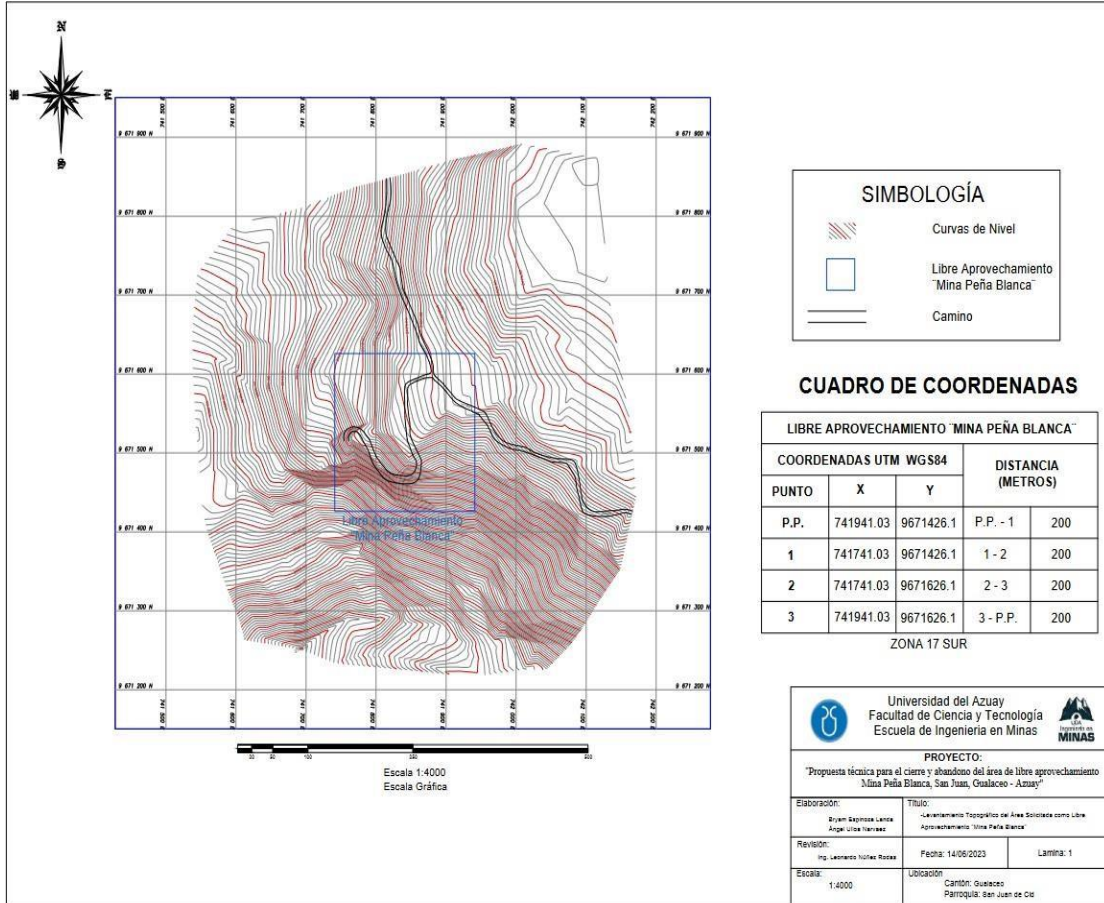
Yepes Piqueras, V. (2020). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y
estructuras de contención* (2da ed.). Editorial Universitat Politècnica de
Valencia.

[https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf?s
equence=1&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

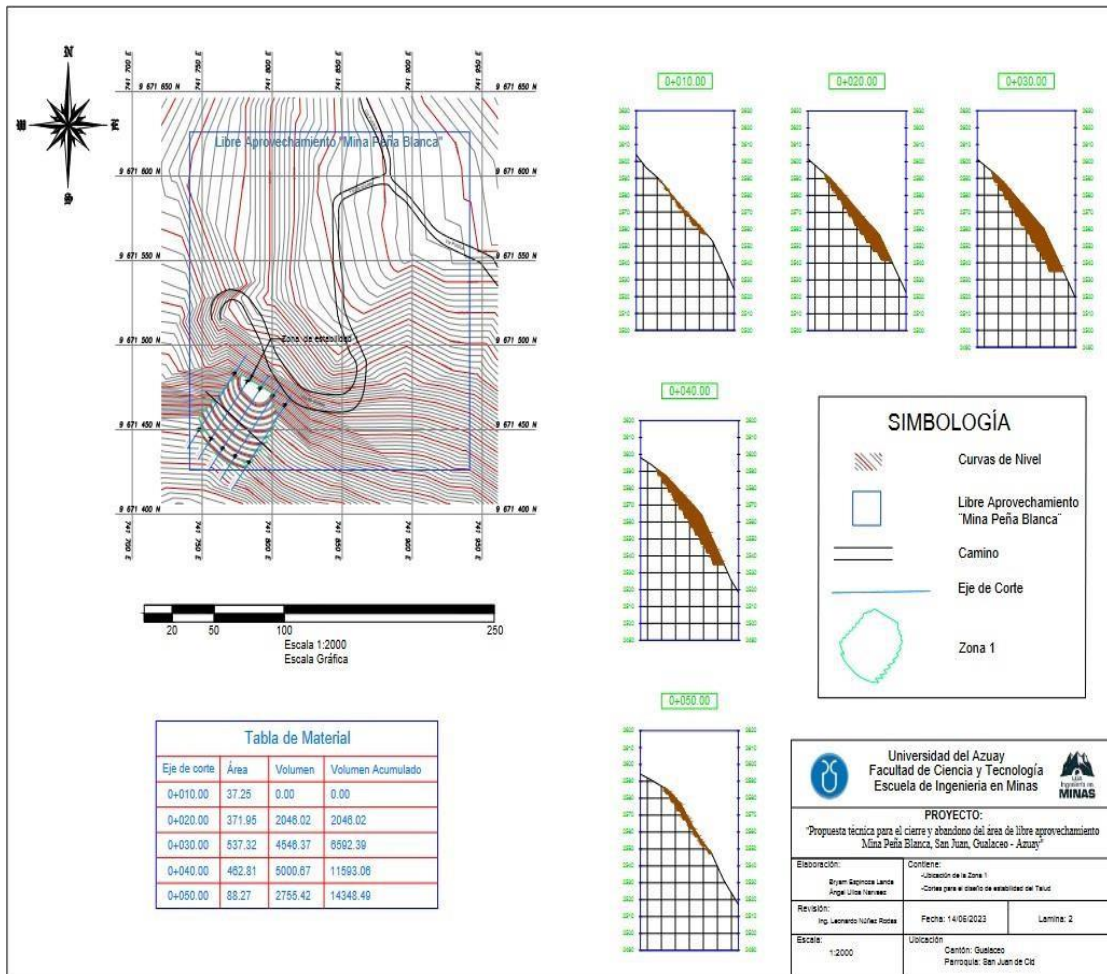
ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento Topográfico del Área Solicitada como Libre Aprovechamiento

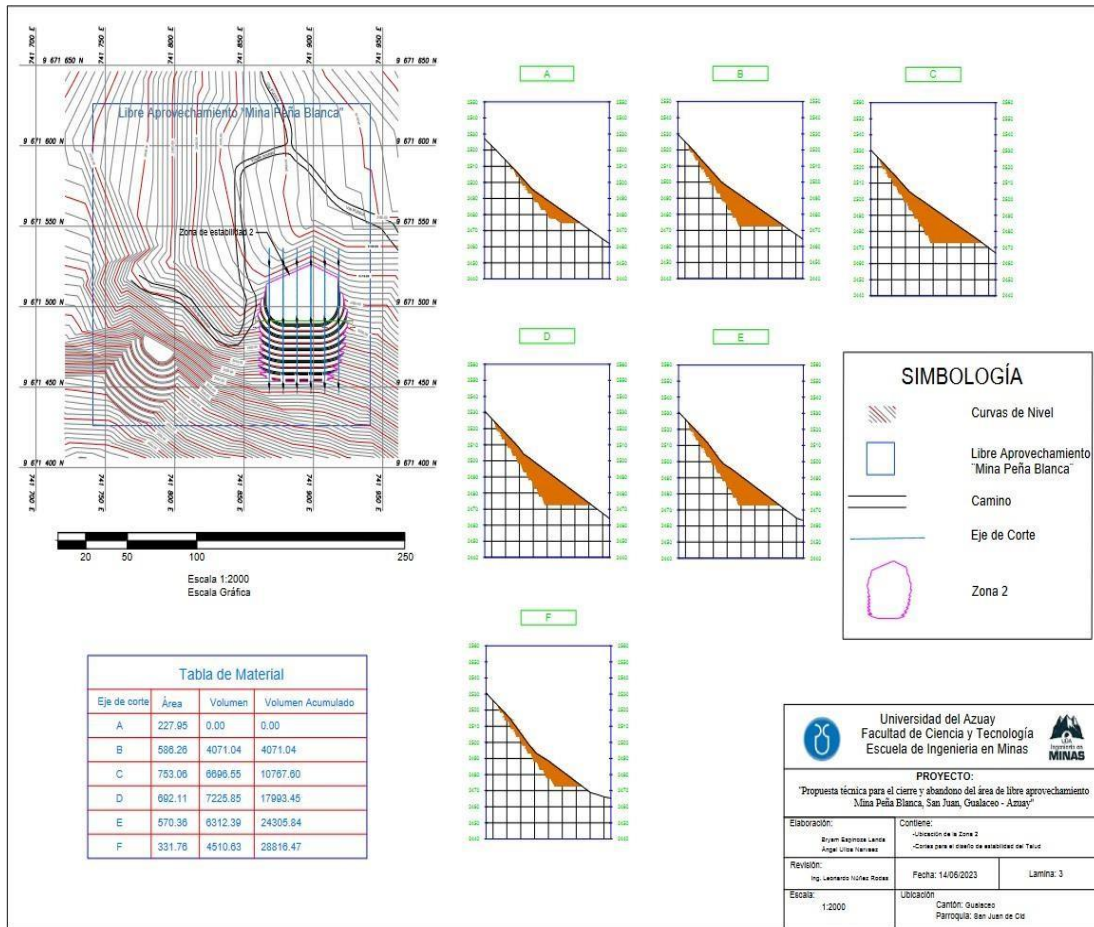
"Mina Peña Blanca"



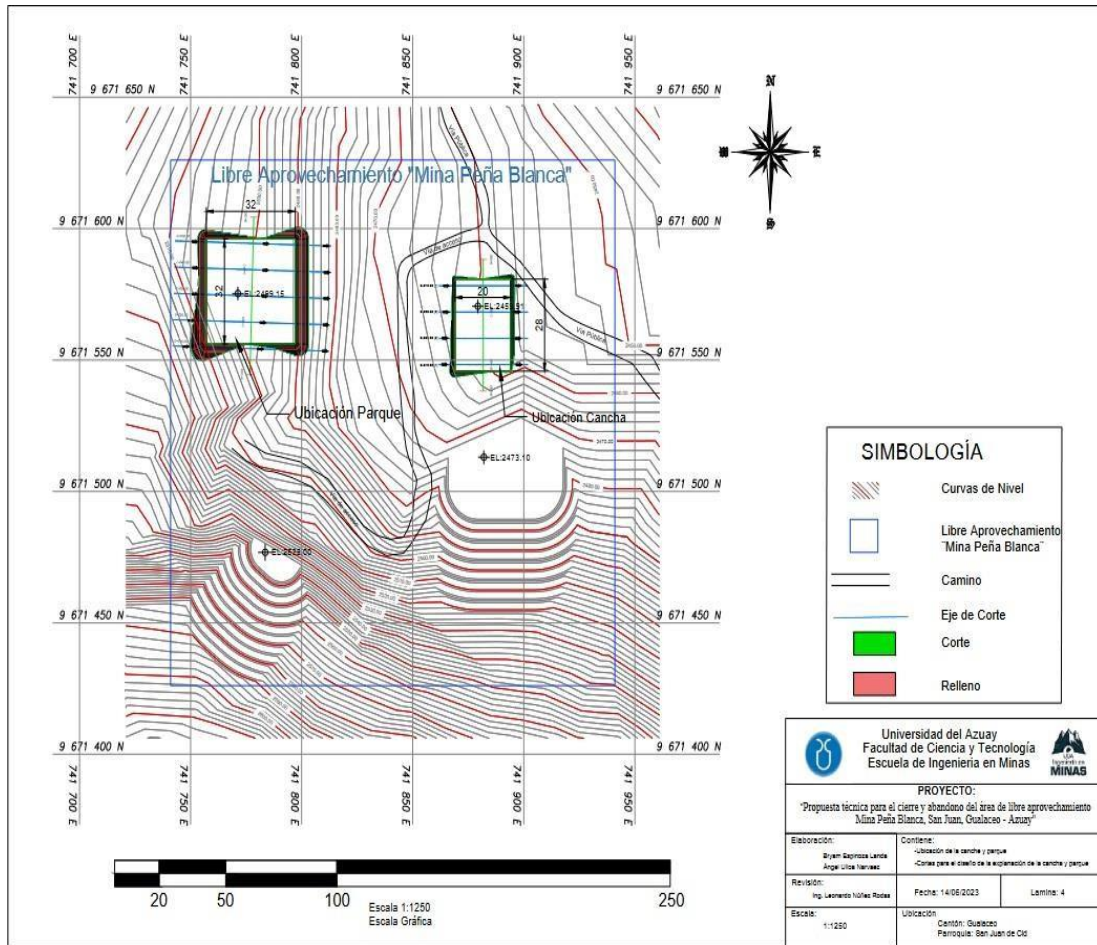
Anexo 2. Ubicación de la Zona 1 y Cortes para el diseño de estabilidad del Talud



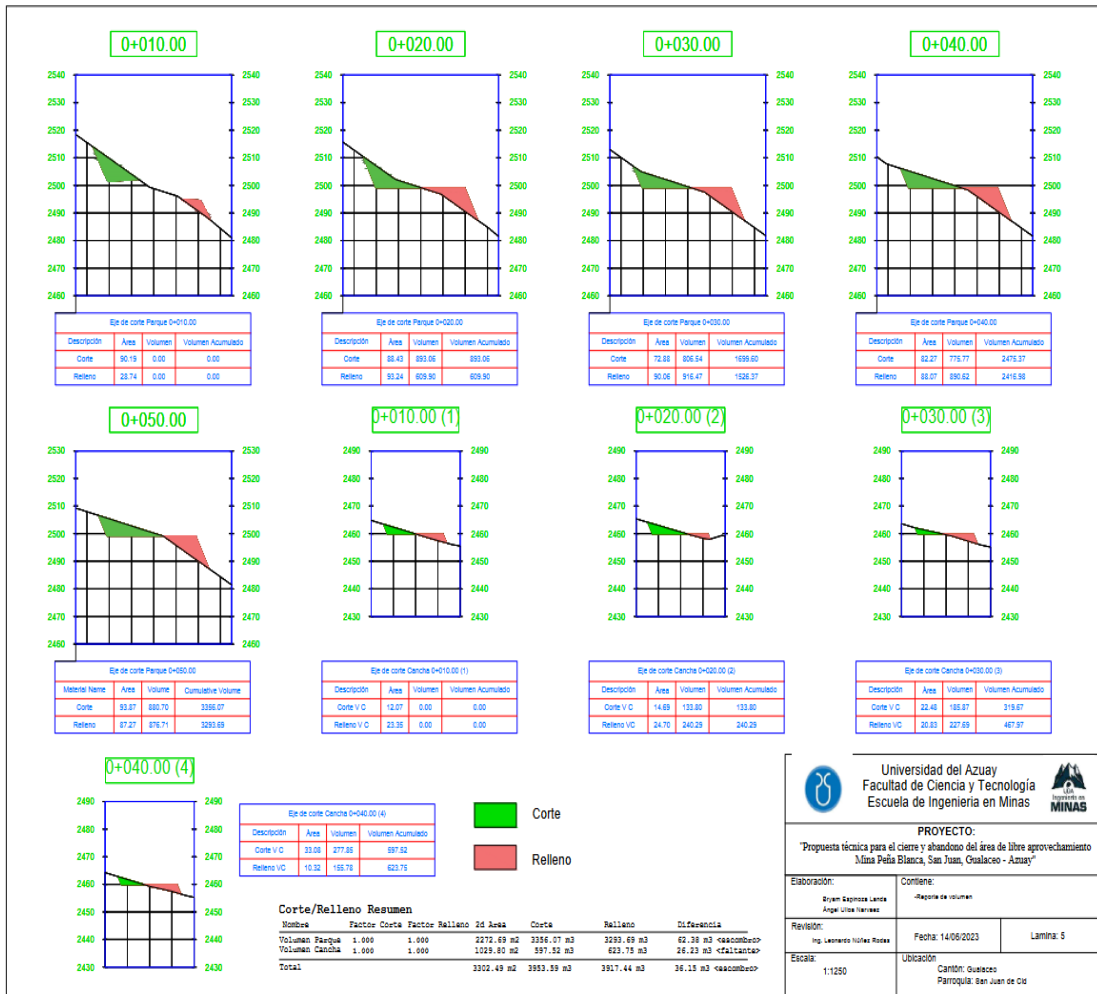
Anexo 3. Ubicación de la Zona 2 y Cortes para el diseño de estabilidad del Talud



Anexo 4. Ubicación de la cancha y parque y Cortes para el diseño de la explanación de la cancha y parque



Anexo 5. Reporte de volumen



Anexo 6. Propuesta de diseño de parque y cancha de uso múltiple



Anexo 7. Vistas 3D

