

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Prospección, evaluación de recursos y propuesta de diseño de explotación para materiales áridos y pétreos en la provincia del Azuay

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Ingeniero de Minas

Presentado por:

Auquilla Herrera Luis Antonio

Van den Berg Cedillo Byron Lenin

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mi padre y a mi madre que me dieron la vida y me han dado los medios y las fuerzas para alcanzar mis metas, a mi familia que ha estado para apoyarme y darme una mano en los momentos difíciles, a mis amigos Hernán, Miguel, Alex, Paula, Marny, Doménica y Katherine que desde el día cero han formado parte de mi familia y me han motivado a seguir en este camino y en general a la vida que me ha dado muchas oportunidades para salir adelante.

Luis Antonio Auquilla

Quiero dedicar este logro a las personas más importantes en mi vida. mi amada hija, madre y a mi amada “tiamama”, quién siempre me ha inculcado valores desde mi niñez junto con mi querido “tiopapa”(+) , además a cada persona que ha pasado y compartido conmigo en el transcurso de toda mi vida estudiantil.

Byron Lenin Van Den Berg

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al tutor del proyecto, el MS.c. Christian Alvear por haber contribuido con su experiencia y tiempo en el presente proyecto, además queremos agradecer a la Dra. Paolo Romero, Dra. Silvia Loaiza y MS.c. Samantha Jiménez, docentes claves en nuestra formación académica y profesional durante nuestra trayectoria como estudiantes en ESPOL y a quienes, directa o indirectamente han aportado un granito de arena para hacer posible el presente proyecto integrador.

Autores

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Luis Antonio Auquilla Herrera* y *Byron Lenin Van Den Berg Cedillo* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Luis Antonio Auquilla Herrera



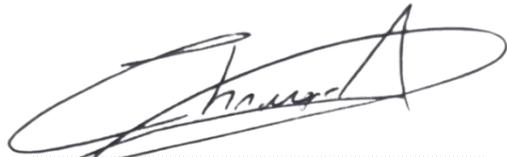
Byron Lenin Van Den Berg Cedillo

EVALUADORES



MS.c. Samantha Jiménez

PROFESOR DE LA MATERIA



MS.c. Christian Alvear Gallardo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente estudio busca determinar un prospecto minero cuyos materiales y características sean compatibles con las especificaciones técnicas y legales requeridas para ser utilizados como materiales de construcción en obras públicas y privadas. Su finalidad es evaluar los recursos mineros existentes y proponer un diseño de explotación para el aprovechamiento minero de materiales áridos y pétreos.

Esto se logró mediante prospección inicial utilizando herramientas de información geográfica que delimitaron la zona y geología de interés dentro de la parroquia Quingeo ubicada en el cantón Cuenca, zona que fue analizada técnicamente, tomando en cuenta factores geológicos, geográficos, viales y demográficos.

El proyecto presentó resultados geológicos favorables, analizados en laboratorios certificados y cumpliendo con la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), calificando a 1.2 millones de metros cúbicos de recursos mineros como materiales competentes para base, subbase, como material granular para la elaboración de hormigones, agregados para mezclas asfálticas y bituminosas y como material original para superficies de áridos no tratados, además mostró una geografía óptima para un diseño minero utilizando el método de explotación de canteras en bancos descendentes, mismo que se determinó haciendo uso de herramientas topográficas de precisión, estaciones geomecánicas, elaboración de calicatas y estudios de estabilidad.

Además, presentó un análisis vial y demográfico favorable determinando la vialidad del proyecto minero para el aprovechamiento de materiales de construcción, obteniendo materiales de mejor calidad, incurriendo en la mejora de la calidad de las construcciones ingenieriles y reduciendo la distancia y el tiempo de acarreo actual generando una reducción en los costos operativos.

Palabras Clave: Prospecto minero, áridos y pétreos, minería, evaluación de recursos mineros, diseño de explotación.

ABSTRACT

The present study seeks to determine a mining prospectus whose materials and characteristics are compatible with the technical and legal specifications required to be used as construction materials in public and private works. Its purpose is to evaluate the existing mineral resources and to propose an exploitation design for the mining of arid and stony materials.

This was achieved by initial prospecting using geographic information tools that delimited the area and geology of interest within the Quingeo parish located in the Cuenca canton, an area that was technically analyzed, taking into account geological factors, geographical, road and demographic.

The project presented favorable geological results, analyzed in certified laboratories and complying with the Ecuadorian Road Standard (NEVI), qualifying 1.2 million cubic meters of mining resources as competent base materials, sub-base, as granular material for concrete production, aggregates for asphalt and bituminous mixtures and as original material for untreated aggregate surfaces, In addition, it showed an optimal geography for a mining design using the method of quarrying on the downstream banks, which was determined by using precision topographic tools, geomechanical stations, limestone production and stability studies.

In addition, it presented a favorable road and demographic analysis determining the road quality of the mining project for the use of construction materials, obtaining better quality materials, incurring in the improvement of the quality of the engineering constructions and reducing the distance and the current time of transport generating a reduction in the operating costs.

Keywords: Mining prospectus, aggregates and stone, mining, mining resource evaluation, exploitation design.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Ubicación.....	4
1.4.2 Geología.....	5
1.4.3 Clima.....	6
1.4.4 Temperatura.....	7
1.4.5 Zonas de restricción minera.....	8
1.4.6 Normativas aplicables al proyecto.....	12
1.4.7 Parámetros generales de minería.....	17
CAPÍTULO 2.....	23
2. Metodología.....	23

2.1	Delimitación de la zona de estudio	23
2.2	Delimitación de geología de interés.....	24
2.3	Parámetros de estudio para viabilidad técnica.....	25
CAPÍTULO 3.....		29
3.	Resultados Y ANÁLISIS	29
3.1	Ubicación del Área Minera	29
3.2	Estado geológico target 1	30
3.3	Malla de muestreo	31
3.4	Características básicas del material analizado en el laboratorio	32
3.5	Estaciones geomecánicas.....	35
3.6	Topografía	35
3.7	Parámetros geométricos para la propuesta de diseño	35
3.7.1	Profundidad de la zona (H):	35
3.7.2	Altura del banco (Hb):	36
3.7.3	Ángulo de talud del banco (α):.....	36
3.7.4	Número de bancos (Nb):.....	36
3.7.5	Ángulo de liquidación del borde de la cantera (γ):	36
3.7.6	Ancho de la berma o plataforma final (B):.....	36
3.7.7	Caminos y accesos interiores:	37
3.8	Cálculo de recursos mineros	37
3.9	Determinación del factor de seguridad para el talud propuesto	38
3.10	Modelado 3D	40
3.11	Análisis de accesibilidad vial	40
3.11.1	Tramo 1	41
3.11.2	Tramo 2	41
3.11.3	Tramo 3	42

3.11.4	Tramo 4	42
3.11.5	Tramo 5	42
3.12	Análisis de demografía	42
CAPÍTULO 4	44
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
	Conclusiones.....	44
	Recomendaciones.....	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

ABREVIATURAS

ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos No Renovables
BVP	Bosques y Vegetación Protectores
CBR	Californian Bearing Ratio
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
IIGE	Instituto de Investigación Geológico y Energético
MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NEVI	Norma Ecuatoriana Vial
RAAM	Reglamento Ambiental de Actividades Mineras
RMR	Rock Mass Rating
RQD	Rock Quality Designation
SIG	Sistema de Información Geográfica
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
FS	Factor de Seguridad
Kh	Coeficiente de aceleración sísmico horizontal
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
kN	KiloNewton
Kpa	Kilopascal
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación del Proyecto.....	4
Figura 1.2 Mapa geológico del Proyecto.	5
Figura 1.3 Tipos de clima del Azuay.....	7
Figura 1.4 Mapa de áreas restringidas.	9
Figura 1.5 Mapa de concesiones y Polígonos de exclusión minera.	13
Figura 1.6. Relación general entre Resultados de exploración, Recursos y reservas Minerales. Fuente Geoxnet. 2016.	19
Figura 1.7 Secciones para el cálculo de volumen por el método de perfiles. Fuente: Bustillo Revuelta & López Jimeno, 1997.	19
Figura 2.1 Delimitación de la zona de estudio.....	23
Figura 2.2 Mapa de hojas geológicas.....	24
Figura 2.3 Parámetros de estudio para viabilidad técnica.....	25
Figura 3.1 Mapa de ubicación Target 1	29
Figura 3.2 Mapa geológico Target 1	30
Figura 3.3. Malla de muestreo Target 1.....	32
Figura 3.4. Geometría general de la propuesta de diseño.	37
Figura 3.5 Factor de seguridad pseudo – estático recomendado. Fuente: Hynes and Franklin, 1984.....	39
Figura 3.6. Hoja de Ruta desde la planta de asfalto de Cuenca hasta el Target 1.....	41
Figura 3.7. Distribución demográfica espacial. Fuente: Autores.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de clima del Azuay	6
Tabla 1.2 Límites granulométricos para la obtención de Base. Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.	15
Tabla 1.3 Límites granulométricos para la obtención de Subbase. Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.	16
Tabla 1.4 Valores y Coeficientes Sísmicos. Fuente: Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.	22
Tabla 3.1. Características básicas del material Target 1	32
Tabla 3.2. Cumplimiento de normas para los usos del material.	34
Tabla 3.3. Resultados del cálculo del R.M.R	35
Tabla 3.4. Recursos indicados Target 1	38
Tabla 3.5. Parámetros para el cálculo del factor de seguridad Target 1 (Fs)	38
Tabla 3.6. Resultados del análisis de estabilidad Target 1	40

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Levantamiento topográfico área Minera Target 1	65
Plano 2. Diseño de taludes, perfiles y cálculo de reservas.....	66

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El desastre de la Josefina ocurrido en el año 1993 en el cauce del río Cuenca en la parroquia San Cristóbal, cantón Paute al sur del Ecuador, provocado por deslizamiento de tierra y grandes cantidades de material pétreo, creó un dique que taponó varios ríos causando inundaciones que afectaron gran parte de la provincia del Azuay y Cañar, denotándolo como una tragedia nacional debido al gran impacto histórico, geográfico, económico y social ocasionado.

A raíz de este desastre, el Gobierno Nacional declaró a esta área como zona de exclusión minera debido al alto riesgo de deslizamiento que presenta el sector de La Josefina, impidiendo de esta manera el aprovechamiento y explotación de recursos minerales áridos y pétreos en los causes del río Cuenca, Santa Bárbara y Paute pertenecientes a los cantones Cuenca, Gualaceo y Paute.

Este sector fue por muchos años un punto clave para el aprovechamiento y abastecimiento de materiales de construcción para los cantones Cuenca, Paute, Gualaceo, Chordeleg, Guachapala, Sigsig, El Pan y Sevilla de Oro, mismos que se han visto afectados debido a que estos materiales son usados para producir agregados de construcción como base granular, sub base material de mejoramiento, hormigones y material para asfalto, lo que ha generado el interés de cambiar la extracción y aprovechamiento de materiales áridos y pétreos de los causes de los ríos a materiales extraíbles de canteras.

Actualmente, el crecimiento poblacional ha incrementado las actividades ingenieriles de obras públicas y privadas, volviendo una necesidad inmediata a la importancia de extraer materiales áridos y pétreos que permitan la elaboración de estas obras, a esto se le suma que hoy en día la extracción de estos materiales, se trasladó hacia el cantón Santa Isabel, aproximadamente a 80 Km de la planta de asfalto de la ciudad de Cuenca, hecho que genera un incremento de los costos operativos (Transporte de materiales) para gran parte de los cantones del Azuay que se proveen de estos materiales a través de la compra de los mismos al GAD Municipal del Cantón Cuenca, además que, los materiales

de construcción no son de buena calidad debido a la existencia de partículas de arcilla en los bancos de arena que se encuentran en los ríos Ricay, León y Jubones.

El presente estudio busca realizar el levantamiento de un prospecto minero para la obtención de materiales de construcción (roca de cantera, material para base y subbase, agregados para mezclas asfálticas y/u hormigones, etc.) que puedan ser utilizados en la ejecución de obras públicas y privadas.

1.1 Descripción del problema

El crecimiento y desarrollo poblacional ha aumentado la demanda de materiales áridos y pétreos en todo el territorio azuayo. Estos materiales constituyen la materia prima indispensable en la construcción de obras de ingeniería, por lo que deben cumplir con normas que garanticen su calidad. En la actualidad, la provincia del Azuay presenta un déficit de lugares viables para llevar a cabo una explotación y aprovechamiento de materiales áridos y pétreos, ya que existen varios factores que impiden la explotación minera, como polígonos de exclusión, zonas de recarga hídrica, parques nacionales, bosques protectores, zonas de importancia arqueológica, rechazo social, cierre del catastro minero y prohibiciones u ordenanzas que impiden el concesionamiento de nuevos polígonos mineros en zonas aledañas, reduciendo así las áreas de interés explotables para materiales de construcción.

1.2 Justificación del problema

El estudio de prospección, evaluación de recursos y propuesta de diseño de explotación para materiales áridos y pétreos en la provincia del Azuay es pertinente ya que permitirá identificar un prospecto minero técnicamente viable para llevar a cabo el aprovechamiento de materiales de construcción que servirán como materia prima de obras de ingeniería públicas y privadas, reduciendo los altos costos operativos y mejorando la calidad del material, incurriendo en la mejora de la calidad de las obras a ejecutarse.

Los beneficiarios directos serán los cantones ubicados al centro norte y noreste de la provincia del Azuay (Cuenca, Paute, Gualaceo, Chordeleg, Guachapala, Sigsig, El Pan y Sevilla de Oro), cantones que actualmente no cuentan con lugares de libre aprovechamiento o concesiones mineras de materiales áridos y pétreos con propiedades para el aprovechamiento de material para base, subbase, agregados, mezclas asfálticas y/u hormigones, etc.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el estudio de prospección y búsqueda de un depósito de materiales áridos y pétreos para la obtención de agregados de construcción a utilizarse en obras de ingeniería de la provincia del Azuay.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Levantar información de un potencial minero a través de revisión geológica macro para identificar posibles prospectos mineros de materiales de construcción.
2. Determinar un prospecto minero de interés geológico, técnico, económico y social, cuyos materiales y características sean compatibles con las especificaciones técnicas requeridas para materiales de construcción (material para base y subbase, agregados para mezclas asfálticas y/u hormigones, etc.).
3. Evaluar el estado de Recursos Minerales “Medidos” y Reservas Minerales “Probadas” o explotables para un depósito de interés previa clasificación y análisis de depósitos identificados inicialmente.
4. Desarrollar una propuesta de prediseño de explotación para el depósito encontrado.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Ubicación

La provincia del Azuay está ubicada al sur del Ecuador en la región sierra entre las cordilleras Occidental y Oriental, limita al norte con la provincia de Cañar, al sur con la provincia de Loja, al este con las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe y al oeste con las provincias de Guayas y El Oro.

La capital de la provincia es la ciudad de Cuenca, está conformado por 15 cantones y 61 parroquias rurales, la superficie aproximada es de 8.492,76 km². (Gobierno Provincial del Azuay, 2015).

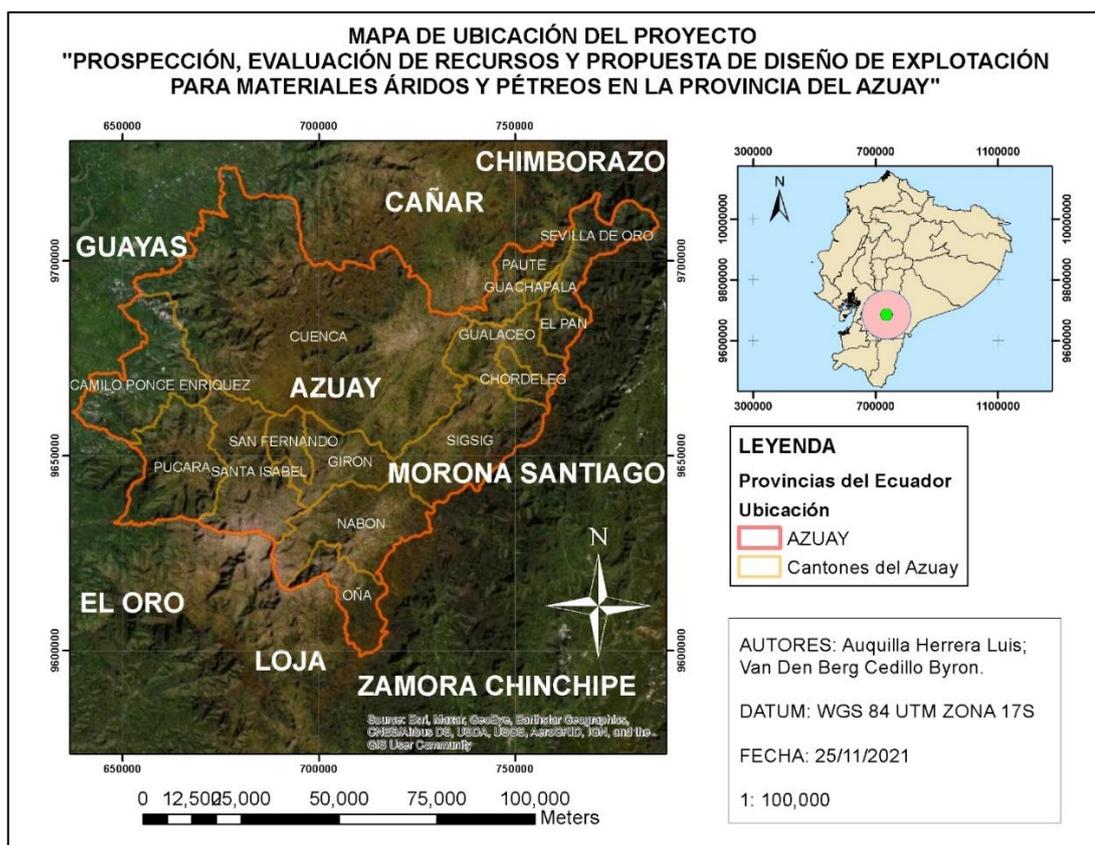


Figura 1.1 Mapa de ubicación del Proyecto.

1.4.2 Geología

Azuay está caracterizado geológicamente por presentar una serie casi ininterrumpida en todas sus formaciones, las cuales van desde el paleozoico hasta formaciones contemporáneas, en dónde las más extendidas forman parte de los pisos superiores del Terciario y a todo el Cuaternario, en cuanto a su volcanismo, históricamente se encuentra desaparecido, sin embargo, hay que tener en cuenta que existen formaciones geológicas frágiles e incompetentes provocando inestabilidad en ciertas áreas, por otra parte se debe considerar que existe actividad intrusiva que se encontró activa durante el Terciario y los principios del Cuaternario; La descripción de las formaciones geológicas se encuentra en el ANEXO A.

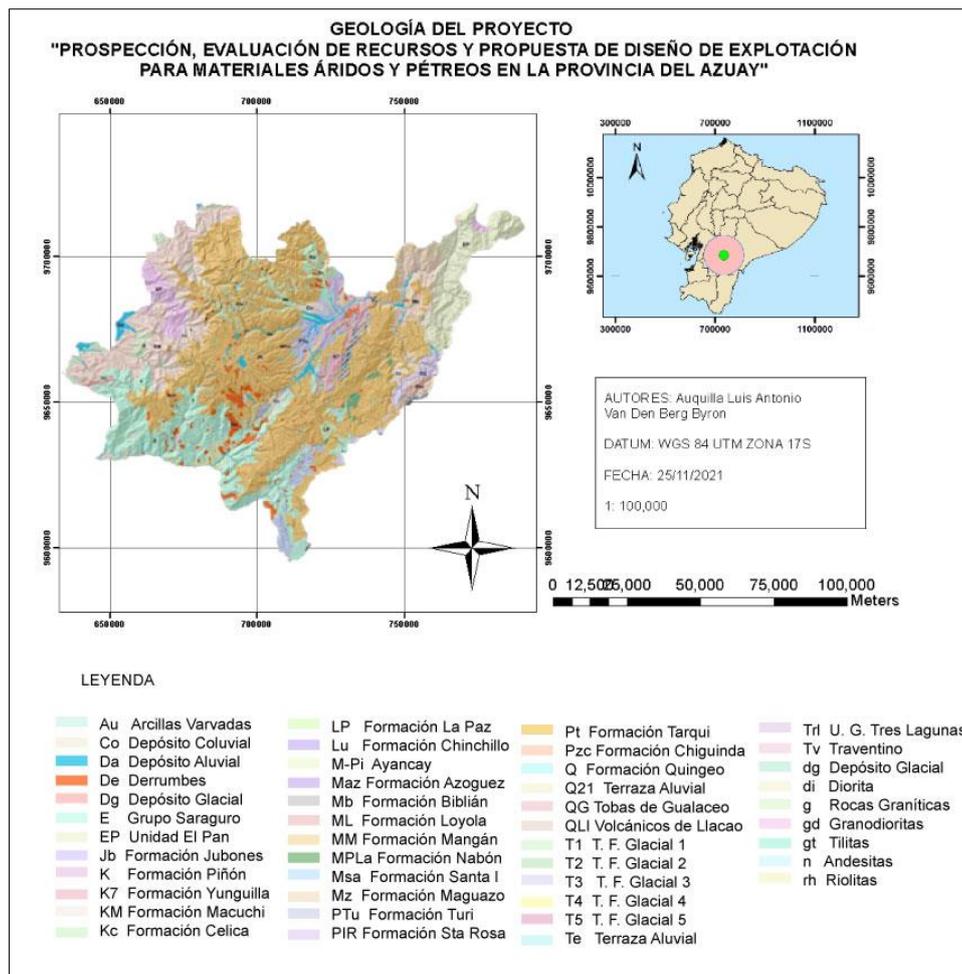


Figura 1.2 Mapa geológico del Proyecto.

1.4.3 Clima

La provincia del Azuay geográficamente está ubicada en un enclave, lo que provoca que el clima varíe debido a factores como la ubicación, altitud, la influencia del régimen amazónico o del Pacífico; dando como resultado 7 tipos de climas de los cuales el predominante es del Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo existente en más del 50% de la superficie provincial.

Tabla 1.1 Tipos de clima del Azuay

TIPO DE CLIMA	ÁREA (hectáreas)	ALTITUD	PRECIPITACIONES	TEMPERATURA
ECUATORIAL MESOTERMICO SECO	50.500	1100 a 2000 msnm	750 a 1500 mm	entre los 12° y 22°C
ECUATORIAL MESOTERMICO SEMI-HUMEDO	89.500	2200 a 3000 msnm	entre 500 y 1600 mm	11° y 15°C
ECUATORIAL DE ALTA MONTANA	54.800	sobre los 3.200 msnm	entre 1000 y 2000 mm	alrededor de 8°C
NIVAL	12.750	sobre los 3500 msnm	matores a 1000 mm	menor a 2°C
TROPICAL MEGATERMICO HUMEDO	12.960	entre los 1500 y 200 msnm	entre los 1000 y 1200 m	superiores a los 24° C
TROPICAL MEGATERMICO SEMI HUMEDO	39.900	entre los 500 y 80 msnm	1.000 y 2.000 mm	superiores a los 24° C
TROPICAL MEGATERMICO SECO	2.497	hasta los 80 msnm	500 a 1000 mm	superiores a los 24° C

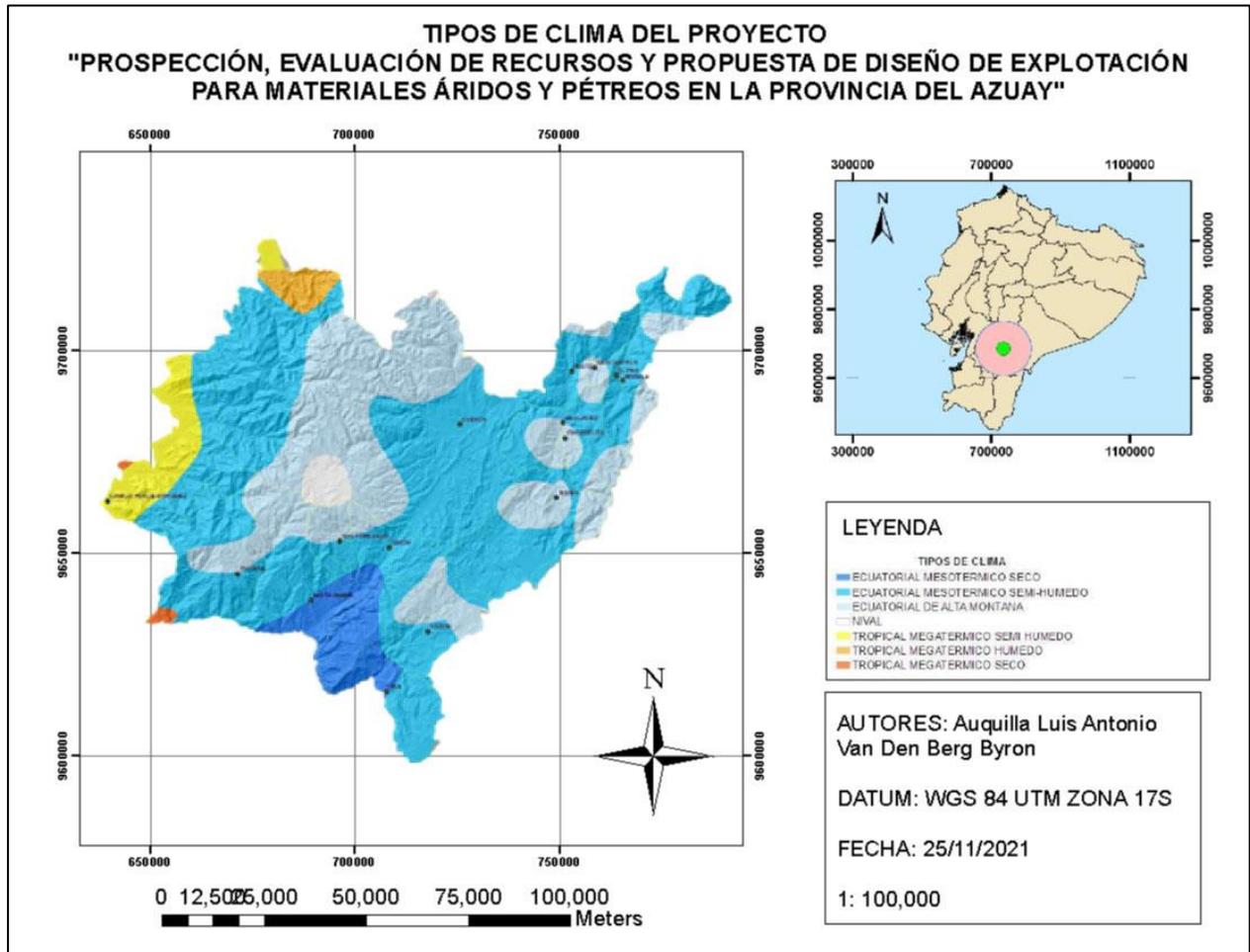


Figura 1.3 Tipos de clima del Azuay.

1.4.4 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros que influye directamente en el tipo de clima descrito anteriormente. En Azuay, existe una variación de temperaturas notables debido a la presencia de zonas de páramo ubicadas en las altas mesetas, siendo estas de alta importancia, debido a que corresponden a zonas de recarga hídrica de la parte alta del río Tomebamba, Machángara, Cañar, Yanuncay y Balao.

Las temperaturas anuales promedio en su punto más bajo marcan valores de hasta 5.6 °C, mientras que las temperaturas más altas marcadas en las estribaciones

occidentales del Azuay rondan en un promedio de hasta 25°C; Por otra parte, la provincia presenta una temperatura promedio anual entre 13° C a 14°C.

1.4.5 Zonas de restricción minera

En el territorio ecuatoriano existen zonas de restricción para las actividades mineras, industriales, entre otras. Estas zonas son protegidas por el estado ecuatoriano y el Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica (MAATE) mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

El SNAP es un conjunto de áreas naturales protegidas que garantizan la cobertura y conectividad de ecosistemas importantes en los niveles terrestre, marino y costero marino, de sus recursos culturales y de las principales fuentes hídricas.

Dentro de estas áreas se encuentran los bosques y vegetación protectores (BVP) que son aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas de dominio público o privado, que estén localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que, por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas, no son aptas para la agricultura o la ganadería, sus funciones son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestres. (SNAP, 2021)

Cabe resaltar que la Constitución de la República del Ecuador establece en el artículo 407 que la actividad minera extractiva de recursos no renovables se encuentra prohibida dentro de áreas protegidas y zonas declaradas como intangibles, donde se encuentra la explotación forestal.

Dentro de la zona de estudio se encuentran las siguientes localidades susceptibles a la actividad minera (Figura 1.4).

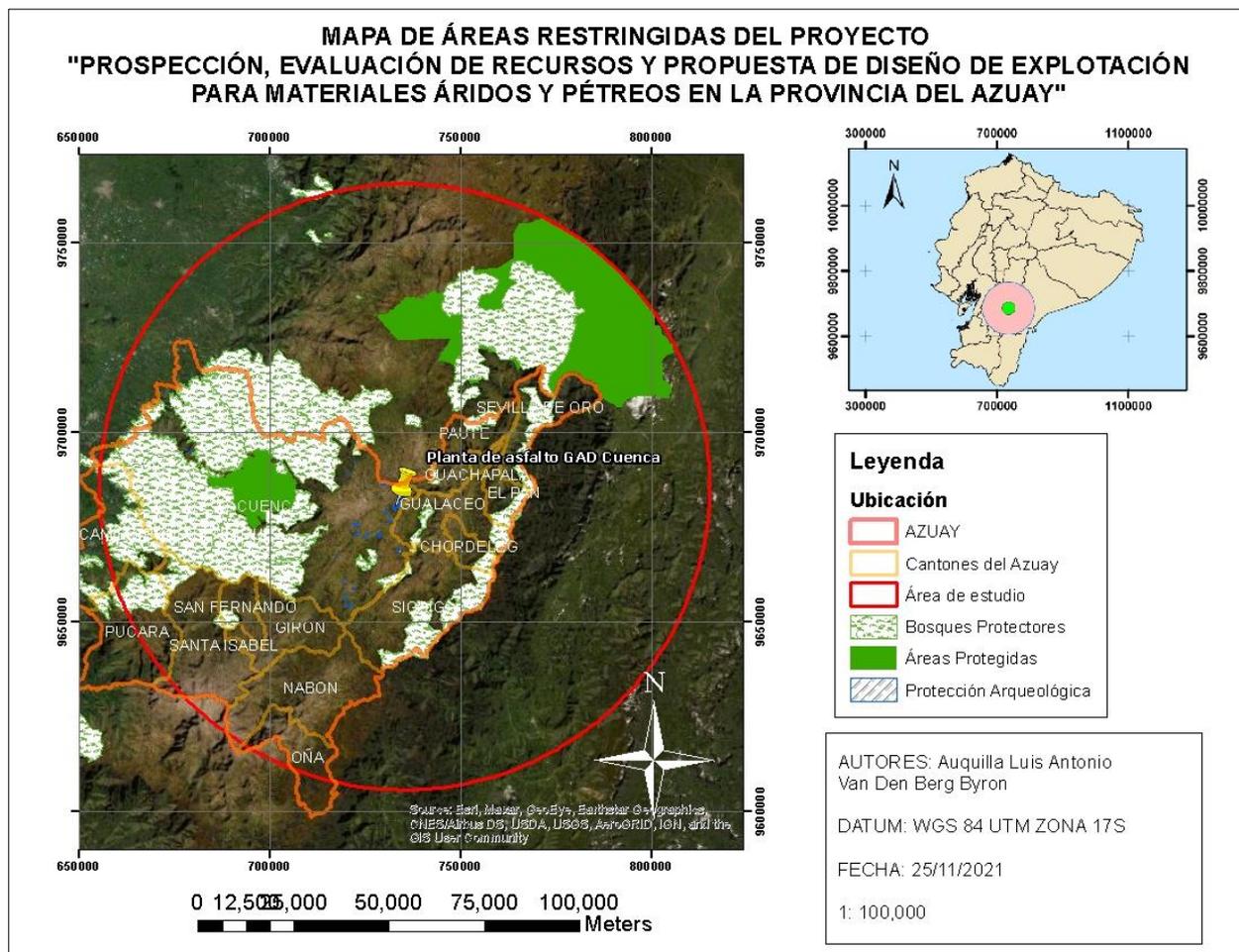


Figura 1.4 Mapa de áreas restringidas.

1.4.5.1 *Parque Nacional Sangay*

El parque se extiende sobre la cordillera Oriental protegiendo páramos, bosques altoandinos y bosques subtropicales. Desde 1983 es considerado un parque nacional, de extraordinaria belleza natural, con dos volcanes activos y toda la gama vertical de ecosistemas, desde los bosques húmedos tropicales hasta los glaciares. Sus paisajes ofrecen sorprendentes contrastes entre cumbres nevadas y selvas de llanura. Por otra parte, su aislamiento facilita la protección de las especies en peligro de extinción como el tapir de montaña y el cóndor de los Andes. (SNAP, 2021)

1.4.5.2 **Parque Nacional Cajas**

El Parque Nacional Cajas está ubicado en la provincia de Azuay, al sur del Ecuador, donde la cordillera de los Andes es más antigua, con menor actividad volcánica y sin los picos elevados, comunes hacia el norte. En esta zona, la cordillera forma extensas altiplanicies de gran belleza donde se acumula grandes cantidades de agua. Se han contado cerca de 165 lagunas con más de 1 hectárea de superficie y 621 con menos de 1 hectárea; son en total 786 cuerpos de agua. Está formado por grandes elevaciones que guardan en su interior sistemas lacustres a manera de enormes cajas interconectadas. Se estima que existen alrededor de 500 plantas vasculares distribuidas en 243 géneros y 70 familias, el equivalente a la mitad de los géneros de plantas vasculares registrados en los páramos. (SNAP, 2021)

Es considerado un centro de endemismo vegetal y de evolución de muchos taxones y, al menos 16 especies de plantas vasculares son únicas del área (12 en peligro de extinción y 4 están amenazadas). Además, 71 especies endémicas de Ecuador están en este lugar. (SNAP, 2021)

El componente de fauna del Parque Nacional Cajas está conformado por: 152 especies de aves, 43 de mamíferos, 15 de anfibios y 4 de reptiles. (SNAP, 2021).

1.4.5.3 **Bosque protector Molleturo Mullopungo**

Andes, en la provincia del Cañar, la población más cercana es La Troncal y la comunidad de Manta Real ocupa la parte baja del bosque, por este motivo también se lo conoce como bosque protector de Manta Real.

Este bosque protector tiene una extensión de 150.000 hectáreas y es uno de los remanentes boscosos más grandes que existen en la vertiente occidental de los Andes. Tiene una temperatura media anual que oscila entre los 18 a 22 grados centígrados. Posee una diversidad biológica de flora y fauna. (Parker & Carr, 2021)

En esta área natural se encuentran especies de plantas en peligro de extinción como las orquídeas de los géneros *Maxillaria*, *Stelis*, *Vainilla*; las Palmas como *Geonoma*, *Jesenia*, *Pholidostachys* y algunas especies de árboles valiosos y con gran potencial comercial, especialmente los de las familias *Bombacaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae* y otras. (Parker & Carr, 2021)

De igual manera existen especies de aves que por su distribución restringida son consideradas endémicas. Por todos estos antecedentes este bosque ha sido considerado a nivel internacional por Bird Life Conservation, como un sitio estratégico para la conservación de aves. (Parker & Carr, 2021)

1.4.5.4 ***Bosque protector Cuenca del río Paute***

El Ministerio del Ambiente y Agua lo reconoce como el Bosque Protector Cuenca del Río Paute, con una extensión más amplia de 8 861 hectáreas. Por su parte los cantones (Paute, Chordeleg, Gualaceo, Guachapala, El Pan, Sevilla de Oro, Santiago, Limón Indanza, en el área de influencia de la Cuenca del Río Paute) cuyos territorios se encuentran sobre esta superficie, con el afán de preservar esta zona ante la inevitable expansión agrícola y minera conforman la Mancomunidad del Collay, en el año 2010. Mediante su directiva se ha venido ejecutando proyectos de variados ámbitos, pero todos con el objetivo de conservación y preservación del área de BVP del Collay. La Mancomunidad cuenta con un reglamento interno y un estatuto para su regulación. (SNAP, 2021)

1.4.6 Normativas aplicables al proyecto

1.4.6.1 Normativas legales

En cuanto al aprovechamiento de materiales áridos y pétreos dentro del territorio ecuatoriano, el artículo 142 de la Ley de Minería dispone que, de conformidad con el artículo 264 de la Constitución los gobiernos municipales asumirán 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 expedido por el Presidente Constitucional de la República. (Asamblea Nacional, 2009)

A esto se le suma que, el artículo 144 de la Ley Minera, expedido para Libres aprovechamientos de materiales de construcción para obras públicas, le otorga poder al Estado directamente o a través de sus contratistas para aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas fuera del Régimen de minería metálica y no metálica. Dicho material podrá emplearse, única y exclusivamente, en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento. El uso para otros fines constituirá explotación ilegal que se someterá a lo determinado para este efecto en la presente ley. (Asamblea Nacional, 2009)

Las zonas de catastro minero registradas en la Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos No Renovables (ARCERNNR), dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG) clasifica al catastro minero según el tipo de mineral como metálico, no metálico y materiales de construcción. (Figura 1.5)

Además, el artículo 51 del Reglamento General a la Ley de Minería detalla que los GAD podrán tener lugares de Libres aprovechamientos en concesiones mineras donde los beneficiarios de estas autorizaciones deberán atenerse a los condicionamientos establecidos en el informe técnico que emita la Agencia de Regulación y Control Minero. Las autorizaciones de libre aprovechamiento están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental. Los contratistas que exploten los

libres aprovechamientos están obligados al cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental. (Asamblea Nacional, 2009)

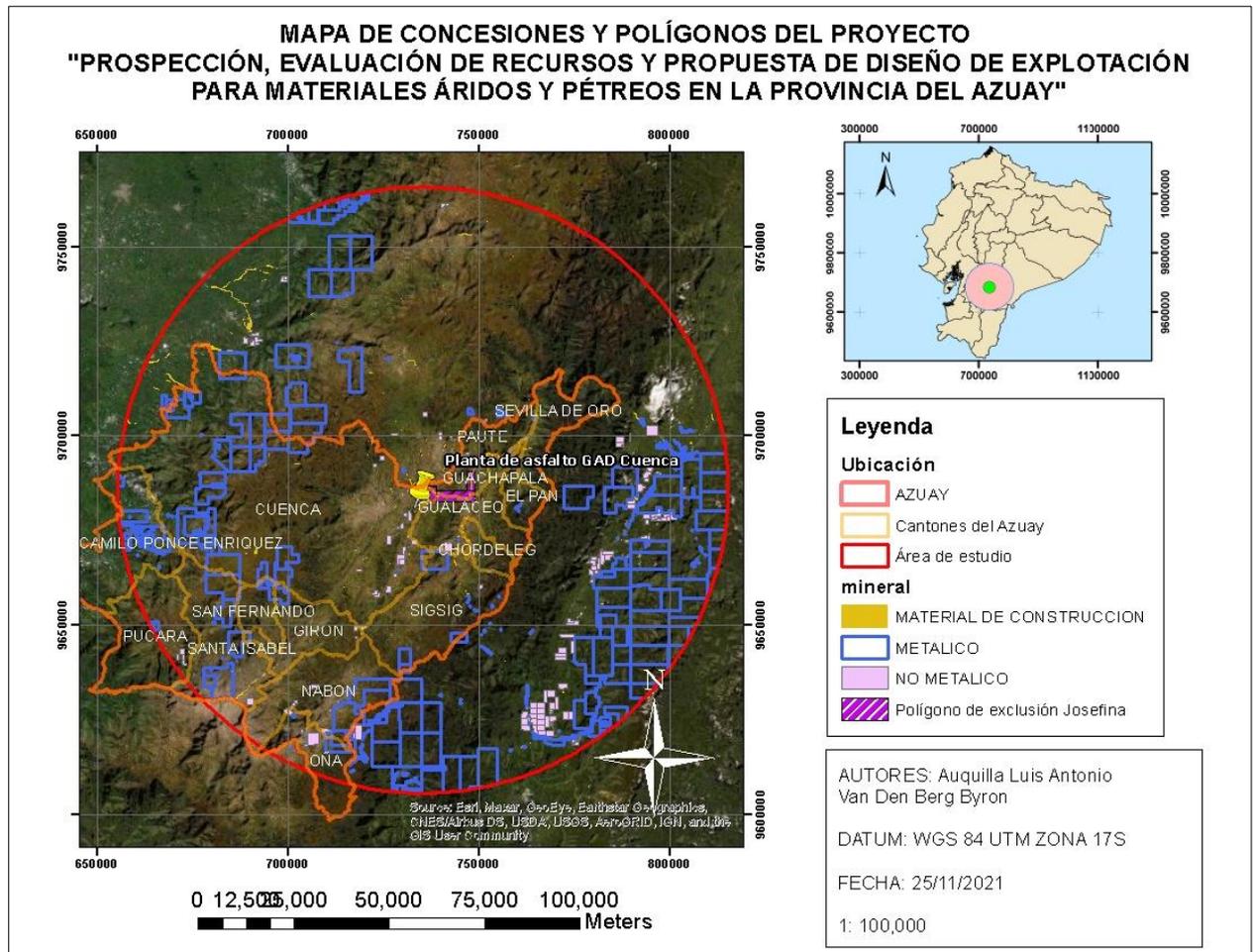


Figura 1.5 Mapa de concesiones y Polígonos de exclusión minera.

1.4.6.2 Normativas Ambientales

Para el presente proyecto se deben cumplir las normas y guías técnicas ambientales incorporadas en el Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM) y aquellas que se expidan sobre su base, regulan en todo el territorio nacional la gestión ambiental en las actividades mineras en sus fases de exploración inicial o avanzada, explotación, beneficio, procesamiento, fundición, refinación, y cierre de minas; así como también en las actividades de cierres parciales y totales de labores mineras.

Por esta razón, según el artículo 5 del RAAM, los titulares mineros serán responsables civil, penal y administrativamente por sus actividades y operaciones de sus contratistas ante el Estado Ecuatoriano, el Ministerio del Ambiente y los ciudadanos en general; por lo tanto será de su directa y exclusiva responsabilidad la aplicación de todos los subsistemas de gestión ambiental establecidos en la normativa vigente y en particular las medidas de prevención, mitigación, compensación, control, rehabilitación, reparación, cierres parciales, y, cierre y abandono de minas, sin perjuicio de la que solidariamente tengan los contratistas. Además, quienes obtuvieren del Ministerio Sectorial la autorización para aprovechar libremente los materiales de construcción tendrán las mismas obligaciones y responsabilidades. (Ministerio del Ambiente, 2014)

1.4.6.3 **Normativas de construcción**

Finalmente, para asegurar la competencia del material de base, subbase y hormigones a explotarse dentro de las áreas de interés deberán, según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), cumplir con las normas impuestas en el Manual de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), teniendo las siguientes características.

1.4.6.3.1 **Base**

El manual NEVI recomienda que el Límite líquido de la fracción que pase el tamiz N°40 deberá ser menor de 25mm y el índice de plasticidad menos de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el Californian Bearing Ratio (CBR) deberá ser igual o mayor a 80% para evaluar la capacidad portante de los suelos compactados. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

Base clase 1: Son bases construidas con agregados gruesos y finos, triturado en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B en la Tabla 1.2.

Base clase 2: Son bases construidas por fragmentos de rocas o gravas trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso.

Base clase 3: Son bases construidas por fragmentos de rocas o gravas trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso.

Base clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración, o cribado de piedras fragmentadas naturalmente, o de gravas y uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados

Tabla 1.2 Límites granulométricos para la obtención de Base. Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.

TAMIZ		BASE CALSE 1 TIPO A		BASE CLASE 1 TIPO B	
		Min.	Max.	Min.	Max.
2"	50 mm		100		100
1 ½"	37.5 mm	70	100	70	100
1"	25 mm	55	85	60	90
¾"	19 mm	50	80	45	75
3/8"	9.5 mm	35	60	30	60
N° 4	4.75 mm	25	50	20	50
N° 10	2 mm	20	40	10	25
N° 40	0.425 mm	10	25	2	12
N° 200	0.075 mm	2	12		

1.4.6.3.2 Subbase

La clase de subbase que deba ser utilizada depende de la obra a realizar. De todos modos, los agregados que se empleen deben tener un coeficiente de desgaste de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad (IP) menor que 6 y un límite líquido máximo de 25mm. La capacidad de soporte

corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Subbase clase 1: Son subbases constituidas de agregados obtenidos por la trituración de roca o gravas y graduados uniformemente dentro de los límites para la granulometría Clase 1 (Tabla 1.3). Por lo menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por procesos de trituración.

Subbase clase 2: Son subbases constituidas de agregados obtenidos mediante la trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2 (Tabla 1.3).

Subbase clase 3: Son Subbases constituidas de agregados naturales y procesados que cumplan con requisitos del numeral 816 y graduados uniformemente en los límites indicados para la granulometría Clase 3 (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Límites granulométricos para la obtención de Subbase. Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
3"	76.2 mm						100
2"	50.4 mm	-	-		100		-
1 ½"	38.1 mm		100	70	100		-
Nº 10	2 mm	30	70	30	70	30	70
Nº 40	0.425 mm	10	35	15	40		-
Nº 200	0.075 mm	0	15	0	20	0	20

1.4.6.3.3 Hormigones

Según la NEC el hormigón es una mezcla de cemento portland o cualquier cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin adictivos. Con el fin de asegurar una larga vida útil del cemento hidráulico, es necesario

tener presente una serie de precauciones y cuidados de asegurar la calidad del material para que responda las exigencias de la obra, en cuanto a:

- Resistencias mecánicas
- Resistencias a agentes agresivos
- Intemperie
- Categorías para mezclas de hormigón.

Existen 4 clases de hormigones contemplados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), como se observa en la tabla del ANEXO B. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

1.4.7 Parámetros generales de minería

1.4.7.1 Recursos geológicos mineros

Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos. (Geoxnet, 2016)

1.4.7.1.1 Recurso mineral inferido

Es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. (Geoxnet, 2016)

1.4.7.1.2 Recurso mineral indicado

Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características

físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. (Geoxnet, 2016)

1.4.7.1.3 Recurso mineral medido

Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. (Geoxnet, 2016)

1.4.7.2 Reservas geológicas mineras

Las reservas geológicas son el conjunto del yacimiento existente en cierto punto, representa todo el material existente dentro de un depósito mineral. Son de gran importancia ya que estos representan la mineralización económica y técnicamente explotable. (Bustillo Revuelta & López Jimeno, 1997)

1.4.7.2.1 Reservas geológicas probadas

Son aquellas reservas geológicas que presentan un alto grado de conocimiento debido a la cantidad de investigaciones y análisis obtenidos en la etapa de exploración, mismos que delimitan una explotación económicamente rentable denotando un bajo grado de incertidumbre dentro de la actividad minera.

1.4.7.2.2 Reservas geológicas probables

Corresponden a las reservas geológicas que presentan o menor grado de investigación y análisis obtenidos de la etapa de exploración que las reservas probadas, su grado de incertidumbre es mayor al de las reservas probadas.

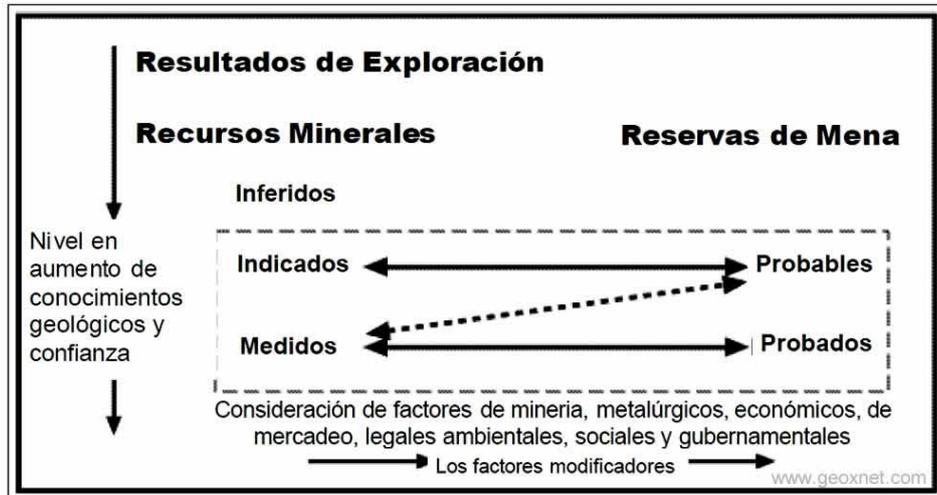


Figura 1.6. Relación general entre Resultados de exploración, Recursos y reservas Minerales. Fuente Geoxnet. 2016.

1.4.7.3 Método de perfiles

Este método permite calcular un volumen aproximado de manera gráfica mediante la generación de secciones que definen los límites del cuerpo mineral. La distancia que tengan las secciones o perfiles definirá con mayor o menor exactitud el cálculo de reservas, debido a que, mientras más separadas se encuentran las secciones se generarán más errores, debido a que pueden existir cambios dentro de la mineralización y la topografía que no serán controlados por la distribución de los perfiles. (Bustillo Revuelta & López Jimeno, 1997)

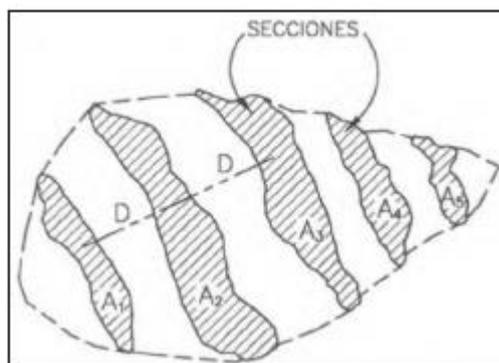


Figura 1.7 Secciones para el cálculo de volumen por el método de perfiles. Fuente: Bustillo Revuelta & López Jimeno, 1997.

1.4.7.4 **Método Minero**

Representa el proceso iterativo temporal – espacial que permite realizar la etapa de explotación minera de un yacimiento, en el que intervienen una serie de sistemas, procesos y maquinaria que, de una manera ordenada y rutinaria, operan esta fase. (Herrera Herbert, Métodos de minería a cielo abierto, 2006).

1.4.7.5 **Minería a cielo abierto**

Es aquella que se la realiza en la superficie terrestre y se caracteriza por la remoción de grandes volúmenes de material. Este método se determina a través del parámetro denominado “ratio”, el cual determina una relación estéril / mineral tomando en cuenta la disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones del material estéril que se va a extraer, este parámetro condiciona la viabilidad económica de la explotación minera y con esto la profundidad posible para realizar la explotación mediante minería superficial. (Herrera Herbert, Métodos de minería a cielo abierto, 2006).

1.4.7.6 **Explotación de canteras**

La explotación de canteras es el método utilizado para denotar a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Este método representa el sector más importante en cuanto a antigüedad, debido a su importancia para obtención de materia prima para la construcción y obras de infraestructura. Para el presente estudio se usará la clasificación de canteras de áridos y pétreos, método que tiene presente los siguientes parámetros:

- Excavación descendente y abandono con bancos altos: Esta alternativa opera paralelamente a la restauración ambiental llevando a cabo un avance descendente desde el banco superior hasta los de menos cota, sin embargo, el costo operativo es elevado debido a que se debe tener construida toda la infraestructura diaria para acceder a los niveles donde se encuentren los frentes de explotación.

1.4.7.6.1 Parámetros geométricos para explotación de canteras

- Banco de explotación: Es el escalón entre dos niveles donde se lleva a cabo la explotación de mineral y estéril, el objetivo del banco es llevar a cabo una excavación determinada desde un punto espacial específico hasta una posición final preestablecida. (Herrera Herbert, 2007)
- Altura de banco: Es la distancia vertical que existe en entre los niveles de explotación (bancos de explotación), medido desde el pie del banco hasta la cabeza de este.
- Talud de banco: Representa el ángulo que se forma entre la horizontal y la pendiente de la cara o frente de explotación del banco.
- Talud de trabajo: Es el ángulo del banco donde se encuentran los tajos o frentes de trabajo, este es provisional mientras se realiza la explotación del material.
- Talud final: Representa el ángulo final donde el material se encuentra en estado estable, está delimitado por la horizontal y la línea formada entre el pie inferior del banco y su cabeza superior.
- Bermas: Representan las plataformas horizontales que existen dentro de la excavación sobre el talud final, estas tienen como objetivo mejorar la estabilidad del talud y asegurar las condiciones seguras para los trabajos de explotación.
- Pistas: Son las estructuras viales sobre las cuales se extrae el material, sobre estas se realizan los movimientos de equipos y servicios entre los diferentes puntos de la operación minera, en esta se deben tomar en cuenta el ancho, pendiente y perfil.
- Angulo de reposo: Representa el talud máximo en el que el material se debe encontrar para evitar deslizamientos de material suelto después del vertido.

1.4.7.6.2 Factor sísmico

Para determinar el efecto sísmico en la zona de estudio se utilizó la información generada por la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, en donde se establecen cuatro zonas sísmicas definidas a partir de la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño.

Tabla 1.4 Valores y Coeficientes Sísmicos. Fuente: Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Zona Sísmica	Valor	Coeficiente Sísmico
Zona I	0	0.15
Zona II	1	0.25
Zona III	2	0.30
Zona IV	3	0.40

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Delimitación de la zona de estudio

Debido a la gran extensión de la provincia del Azuay, se tomó como punto de referencia a la planta de asfalto de la ciudad de Cuenca, siendo este, el punto más importante de la provincia para el tratamiento, procesamiento y comercialización de materiales áridos y pétreos, además se toma como factor delimitante la distancia existente entre el punto de obtención de material pétreo actual, mismo que se localiza en el cantón Santa Isabel a 80 km de distancia, por esta razón se opta por realizar un buffer con la distancia mencionada desde el punto de referencia tomando en cuenta únicamente la zona de intersección del buffer con el límite provincial del Azuay.

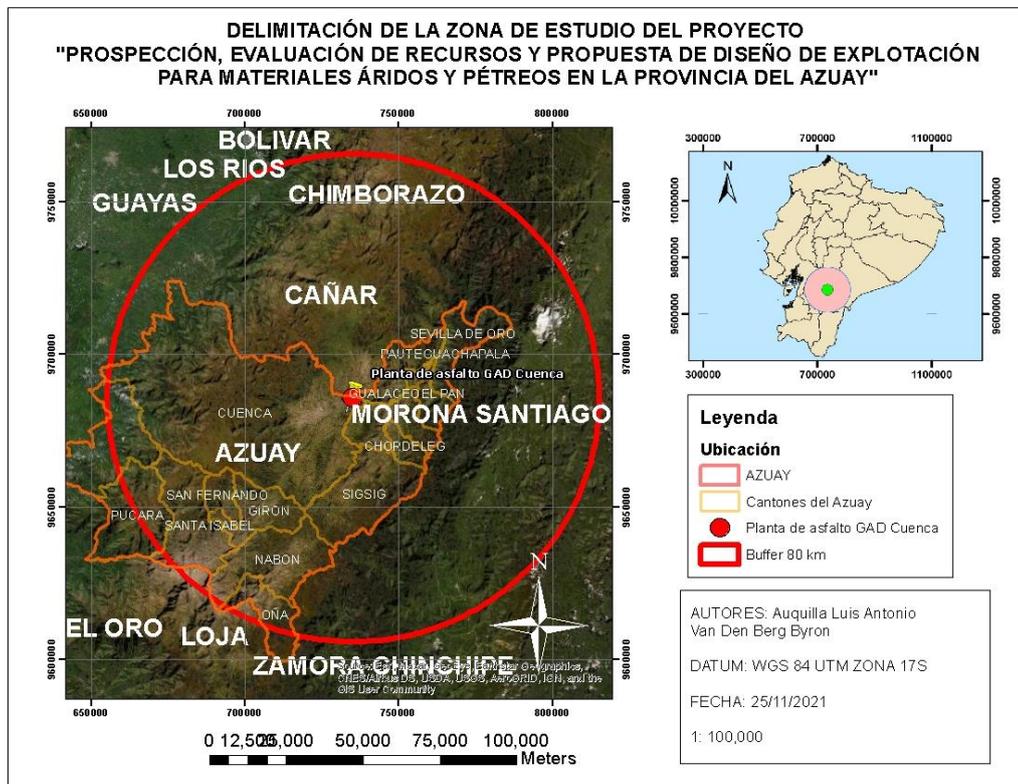


Figura 2.1 Delimitación de la zona de estudio.

2.2 Delimitación de geología de interés

En esta sección se delimitó que el tipo de roca favorable para material pétreo (base, subbase y agregados de construcción) son las rocas ígneas de composición intrusiva, rocas volcánicas, lavas andesíticas, basaltos, riolitas y rocas metamórficas como gneiss y cuarzas, por esta razón se procedió a delimitar las zonas de interés geológico utilizando las cartas geológicas del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). A través de estos mapas se delimitaron ubicaciones de interés geológico para explotación de materiales áridos y pétreos competentes dentro de la zona que se encuentra en el buffer de los 80 km. (Figura 2.2)

Dentro de la geología regional vinculada al área de estudio tenemos mapas geológicos detallados en el ANEXO C a escala 1:100000 y 1:50000.

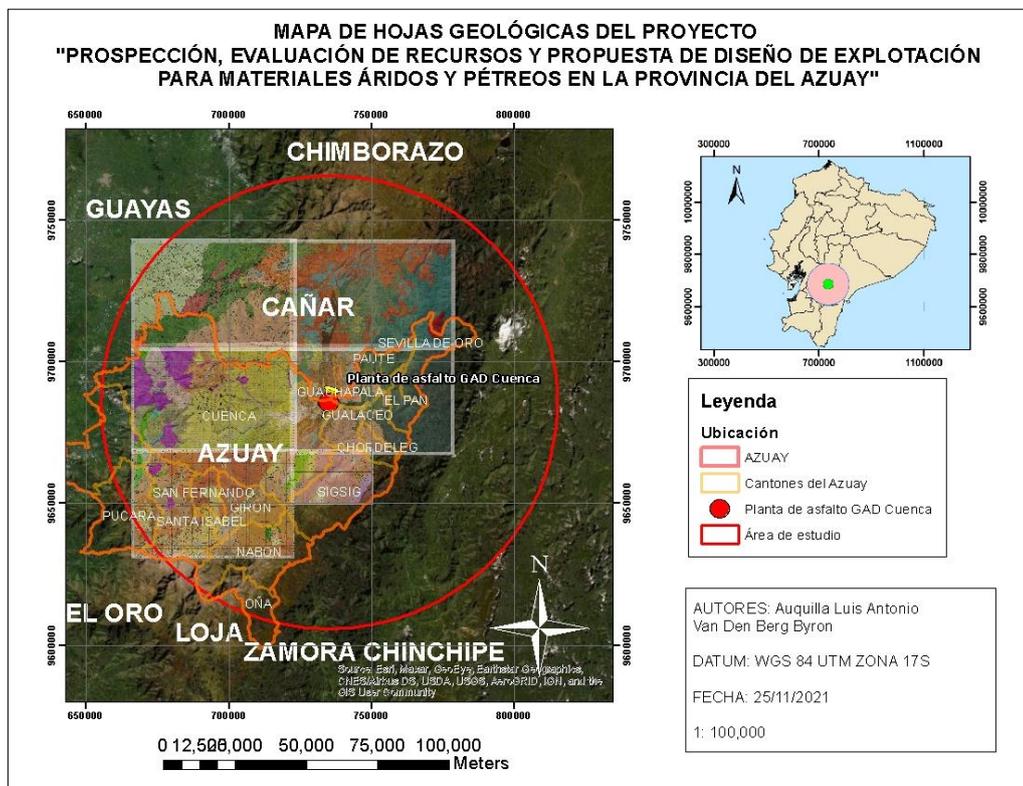


Figura 2.2 Mapa de hojas geológicas.

2.3 Parámetros de estudio para viabilidad técnica

Una vez delimitada la geología de interés y tomando en cuenta las zonas de restricción minera detalladas en el capítulo 1, se procedió a detallar los parámetros de estudio de viabilidad técnica resumidos en la Figura 2.3.

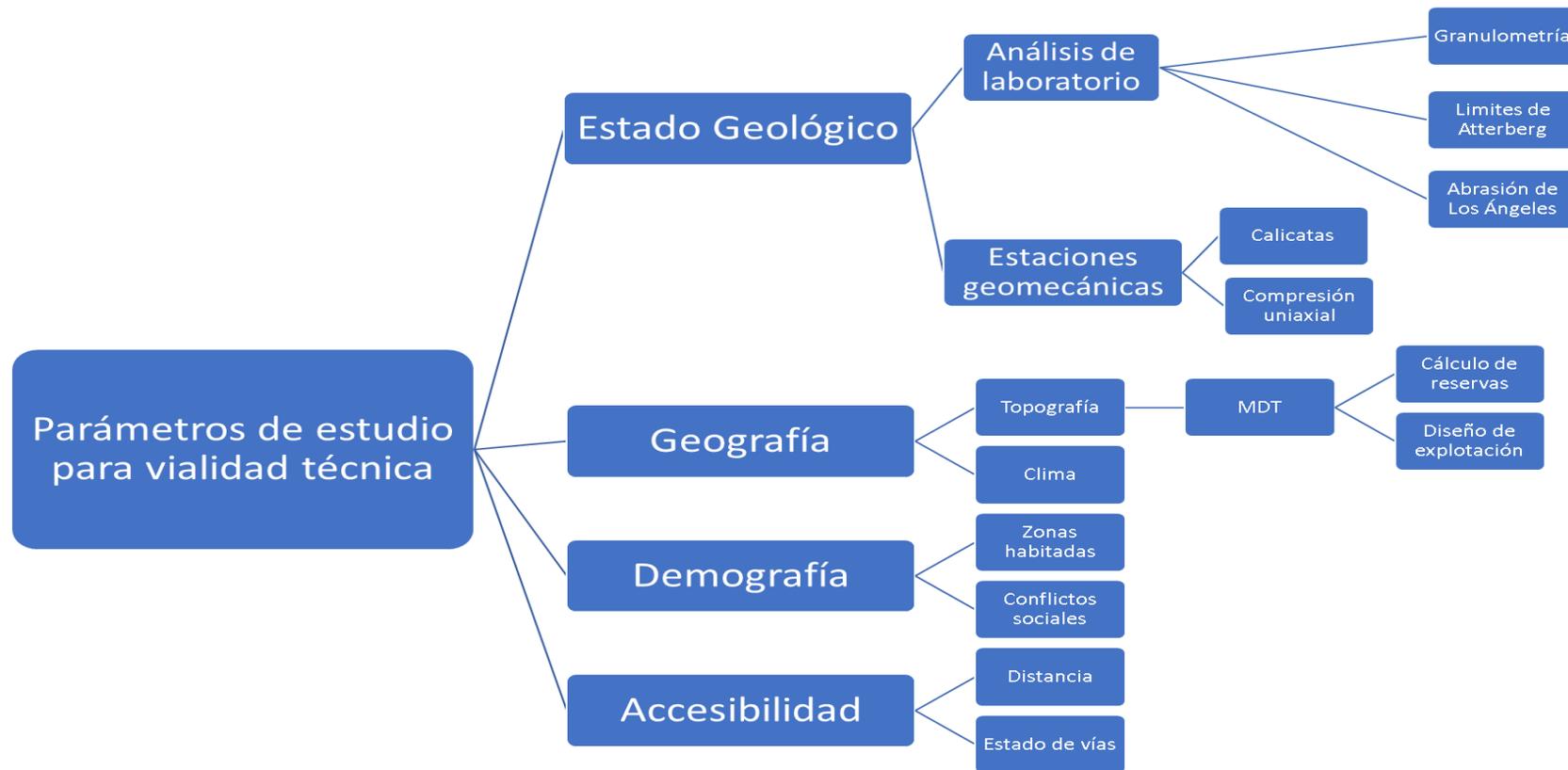


Figura 2.3 Parámetros de estudio para viabilidad técnica

Es importante detallar que se procedió a elaborar:

- **Estaciones geomecánicas:** En el punto o zona de observación de un afloramiento rocoso donde se levantó un estudio sistemático del tipo de roca, condiciones de alteración, resistencia de la roca, RQD, separación y estado de juntas, y demás detalles mediante el uso de herramientas in situ para el cálculo del RMR.
- **Elaboración de malla de muestreo:** Se programó y ejecutó un programa de prospección sistemática, mismo que partió del diseño de la malla de muestreo para la zona de interés del target. Se estableció un modelo de malla con separación de 40 m. entre cada punto, considerando la extensión del polígono del prospecto y la ubicación de los afloramientos de mayor interés.
- **Análisis de laboratorio:** Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio a fin de establecer su resistencia a la compresión, clasificación granulométrica, Límites de Atterberg y Abrasión de los Ángeles. Se descartó el ensayo CBR y compactación Proctor Modificado debido que al tratarse de un material pétreo y no de una mezcla, no puede ser compactado.
- **Perfiles geológicos:** A través de calicatas con una profundidad de 3 metros o en su defecto hasta llegar al punto de contacto en el cambio de litologías, mediante este proceso se elaboró el mapa geológico de la zona de interés para confirmar la continuidad de la litología de interés.
- **Topografía:** Se obtuvieron las curvas de nivel, a través de fotogrametría aérea, mismas que sirvieron para diseñar los perfiles de explotación y calcular las reservas mineras para realizar una propuesta de diseño de explotación.
- **Cálculo de reservas:** El método que se usó es el de obtener el área a extraer de cada perfil, sacar el promedio entre dos perfiles consecutivos, multiplicar por la distancia entre los perfiles y por la densidad relativa de la roca. Para el cálculo del volumen se utilizó la ecuación 2.1

$$V = D * \frac{1}{2}(A1 + A2) \quad (2.1)$$

Dónde:

D = distancia media entre perfiles (m)

A = área o superficie del perfil (m²)

- **Prediseño de explotación:** al tratarse de una mina a cielo abierto, se utilizó el método de explotación de canteras mediante bancos descendentes con las siguientes características geométricas:

Profundidad de la zona (H): La profundidad de la zona del proyecto se determinó en base al levantamiento topográfico y a los perfiles realizados en donde se muestran los valores de las cotas superior e inferior, usando la ecuación 2.2.

$$H = C_s - C_i \quad (2.2)$$

Dónde:

C_s = cota superior (m)

C_i = cota inferior (m)

Altura del banco (H_b): La altura del banco se determinó en base a la maquinaria de extracción y cargado disponibles y en función de las propiedades físicas mecánicas de la roca.

Ángulo de talud del banco (α): El ángulo de talud del banco se determinó de acuerdo con las condiciones físico - mecánicas que presentó el macizo rocoso y basados en tablas, además se resalta que, debido a que el estudio se lo realizó en superficie, se considerado óptimo utilizar un ángulo conservador respondiendo a la ecuación 2.3

$$\alpha = \text{Arc Tg} (f) \quad (2.3)$$

Dónde:

α: Ángulo de Talud del banco

f: Coeficiente de Resistencia de Protodiaconov Categoría V: Suelos brechas y tobas riolíticas.

Número de bancos (Nb): El número de bancos se determinó en base a la ecuación 2.4

$$Nb = \frac{H}{Hb} \quad (2.4)$$

Ángulo de liquidación del borde de la cantera (γ): El ángulo de liquidación del borde se lo calculó mediante la ecuación 2.5

$$\gamma = \text{arc tan} \frac{H*w}{2*C \tan(50 - \frac{\Phi}{2}) - H} \quad (2.5)$$

Dónde:

H = Profundidad de la cantera

w = Peso volumétrico de la roca

C = Magnitud de Cohesión de la roca

Φ = Ángulo de rozamiento interno

Ancho de la berma o plataforma final (B): Son áreas de protección para detener materiales que pueden desprenderse del talud calculado mediante la ecuación 2.6.

$$B = 0.2Hb + 2 \quad (2.6)$$

(para bermas \leq 9m)

Dónde:

Hb = Altura de banco

Determinación del factor de seguridad: El análisis mediante el Método de Morgenstern-Price fue calculado y analizado por medio del software "SLIDE V6", programa básico para el análisis de estabilidad de taludes. Este permite el análisis de la estabilidad de taludes con superficie circular o poligonal y optimización automática de la superficie de deslizamiento. Además, coopera con todos los programas para el análisis de diseño de excavaciones. La superficie de deslizamiento que se consideró fue circular y además horizontal, por esta razón se hace uso del Método de Morgenstern-Price.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Ubicación del Área Minera

El área minera (Target 1) está ubicada a 49.12 km desde la Planta de asfalto de Cuenca y a 40 minutos del Control Sur , se encuentra ubicada en su totalidad dentro de los límites de la parroquia Quingeo al Sur del cantón Cuenca con coordenadas 723 719 Este y 9 655 461 Norte, esta parroquia es la frontera cantonal entre Cuenca y el cantón Sígsig, su ubicación está fuera de cualquier restricción minera, se resalta que el área se encuentra libre para llevar a cabo un concesionamiento minero o libre aprovechamiento.

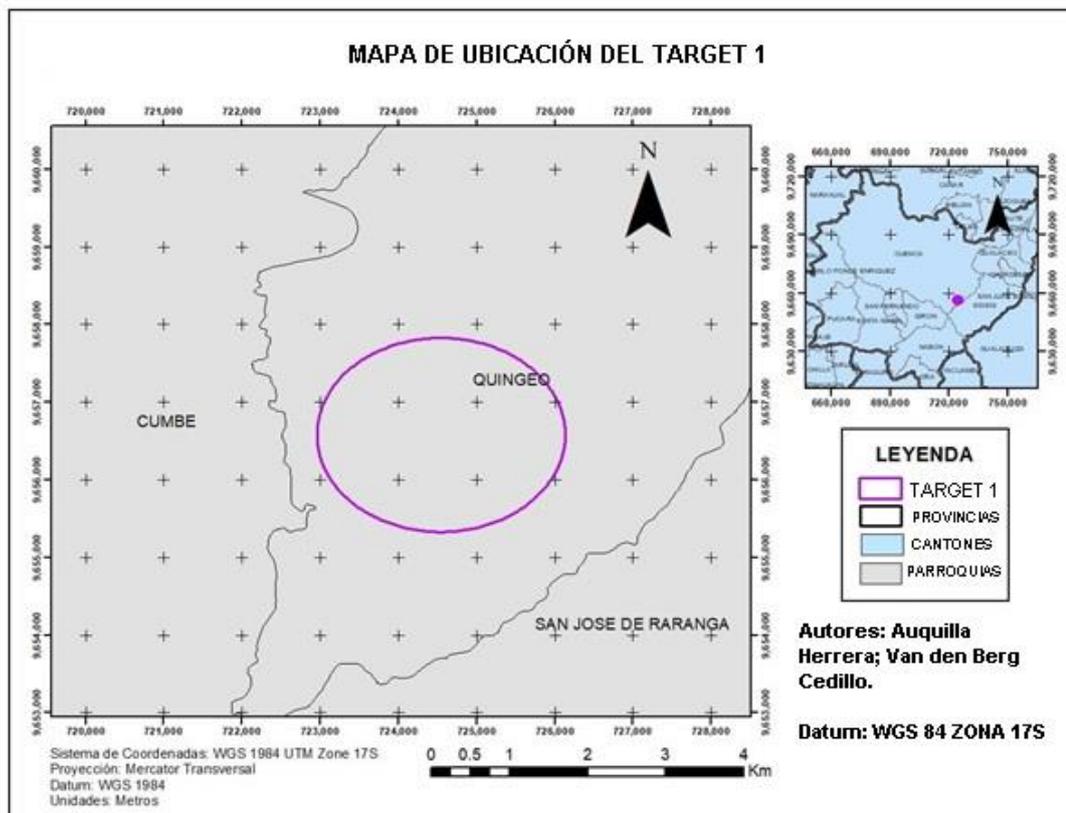


Figura 3.1 Mapa de ubicación Target 1

3.2 Estado geológico target 1

En la litología presente en el target 1 se puede observar riolita de matriz color verde azulado con textura fanerítica, meteorizada química y físicamente por el intemperismo que existe y se extiende en toda la zona. Esta meteorización física es producida por la fuerte precipitación presente en tiempos de invierno, las corrientes de vientos, la vegetación/material orgánico que se encuentra suprayacente al material y el efecto antropogénico (pastoreo y agricultura).

La mineralogía presente que fue observada bajo una lupa (de forma cuantitativa) de aumento x10 presentan una distribución de: Hornblendas en un 60%, biotitas en un 20%, plagioclasas en un 15% y cuarzos 5%. Las plagioclasas están visiblemente alteradas a una arcilla. Se adjunta en el Anexo D la ficha de descripción geológica macroscópica y de mano.

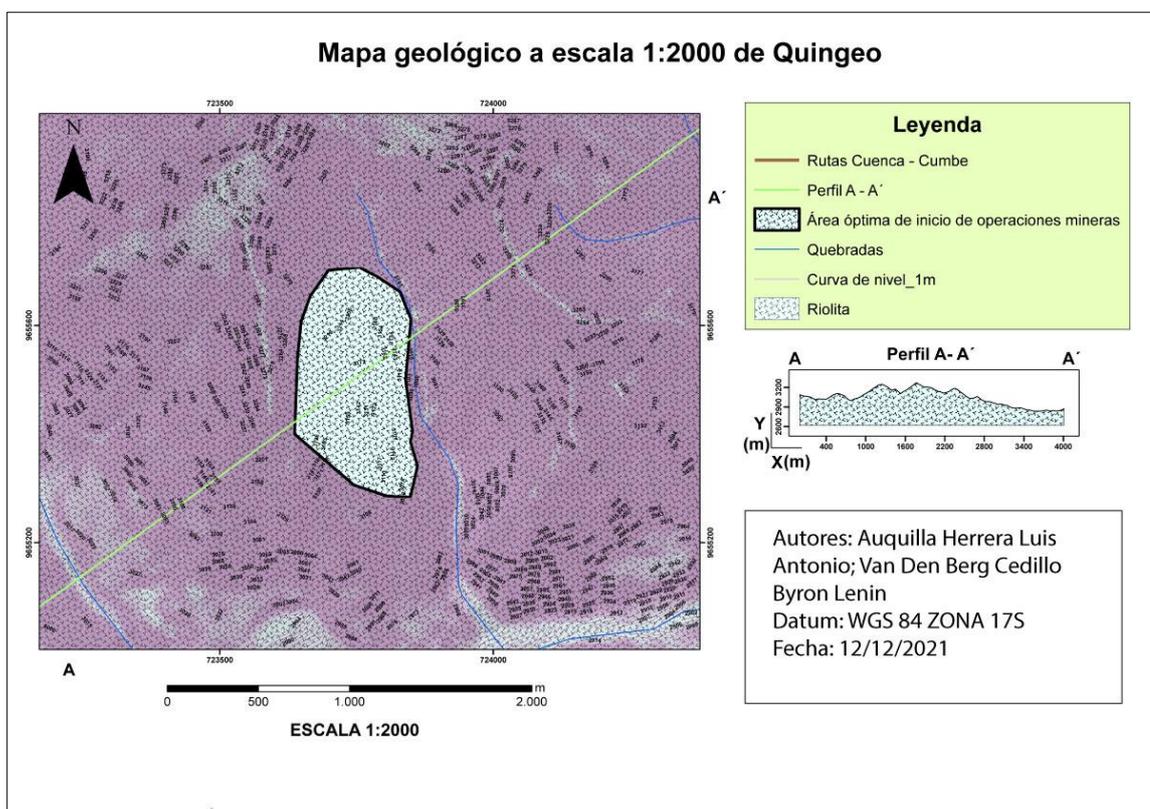


Figura 3.2 Mapa geológico Target 1

La continuidad lateral y vertical de la litología (superficialmente) es extensionalmente grande según el recorrido realizado en el target (Figura 3.2). Sin embargo, para complementar esta continuidad se debería realizar prospección mediante sondeos de diamantina, geofísica, entre otros. En la mineralogía no se observa una continuidad lateral y vertical muy homogénea.

3.3 Malla de muestreo

Posterior se realizó la malla de muestreo (Figura 3.3). En primer lugar, se procedió a evaluar en campo los diferentes puntos y la factibilidad de la obtención de la muestra. Se tomaron muestras de los puntos 35, 32, 17 y 14.

Una vez recogidas las muestras de los puntos seleccionados se procedió a realizar la muestra compuesta para su preparación y posterior análisis mediante ensayos de laboratorio.

Es necesario mencionar que el material recogido y llevado al laboratorio corresponde a material de los afloramientos identificados en la zona, por lo que se trata de material meteorizado. Por otro lado, para la matriz rocosa se realizaron ensayos de resistencia a la compresión uniaxial in situ.

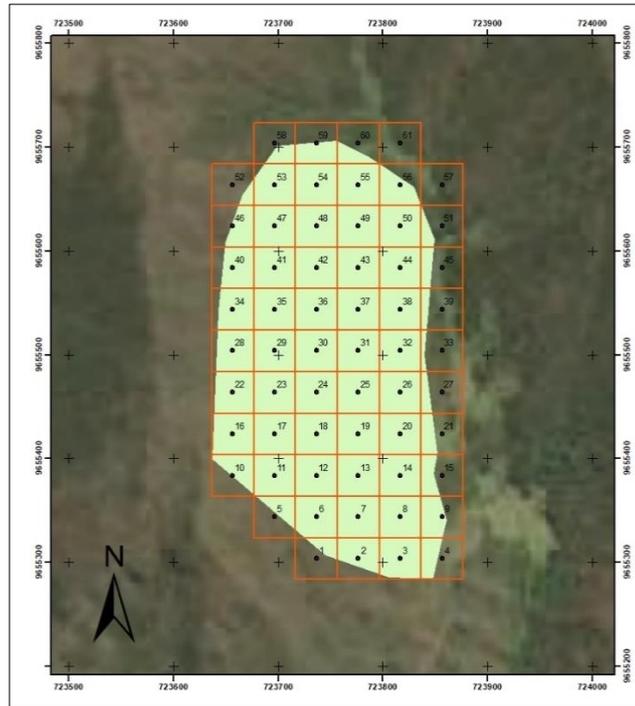


Figura 3.3. Malla de muestreo Target 1.

3.4 Características básicas del material analizado en el laboratorio

Una vez analizadas las muestras en el laboratorio se obtienen los resultados con las características básicas del material, mismas que se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Características básicas del material Target 1

Clasificación del material	Arena gruesa bien graduada
Módulo de finura	3.1
Gravedad Específica Aparente	2.57
Porcentaje de Absorción	4.89 %
Porcentaje de Desgaste	50.05 %
Módulo de finura	3.12
Límites de Atterberg	NP
Tolerancia del material triturado	34%
Tolerancia del material en polvo	79.32%
Porcentaje de agua	5%

Los reportes de los análisis de laboratorio que respaldan los datos presentados se encuentran en el Anexo E, se resumen el cumplimiento y usos del material en mención en la Tabla 3.2.

Los análisis granulométricos del target 1 para determinar la competencia del material para Capas de Base de Material Granular presentan un pasante del tamiz N° 4 de materiales áridos finos del 66% encontrándose dentro del rango para ser considerado como Base clase 2 y 3 permitido por la norma NTE INEN 696 Áridos. Además, hay que tener en cuenta que para el análisis realizado se tomó material mezclado en sitio entre sí, dando un pasante en el tamiz $\frac{3}{4}$ " del 100% estando dentro del rango permitido de 60% - 100%, además, este material fue triturado y mezclado en planta para la preparación de la muestra dando un pasante en el tamiz N°4 del 66% estando dentro del rango permitido de 40% - 75% para ser considerado como material para Capa de Base Estabilizada.

Los análisis granulométricos para determinar la competencia del material como Sub-Base presentan un pasante del tamiz N°40 de materiales en polvo del 42% y un pasante del tamiz N°200 del 22% estando en el límite máximo para ser considerados como material apto para subbase clase 2.

Es importante resaltar que tanto para base como para subbase los análisis de Límites de Atterberg no presentan plasticidad, corroborando la competencia del material en mención para su posterior aprovechamiento para materiales de base y subbase cumpliendo con la norma ASTM D 4318. A esto se le suma que se llevó a cabo el análisis a la resistencia a la compresión uniaxial, calificando a la matriz rocosa dentro del rango R4 como una roca dura y competente, se resalta que existe continuidad aparente de riolitas en el perfil geológico del target lo que corrobora una vida útil óptima para ser explotado.

El porcentaje de desgaste calculado en los ensayos de abrasión en áridos gruesos según la norma ASTM C131 es de 50.06%, esto permite analizar que el material en mención se encuentra sobre el límite máximo permitido por la norma para

Agregados para Mezclas Asfálticas y Bituminosas, cabe resaltar que la muestra no presenta plasticidad, cumpliendo con la norma.

Se recuerda que el material muestreado fue obtenido de afloramientos, por lo que presenta meteorización y su estado, posterior a la preparación de material, se encuentra triturado y en polvo. La norma detalla que se han obtenido resultados satisfactorios con valores de abrasión de hasta 50%, sin embargo, se debe tener presente que con valores mayores a 30% puede existir un colapso excesivo de agregados en el proceso de compactación en el laboratorio.

A esto se le añade que el material cumple con las especificaciones para ser considerado un material original para superficies de áridos no tratados.

En cuanto al módulo de finura obtenido, se afirma que, de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana INEN 872, el material cumple con los requisitos para ser considerado como material granular para la elaboración de hormigones.

Tabla 3.2. Cumplimiento de normas para los usos del material.

Uso del material	Normas	Cumple/No cumple
Base	NTE INEN 696 Áridos ASTM D 4318	Cumple para Base Clase 2, 3 y Capa de Base Estabilizada
Subbase	NTE INEN 696 Áridos ASTM D 4318	Cumple para Subbase clase 2
Agregados para Mezclas Asfálticas y Bituminosas	ASTM C131	Cumple
Material granular para la elaboración de hormigones	INEN 872	Cumple
Material original para superficies de áridos no tratados	NTE INEN 696 Áridos ASTM D 4318	Cumple

3.5 Estaciones geomecánicas

En cuanto a las estaciones geomecánicas para el cálculo del R.M.R, se realizaron en los puntos 35 y 17 de la malla de muestreo (Figura 3.3), para esto, se obtuvieron valores de resistencia uniaxial de la matriz rocosa a partir del número de rebotes del esclerómetro digital KAMEKURA serie 17073.

Los valores fueron tomados con el esclerómetro en sentido horizontal en un ángulo de 0° con respecto al macizo rocoso, se detallan los parámetros del cálculo del R.M.R. y los resultados del esclerómetro en el ANEXO F.

Los resultados de las estaciones geomecánicas para el cálculo del R.M.R. se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultados del cálculo del R.M.R

R.M.R.	74
Clasificación	Roca muy buena
Cohesión	370 KPa
Ángulo de rozamiento	42°
Módulo de deformación	48 GPa

3.6 Topografía

Se adjuntan los planos del levantamiento topográfico con sus respectivas ortofotos y el diseño de perfiles en el anexo G

3.7 Parámetros geométricos para la propuesta de diseño

3.7.1 Profundidad de la zona (H):

$$H = 3090m - 2950m$$

$$H = 140 m.$$

3.7.2 Altura del banco (Hb):

Tomando en cuenta que la prefectura del Azuay, en su inventario de maquinaria, cuenta con excavadoras Doosan 330 LC-V y excavadoras medianas modelos Komatsu se recomienda, por la dimensión de la pala, una altura de banco de:

$$Hb = 8,00 \text{ m}$$

3.7.3 Ángulo de talud del banco (α):

$$\alpha = \text{Arc Tg}(f)$$

$$\alpha = 50^\circ$$

3.7.4 Número de bancos (Nb):

Tomando en consideración que la profundidad de la cantera es de 140m se ha estimado que se construyan 17 bancos con altura de 8m, y un banco de 4 metros

$$Nb = \frac{140 \text{ m.}}{8 \text{ m.}}$$

$$Nb = 17 \text{ bancos}$$

3.7.5 Ángulo de liquidación del borde de la cantera (γ):

El ángulo de liquidación del borde se lo calculó mediante la ecuación 2.5

$$\gamma = 37^\circ$$

3.7.6 Ancho de la berma o plataforma final (B):

Cada banco de explotación estará separado por una berma de 4 metros de ancho, con una inclinación contrapendiente de 2 grados como cuneta que favorece al drenaje de las aguas lluvias.

$$B = 0.2 * 10 + 2 = 4 \text{ m}$$

(para bermas \leq 9m)

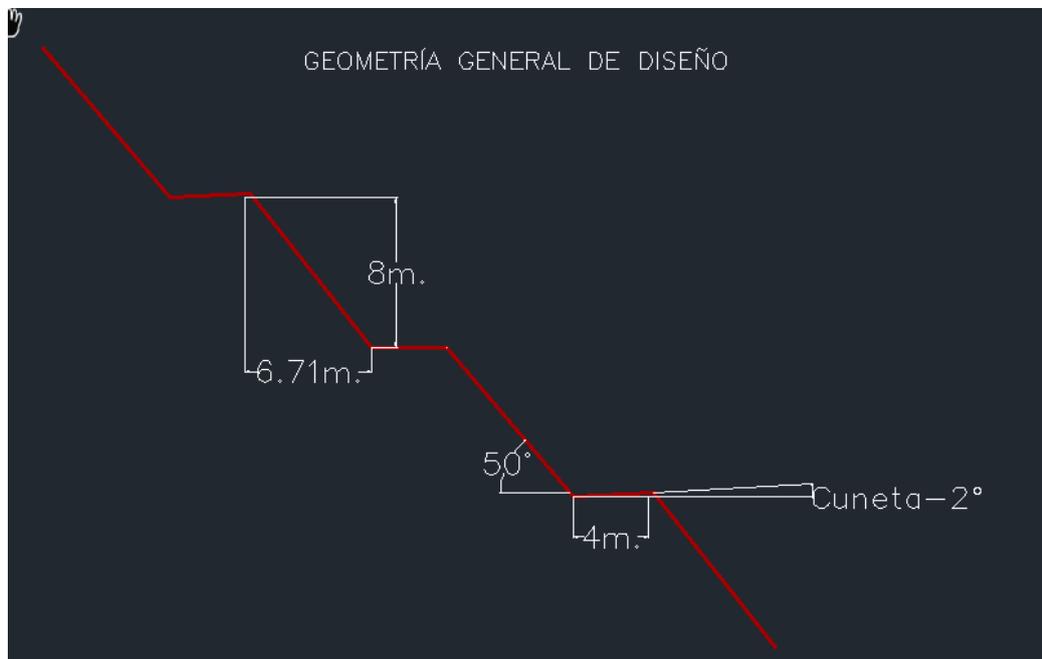


Figura 3.4. Geometría general de la propuesta de diseño.

3.7.7 Caminos y accesos interiores:

a). Deberán permitir la doble circulación de los vehículos de transporte de materiales, desde el frente de trabajo y de carga. Al utilizar el método por bancos descendentes se recomienda usar como vía el ancho de la berma de 4m.

b). Los caminos y rampas de acceso al banco deberán ser de tipo temporal y no presentar pendientes mayores del 10% para evitar un mayor consumo de combustible en unidades de transporte

3.8 Cálculo de recursos mineros

En el área minera, se realizaron 8 perfiles transversales con el fin de determinar los Recursos Indicados de mineral útil. Los resultados se encuentran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Recursos indicados Target 1

PERFIL	ÁREA DE EXTRACCIÓN (m ²)	ÁREA PROMEDIO (m ²)	DISTANCIA MEDIA (m ²)	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m ³)
A - A'	6719.29	9812.06	25	245301.5
B - B'	6185.53	8840.04	25	221001
C - C'	5309.01	7456.07	25	186401.75
D - D'	4294.12	5960.31	25	149007.75
E - E'	3332.38	4942.48	25	123562
F - F'	3220.2	5153.03	25	128825.75
G - G'	3865.65	5993.83	25	149845.75
H - H'	4256.35			
VOLUMEN TOTAL				1203945.5

Se resalta que, por el nivel de confianza del presente estudio, y por las condiciones en las que se encuentra el área en mención, el cálculo del volumen de extracción corresponde a los Recursos Indicados del Target 1.

Estos Recursos Indicados podrán convertirse en reservas una vez que se hayan realizado sondeos de profundidad y se hayan cumplido los parámetros legales y ambientales para iniciar una exploración avanzada en el lugar en mención.

3.9 Determinación del factor de seguridad para el talud propuesto

Para realizar el análisis mediante el software SLIDE V6, se requirieron las propiedades físico – mecánicas de la roca en estudio. En el caso del talud del proyecto, este está constituido por brechas y tobas riolíticas. Los parámetros geomecánicos y parámetros técnicos del talud se describen en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Parámetros para el cálculo del factor de seguridad Target 1 (Fs)

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PESO UNITARIO (Pu)	KN/m ³	25.7
COHESIÓN C´	Kpa	370
ANG. FRICCIÓN INTERNA (Ø)	grados	42°
ANG. TALUD (α)	grados	50°

H. BANCO (H)	m	8
BERMA	m	4

Analizando la información presentada se estableció que el proyecto se encuentra en la zona II por lo que le corresponde un coeficiente sísmico de 0.25 obteniendo un factor de seguridad pseudo – estático recomendado de 1.085 (Figura 3.5). El análisis se realizó tanto en condiciones estáticas como pseudo-estáticas.

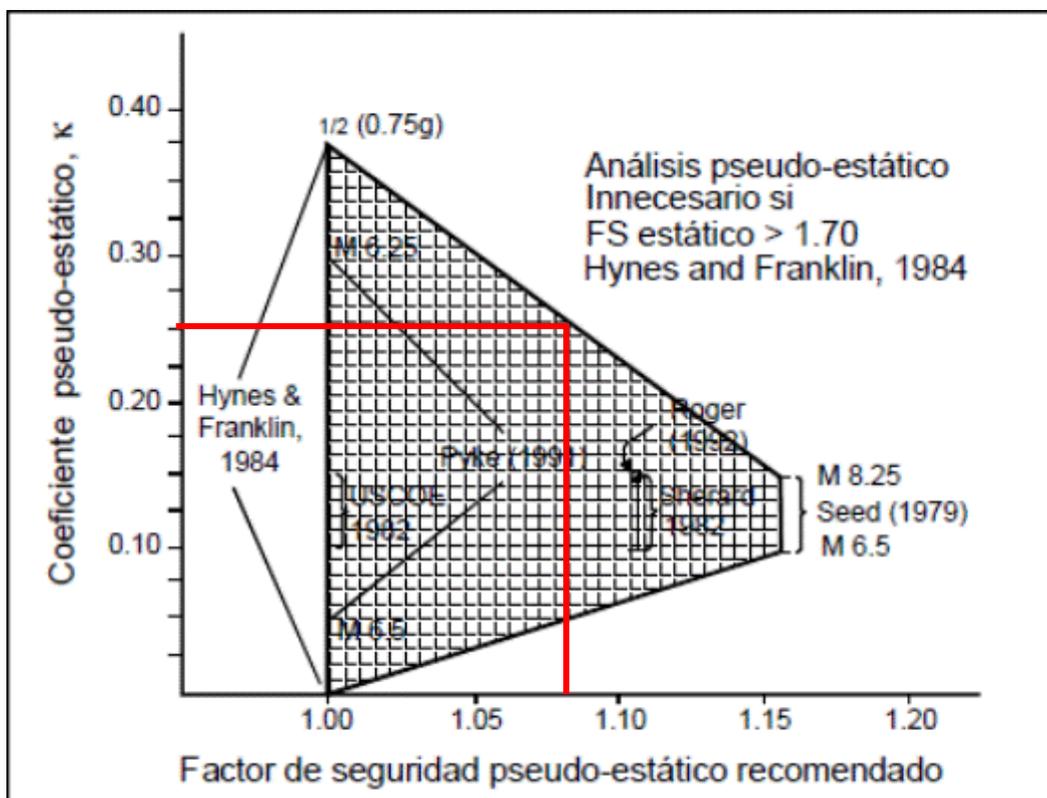


Figura 3.5 Factor de seguridad pseudo – estático recomendado. Fuente: Hynes and Franklin, 1984

Los análisis, en condiciones estáticas ($K_h = 0$) y pseudo-estáticas ($K_h = 0.25$), se analizaron con los parámetros geomecánicos determinados en el ANEXO H

En base a los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad se ha podido determinar que las dimensiones de los bancos, plataformas y taludes propuestas en el diseño del proyecto son correctas, los valores del factor de seguridad

sobrepasan los valores mínimos recomendados. En la Tabla 3.6 se muestran los valores calculados.

Tabla 3.6. Resultados del análisis de estabilidad Target 1

CONDICIONES DEL ANÁLISIS	FS (RECOM)	FS (Morgenstern- Price)
Modelo en condiciones actuales, Análisis Estático Kh =0 Varios Bancos	1.5	3.944
Modelo en condiciones actuales, Análisis Estático Kh =0 Un Banco	1.5	12.416
Análisis Pseudo – Estático (Kh = 0.25) Varios Bancos	1.085	2.663
Análisis Pseudo – Estático (Kh = 0.25) Un Banco	1.085	8.396

3.10 Modelado 3D

El modelado 3D se encuentra en el ANEXO I adjunto al final del presente informe. Se presentan las evidencias referenciales de este, mediante capturas de pantalla del programa CIVIL 3D.

3.11 Análisis de accesibilidad vial

El acceso a la zona se realiza a través de la vía Cumbe - Manzano Loma hasta el empalme con la vía Santa Lucrecia - Vida la Unión, misma que se recorre en sentido Suroeste por aproximadamente 3 km. hasta el target. Esta vía llega hasta un pasillo de acceso a las propiedades del sector, mismo que rodea en sentido SW-SE a la loma donde se encuentra el recurso de interés, se adjunta hoja de ruta en la Figura 3.6.

Una vez realizada la visita a de campo al target en cuestión se han podido identificar 5 tramos de vía que serán descritos a continuación. La distancia recorrida desde la planta de asfalto es de aproximadamente 49,12 km. Se adjunta el detalle completo en el ANEXO J.

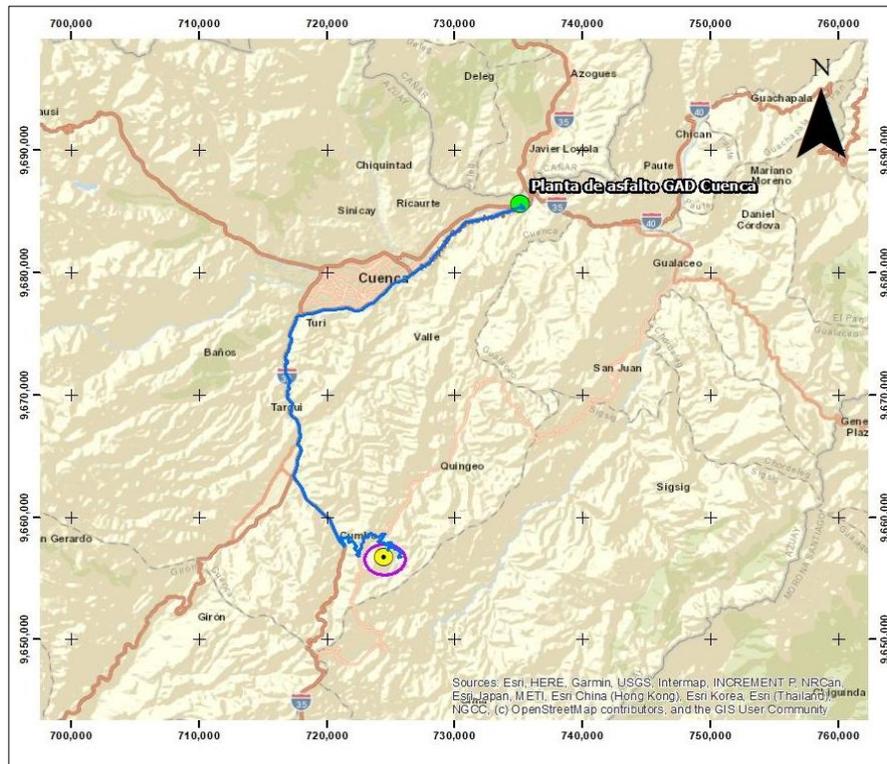


Figura 3.6. Hoja de Ruta desde la planta de asfalto de Cuenca hasta el Target 1.

3.11.1 Tramo 1

El primer tramo parte la planta asfáltica del GAD municipal y recorre la Circunvalación Sur en dirección oeste, hasta el empate de esta última con la carretera Panamericana. Esta es una autopista de 6 carriles (3 para cada sentido). Tiene algunos problemas por deslizamientos bastante comunes en la zona. Sin embargo, al ser la principal vía perimetral de la ciudad de Cuenca es constantemente mantenida y monitoreada para evitar problemas de circulación.

3.11.2 Tramo 2

El segundo tramo consiste en la vía Cuenca- Cumbe, misma que es parte de la red vial interprovincial que conecta Azuay y Loja. Se encuentra en muy buenas condiciones, es doble carril y es mantenida constantemente.

3.11.3 Tramo 3

El tercer tramo de la ruta de acceso consiste en la vía Cumbe-Manzano Loma. Es una vía de estado regular, carril bidireccional y de uso principalmente agrícola.

3.11.4 Tramo 4

El cuarto tramo recorre la vía Santa Lucrecia-Vida la Unión. Se ingresa por el tramo tres hasta el empalme con esta vía y se la recorre en dirección sureste en dirección al target por aproximadamente 3 km.

3.11.5 Tramo 5

El tramo 5 de la ruta de acceso al target 1 es un pasillo de acceso a propiedades de la parte sur del target. Esta parte del empalme con la última curva del tramo 3 y 4 que bordea al target por la línea sur por aproximadamente un kilómetro. Esta vía no se encuentra registrada en el Inventario vial provincial, por lo que se asume que fue establecida por los mismos moradores de la zona como ruta de acceso a sus propiedades.

3.12 Análisis de demografía

Según el censo de Ecuador realizado en el año 2010 dentro la parroquia Quingeo, habitan un total de 7.480 personas, correspondiendo al 1.48% de la población del cantón Cuenca, de los cuales 3.433 habitantes; es decir el 45,9% comprende la población masculina, mientras que el 54,1% representan a la población femenina con 4.047 habitantes. Además, cuenta con una superficie de 11.842,64 hectáreas denotando una densidad demográfica de 63,16 habitantes por kilómetro cuadrado (km²) distribuida en 28 comunidades y 2 barrios dentro de la cabecera parroquial. Al tratarse de un intrusivo montañoso, el área no tiene uso económico más que para pastoreo y recolección de agua procedente de escorrentías superficiales para el cultivo gracias a las pendientes pronunciadas. No posee influencia directa en los recursos hídricos, reduciendo así impactos ambientales negativos. La distribución

demográfica es bastante reducida, siendo un factor importante y favorable para un posible proyecto minero. (Figura 3.7)

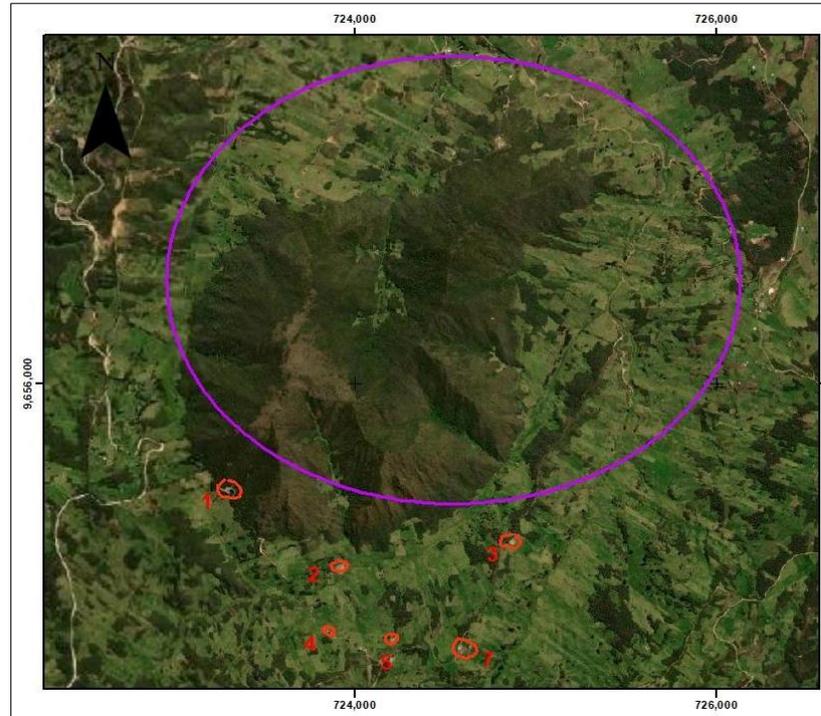


Figura 3.7. Distribución demográfica espacial. Fuente: Autores.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se levantó la información de un potencial minero ubicado a 49.12 km de la Planta de asfalto del cantón Cuenca, a 40 minutos del Control Sur, en la parroquia Quingeo, mismo que se ha identificado como un prospecto viable para la explotación de materiales de construcción.

El prospecto minero denominada como Target 1, se encuentra fuera de zonas de prohibición minera, su área no se encuentra concesionada ni registrada como libre aprovechamiento para realizar actividad minera para materiales de construcción. Es importante resaltar que no existen fuentes hídricas cercanas al área de interés del prospecto.

Se determinó que el prospecto minero es de interés geológico teniendo una matriz rocosa de riolita clasificada, según el R.M.R., como roca muy buena, misma que ha dado resultados de laboratorio favorables, cumpliendo con la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), permitiendo su aprovechamiento para materiales de base, subbase, como material granular para la elaboración de hormigones, para agregados para mezclas asfálticas y bituminosas y como material original para superficies de áridos no tratados.

Se determinó que el prospecto tiene viabilidad técnica y económica debido a que se encuentra dentro del rango del buffer de 80km, reduciendo en un 38.6% la distancia actual recorrida de acarreo del material obtenido en el cantón Santa Isabel, lo que incurre en una reducción de costos operacionales significativa.

El prospecto minero presentó una topografía favorable que permitió diseñar, en primera instancia, 8 perfiles de explotación otorgando un volumen de extracción de 1.203.945,5 m³.

El volumen de extracción calculado representa los Recursos Indicados del prospecto minero, esto se debe a que el perfil geológico se lo determinó con calicatas de 3 metros de profundidad y no con sondeos profundos de recuperación de testigos, además el área de interés actualmente no cuenta con los permisos legales ni ambientales que permitan llevar una exploración avanzada que aumente el nivel de confianza del presente estudio para convertir los recursos en reservas probables y probadas.

Se determinó que el acceso vial al área minera Target 1 es favorable debido a que la mayor parte de la vía corresponde a vías de primer orden, además las vías lastradas tienen mantenimiento continuo, sin embargo, se debe ampliar y mejorar la vía del tramo 5 para el acceso y tránsito de maquinaria pesada, resaltando que la distancia del punto de conexión a esta es mínima y la geología del terreno es apta para llevar a cabo dicha ampliación.

Se determinó que el factor demográfico es favorable, no existen construcciones públicas o privadas que se vean afectadas por una explotación minera, los terrenos son utilizados para llevar a cabo actividades de pastoreo y en una mínima cantidad para agricultura.

Se desarrolló una propuesta de diseño, en base a la topografía y perfiles de explotación obtenidos, a través del método de explotación de canteras en bancos descendentes, teniendo como características geométricas principales una altura de banco de 8m, un ángulo de talud del banco de 50°, un total de 17 bancos de explotación, un ángulo de liquidación de 37°, un ancho de berma de 4m y una inclinación mínima de banco de -2° misma que servirá como cuneta en contrapendiente para favorecer al drenaje de aguas lluvias, el diseño de caminos y accesos interiores deberá tener un mínimo de 4 metros de ancho y debe ser paralelo al ancho del banco, las rampas deberán ser de tipo temporal y no sobrepasar pendientes mayores al 10%.

Se determinó una altura de banco de 8 metros debido a que, en el inventario de maquinaria, la prefectura del Azuay cuenta con excavadoras Doosan 330 LC-V y excavadoras medianas modelos Komatsu lo que dificulta utilizar bancos más altos y por ende más anchos.

Se determinó, mediante un estudio de estabilidad de talud, que el diseño propuesto es óptimo y su factor de seguridad se encuentra muy por encima del factor de seguridad mínimo para garantizar el correcto desarrollo de las operaciones a realizarse dentro del ciclo de explotación minera, asegurando la vida del personal que laborará dentro de mina y la maquinaria a utilizarse.

En este proyecto no se contemplaron estudios de prospección profunda directa ni indirecta, por lo que las conclusiones están basadas netamente en las características superficiales y pueden carecer de precisión en cuanto al cálculo de volúmenes y continuidad de las litologías, además se detalla que, por esta razón la geometría propuesta es bastante conservadora, hecho que se comprueba con el valor elevado del FS calculado, esta geometría puede ser optimizada una vez que se realicen los estudios geomecánicos a detalle del macizo rocoso.

Recomendaciones

Es estrictamente necesario llevar a cabo el concesionamiento minero del área de interés o en su defecto la solicitud de área de libre aprovechamiento, que permita legalizar la actividad minera y la obtención de una licencia ambiental para empezar estudios de exploración avanzada.

Tomando en cuenta que el estudio no contempla ningún tipo de prospección profunda, se recomienda realizar investigaciones geofísicas, geotécnicas y un plan de sondeos con extracción de testigos y análisis detallado de características geológicas de las zonas de estudio, para llevar a cabo un cálculo de reservas con mayor exactitud y precisión, además esto permitirá optimizar la geometría propuesta, aumentar sus dimensiones y recuperar la mayor parte de material útil.

BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional. (27 de enero de 2009). *Lexis* . Obtenido de https://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_mineria.pdf
- Bustillo Revuelta, M., & López Jimeno, G. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Madrid: Gráfica Arias Monato.
- Geoxnet. (2016). Código JORC: Recursos y Reservas Minerales. *Geoxnet*, 6.
- Gobierno Provincial del Azuay. (2015). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay Actualizado 2015 - 2030*. Cuenca: Dirección de Planificación - Coordinación de Ordenamiento Territorial.
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Herrera Herbert, J. (Noviembre de 2007). *Diseño de Explotación de Canteras*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid . Obtenido de https://oa.upm.es/21839/1/071120_L3_CANTERAS-ARIDOS.pdf
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Reglamento Ambiental de Actividades Mineras*. Quito: Acuerdo Ministerial 37.
- Parker, T., & Carr, J. (27 de noviembre de 2021). Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6726/1/RAP02_Cordillera_Costa_Ecuador_Oct-1992.pdf
- SNAP. (27 de noviembre de 2021). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/parque-nacional-sangay>
- SNAP. (27 de noviembre de 2021). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/parque-nacional-cajas>
- SNAP. (27 de noviembre de 2021). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/bosques-protectores>

ANEXOS

ANEXO A

Formaciones geológicas

Código	Formación Geológica	Descripción	Comportamiento Geotécnico
g	-	Rocas graníticas indiferenciadas	-
Av	Arcillas Varvadas	Depósito de arcillas, limos y limolitas finamente estratificados, oxidados y fragmentados	Arcillas sensibles a la saturación y al remoldeo, son de media a baja consistencia en estado seco y baja resistencia al corte.
Da	Depósito Aluvial	Bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición.	Material suelto granular, muy permeable, friccionante, no cohesivo acepta, es deleznable.
dg	Depósito Glacial	Depósitos aluviales con origen y transporte inicial desde la época glacial.	Baja susceptibilidad similar a los depósitos coluviales compactos, son estables y competentes.
Co	Depósito Coluvial	Mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos de angulares y sus angulares en matriz limo arcillosa.	Depósitos de permeabilidad variable son depósitos antiguos granulares compactos en pendientes bajas.
De	Derrumbe	Derrumbe	Altas probabilidades de reacción por actividades antrópicas e intensas precipitaciones.
di	Diorita	Diorita	Materiales sueltos en macizos de baja resistencia, condicionados por la resistencia al corte.
MAz	Formación Azogues	Areniscas tobáceas de grano medio a grueso, con capas de lutita, limolita y pocas intercalaciones de conglomerados	Macizo competente calificado como rocas IV - III, establecen pendientes a mayores de 30°, en condiciones húmedas disminuye su resistencia al corte, son altamente expansivos en materiales retrabajados.

Mb	Formación Biblián	Alternancia de argelitas, limolitas rojizas interestratificadas con areniscas tobáceas de grano fino.	Presenta alteración residual, en condiciones mal drenadas disminuye la resistencia al corte, tiene indicios de expansividad media-alta y alta plasticidad.
Kc	Formación Celica	Andesitas afaníticas de color verdoso, presentan fallas intercaladas con tobas riolíticas.	Macizo de buena calidad, depende del nivel y estado de fractura y resistencia al corte en los planos de debilidad.
Lu	Formación Chinchillo	Capas de lutita negra.	No presentan movimientos de masa de suelo, se concentran en el cantón Oña.
Jb	Formación Jubones	Tobas riolíticas.	Los deslizamientos en esta formación son nulos. Solamente se constató flujo de escombros en Quingeo.
ML	Formación Loyola	Alternancia de lutitas muy fisibles, limolitas que meteorizan a arcillas, lentes de areniscas y limos as finamente estratificadas como cemento calcáreo.	Facie arenosa de mediana competencia poco representativa. Facie fina, es visible bajas propiedades mecánicas, es de material colapsable.
KM	Formación Macuchi	Cornubianitas indiferenciadas, rocas afectadas por metamorfismo de contacto.	La resistencia al corte disminuye en condiciones de sobresaturación, derrumbes junto a la vía.
MM	Formación Mangán	Secuencia de limolitas, lutitas, areniscas granulares y conglomerados.	Alternancia fina granular- dura o blanda, predominan los estratos fisiles las condiciones de saturación disminuyen la resistencia al corte.
MPLa	Formación Nabón	Tobas estratificadas de grano fino capas de lapilli, conglomerados guijarros, areniscas y limolitas arcillas diatomitas.	Reptación ubicada junto al río Banquir.
K	Formación Piñón	Andesitas, tobas, dacitas y aglomerados.	No hay presencia de movimientos de masa de suelo.

ANEXO B

Tabla de categorías para hormigones

Categorías	Severidad	Clase	Condición	
F Congelación y deshielo	No existe	F0	Hormigón no expuesto a ciclos de congelación y deshielo.	
	Moderada	F1	Hormigón expuesto a ciclos de congelación, deshielo y exposición ocasional a la humedad.	
	Severa	F2	Hormigón expuesto a ciclos de congelación, deshielo y en contacto continuo con la humedad.	
	Muy severa	F3	Hormigón expuesto a ciclos de congelación, deshielo y que esté en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos para descongelar.	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO₄) en el suelo, % en masa	Sulfato (SO₄) disuelto en agua, ppm
	No aplicable	S0	SO ₄ <0.1	SO ₄ <150
	Moderada	S1	0.1≤SO ₄ <0.2	150≤SO ₄ <1500 agua marina
	Severa	S2	0.2≤SO ₄ ≤2.0	1,500≤SO ₄ ≤10,000
	Muy severa	S3	SO ₄ >2.0	SO ₄ >10,000
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo contra la corrosión	No aplicable	C0	Hormigón seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Hormigón expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	Severa	C2	Hormigón expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos para descongelar: sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

MAPA GEOLOGICO DE SIGSIG

Escala 1:50.000



Ministerio de Energía y Minas

DIRECCION NACIONAL DE GEOLOGIA

Ministerio de Energía y Minas
 Ley 1074 (2007) Marco del Sistema
 Ministro de Energía y Minas

Subsecretaría de Minas

León García-Ramos

Subsecretaría de Minas

Subsecretaría de Minas

Dirección Nacional de Geología (DINAGE)

Dr. Jaime Armijos

Director Nacional de Geología

Supervisión Geológica

Unidad de Cartografía y Recursos Mineros

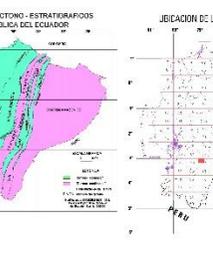
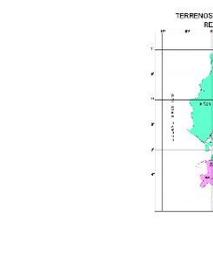
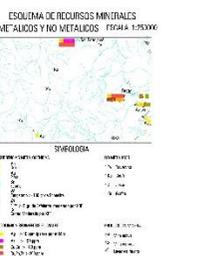
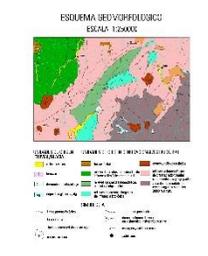
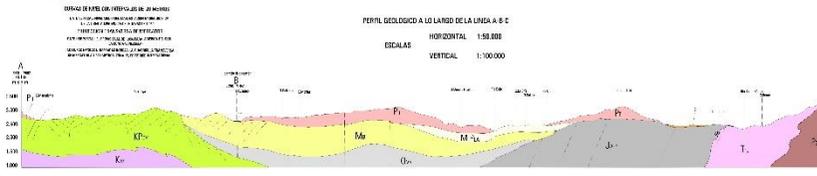
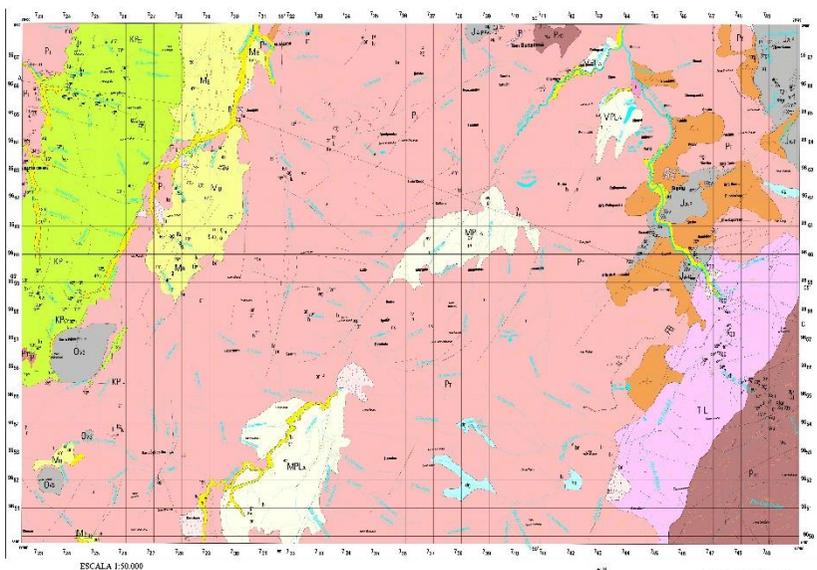
Supervisión Geológica

Unidad de Cartografía y Recursos Mineros

MAPA GEOLOGICO DEL ECUADOR
 ESCALA 1:50.000

SIGSIG

Hoja: 75.100
 CT. W-14.1.334-V



LEYENDA

ESCALA 1:50.000

- Geological units: P, M, J, T, etc.
- Structural features: F, etc.
- Topographic features: etc.
- Mineral resources: etc.

PUNTO DE REFERENCIA		PUNTO DE REFERENCIA	
COORDENADAS	ALTIMETRIA	COORDENADAS	ALTIMETRIA
1	1000	1	1000
2	2000	2	2000
3	3000	3	3000
4	4000	4	4000

MAPA GEOLÓGICO DE GIRÓN

Escala 1:100.000

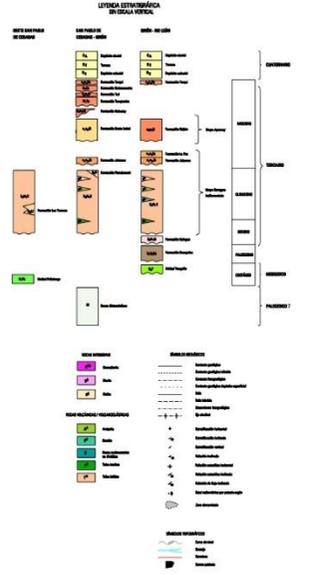
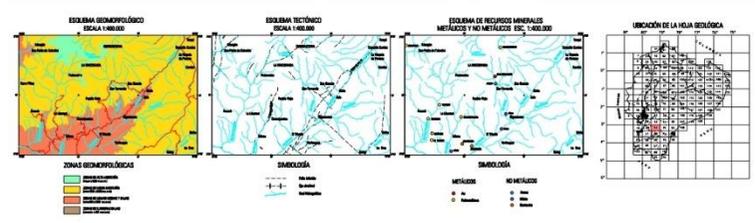
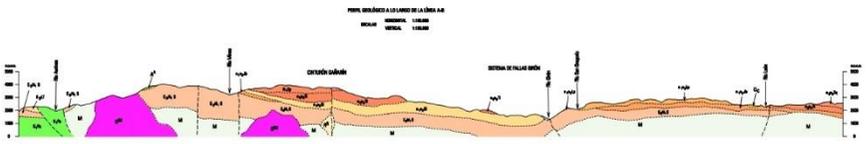
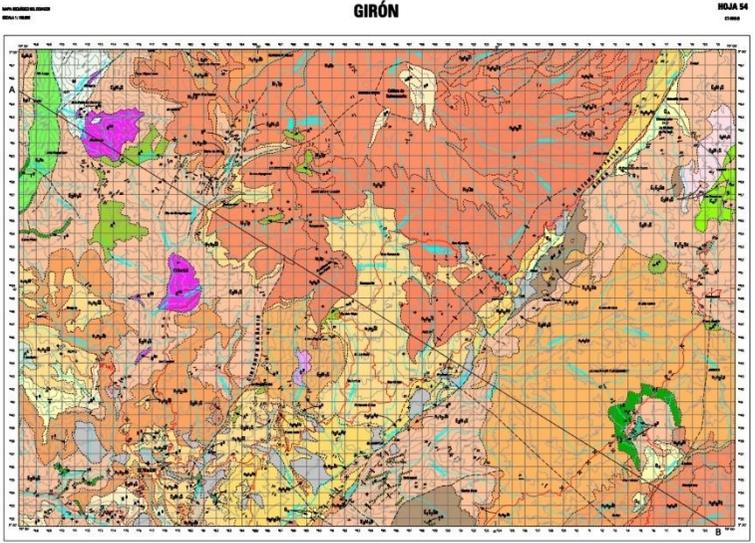
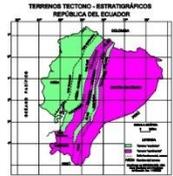
REPÚBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
SUBSECRETARÍA DE MINAS

DIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA

Elaborado por: Instituto Ecuatoriano de Estudios Geológicos del Estado (I.E.E.G.)
Coordinador y autor principal: Eduardo Aguilar, Director General
Elaborado por: Juan Carlos, Víctor, José, José
Supervisor: Washington Cevallos, Director General
Aprobado por: Luis Palacios, Director Nacional de Geología

RESUMEN DEL ESTADO DE LOS HECHOS:
El presente mapa geológico de Girón, elaborado a escala 1:100.000, muestra la distribución espacial de las unidades geológicas que conforman el territorio. El estudio se basó en datos geológicos de campo, fotografías aéreas y mapas geológicos de escalas mayores. El territorio está conformado por unidades geológicas de diversas edades y tipos litológicos, que se relacionan con procesos tectónicos y magmáticos. El mapa incluye una leyenda detallada que describe las unidades geológicas, los tipos de rocas, las estructuras tectónicas y los recursos minerales. El mapa también incluye una escala gráfica y una leyenda de símbolos para las estructuras tectónicas y los recursos minerales.



ANEXO D

Ficha Geológica

Target 1	Coordenadas (X,Y)	722920 9655623
Descripción macroscópica:		
Tipo de roca: Riolita		
Probable explotación: Pétreo		
<p>Cerca de la carretera hacia el Noreste en la parte superior se observa vegetación arbórea intensa con una capa de material orgánico de color negro, el espesor de dicha capa es de 0.50 metros aproximadamente. Sin embargo, puede variar a lo largo del terreno.</p> <p>Un afloramiento se observa hacia el Noreste posterior a la capa orgánica consiste en un material masivo de un color café claro con tonalidades oscuras, la altura del material mencionado es de 2 metros.</p>		

Hacia el Suroeste de la carretera, caminando por el camino de lastre. Aproximadamente unos 50 pasos del punto de coordenadas indicado se observa una litología de colores verde azulado y negro, fracturado y en la parte superior cubierta de vegetación arbórea.

Descripción a mano:

La litología descrita perteneciente al Noreste cercano a la carretera es observada bajo lupa de aumento x10, en el cual se identifica una matriz de color café crema. Sin embargo, se pueden observar minerales como: cuarzo y óxidos de color negro. Esta roca es una lutita y es identificada por su fractura concoidea en campo.

Hacia el Suroeste cercano al camino de lastre se observa una litología, la cual posee una matriz de color azul con tonalidad oscuras de textura fanerítica. Los minerales presentes en la litología son: Hornblendas en un 60%, biotitas en un 20%, plagioclasas en un 15% y cuarzos 5%.



ANEXO E

Resultados de laboratorio

TITANIUM ROAD
Expertos en suelos, concretos y asfaltos.

TITANIUMROAD Cia. Ltda.

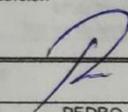
PROYECTO: [REDACTED]
SOLICITA: [REDACTED]

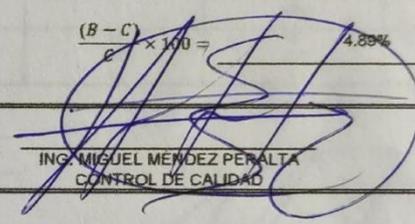
Ensayo : DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO FINO Y GRUESO
Norma : ASTM C 127 y ASTM C 128

Fecha de Muestreo : 17/11/2021 Lugar de extracción: Quingeo - Cuenca
Muestreado por : Ing. Miguel Orbe Sáenz Material: Triturado
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta Procedencia: Análisis de muestra Target 6

DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C 127 AASHTO T 85

A	Peso del material sumergido		596.60
B	Peso del material Saturado Seco Superficialmente		1023.90
C	Peso del material seco		976.20
1)	Gravedad Especifica de Masa (Bulk)	$\frac{C}{(B - A)} =$	2.28
2)	Gravedad Especifica Saturada Seca Superficialmente (SSS)	$\frac{B}{(B - A)} =$	2.40
3)	Gravedad Especifica Aparente	$\frac{C}{(C - A)} =$	2.57
4)	Porcentaje de Absorción	$\frac{(B - C)}{C} \times 100 =$	4.88%


PEDRO ARCE
LABORATORISTA


ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
CONTROL DE CALIDAD

TITANIUMROAD Cia. Ltda.

PROYECTO:

SOLICITA:

Ensayo : ABRASION

Norma : ASTM C -131

Fecha de Muestreo : 17/11/2021

Lugar de extraccion: Quíngo - Cuenca

Muestreado por : Ing. Miguel Orbe Sáenz

Material: Material Triturado

Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peraila

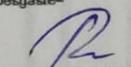
Procedencia: Análisis de muestra Target 6

MÉTODO		A	B	C	D
DIÁMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL (gramos)			
Pasa el tamiz	Retenido en Tamiz				
		(1250±25)			
1 1/4"	1"	(1250±25)			
1"	3/4"	(1250±10)	(2500±10)		
3/4"	1/2"	(1250±10)	(2500±10)		
1/2"	3/8"			(2500±10)	
3/8"	1/4"			2500	
1/4"	Nº 4			(2500±10)	
				2500	
Nº 4	Nº 8				(5000±10)
PESO TOTAL		(5000±10)	(5000±10)	(5000±10)	(5000±10)
Nº de Esferas		12	11	8	6
Nº de Revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)		15	15	15	15

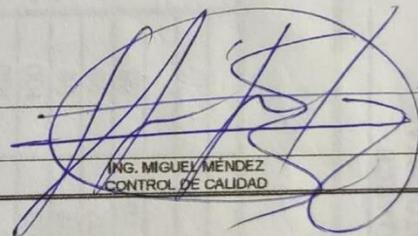
Peso Inicial _____ 5000

Peso Final _____ 2497

% Desgaste= $\frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100$ _____ 50.06%



PEDRO ARCE
LABORATORISTA



ING. MIGUEL MENDEZ
CONTROL DE CALIDAD

TITANIUMROAD Cia. Ltda.

PROYECTO:

SOLICITA:

Ensayo : **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Norma : **ASTM D 422-63**

Fecha de Muestreo : 17/11/2021

Lugar de extraccion: Quingeo - Cuenca

Muestreado por : Ing. Miguel Orbe Sáenz

Material: Material Triturado

Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Procedencia: Análisis de muestra Target 6

ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Peso Inicial de la Muestra Seca 2995.00 gr

Peso de la Muestra Después del Lavado 1011.00 gr

Perdida por Lavado 1984.00 gr

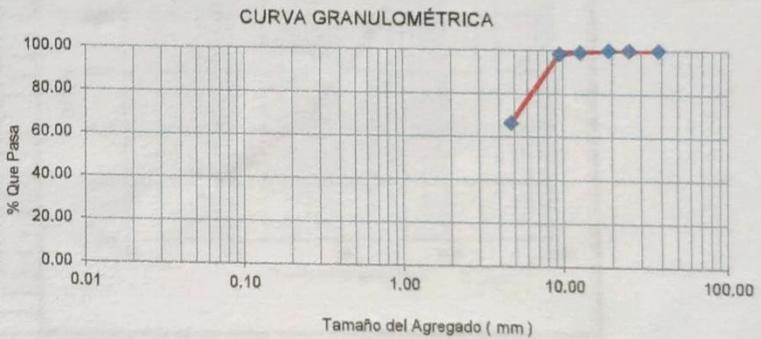
Grava = 34

Arena = 66

Finos = 0

Tolerancia 34 %

Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr.)	Ret. Acumulado (gr.)	% Que Pasa (%)
3"	76.20	-	-	100
2½"	63.50	-	-	100
2"	50.80	-	-	100
1½"	38.10	-	-	100
1"	25.40	-	-	100
¾"	19.00	0.00	0.00	100
½"	12.70	26.00	26.00	99
⅜"	9.53	24.00	50.00	98
N°4	4.75	961.00	1011.00	66
PASA No. 4			1984.00	
Total Retenido :	2995.00			



PEDRO ARCE
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ
CONTROL DE CALIDAD

TITANIUMROAD Cia. Ltda.

PROYECO:

SOLICITA:

Ensayo : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO

Norma : ASTM D 422-83

Fecha de Muestreo : 17/11/2021

Muestreado por : Ing. Miguel Orbe Sáenz

Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Lugar de extracción: Quingeo - Cuenca

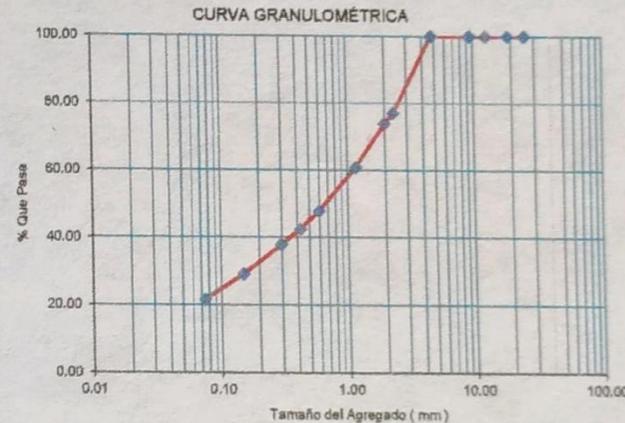
Material: Polvo

Procedencia: Análisis de muestra Target 6

ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Peso Inicial de la Muestra Seca	500.00 gr	Humedad (w%)	Grava =	0
Peso de la Muestra Después del Lavado	396.60 gr	Ps (gr) =	Arena =	78
Perdida por Lavado	103.40 gr	Ph (gr) =	Finos =	22
Tolerancia	79.32 %	w% =		5.0

Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr.)	Ret Acumulado (gr.)	% Que Pasa (%)
3"	76.20			100
2½"	63.50			100
2"	50.80			100
1½"	38.10			100
1"	25.40			100
¾"	19.00			100
½"	12.70			100
⅜"	9.53			100
N°4	4.75	0.00	0.00	100
N°8	2.36	114.60	114.60	77
N°10	2.00	16.10	130.70	74
N°16	1.18	65.00	195.70	61
N°30	0.60	64.90	260.60	48
N°40	0.43	27.00	287.60	42
N°50	0.30	23.50	311.10	38
N°100	0.15	43.50	354.60	29
N°200	0.075	37.80	392.20	22
PASA 200		4.40		
Total Retenido :				



Modulo de Finura 3.12

Si el modulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el modulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el módulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.

Límites de Atterberg NP

El material analizado en laboratorio es de características no plásticas.

***Material entregado en laboratorio.

PEDRO ARCE
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
CONTROL DE CALIDAD

ANEXO F

ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Resultados del esclerómetro target 1

Estación 1		Estación 2	
N°	Rebotes	N°	Rebotes
R01	42	R01	53
R02	43	R02	58
R03	61	R03	61
R04	32	R04	61
R05	60	R05	60
R06	46	R06	64
R07	56	R07	64
R08	59	R08	44
R09	48	R09	60
R10	51	R10	60
Promedio	49.8	Promedio	58.5
RCU	60 MPa	RCU	77.98 MPa

Valores de los parámetros del cálculo de R.M.R.

RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RMR					
VALORES DE LOS PARÁMETROS			PUNTAJÓ VALOR		
Resistencia de la Roca intacta a Compresión Simple			7	100-50 MPa	
R.Q.D			17	90-75 %	
Separación entre Juntas			15	0,60-2 m	
Estado de las Juntas			30	Muy rugosas, no continuas, Cerradas, bordes sanos y duros	
Flujo de agua en las Juntas			10	Ligeramente Húmedas	
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DIACLASAS					
Taludes			-5	Favorables	
VALOR DE R.M.R			74		
CORRELACIONES DEL R.M.R					
Cohesión			370	KPa	Valores propuestos por Bieniawski
Ángulo de rozamiento			42	º	Valores propuestos por Bieniawski
Módulo de deformabilidad			48	GPa	Correlación según Bieniawski y ORR (1976)
CLASES DE MACIZOS ROCOSOS SEGÚN EL VALOR DEL RMR AJUSTADO					
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
CLASE	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA

Resultados del cálculo de R.M.R.

CÁLCULO DEL R.M.R

Parámetros de Clasificación

Resistencia de la Roca intacta a Compresión Simple: 100-50 MPa

R.Q.D: 90-75 %

Separación entre juntas: 0,60-2 m

Estado de las juntas: Muy rugosas, no continuas, Cerradas, bordes sanos y duros

Flujo de agua en las juntas: Ligeramente Húmedas

Corrección por orientación de las diaclasas

Cimentaciones: Muy Favorables

Taludes: Favorables

Tuneles: Muy Favorables

VALOR DEL R.M.R: 74

Correlaciones del RMR

Ángulo de rozamiento: 42 °

Cohesión: 370 KPa

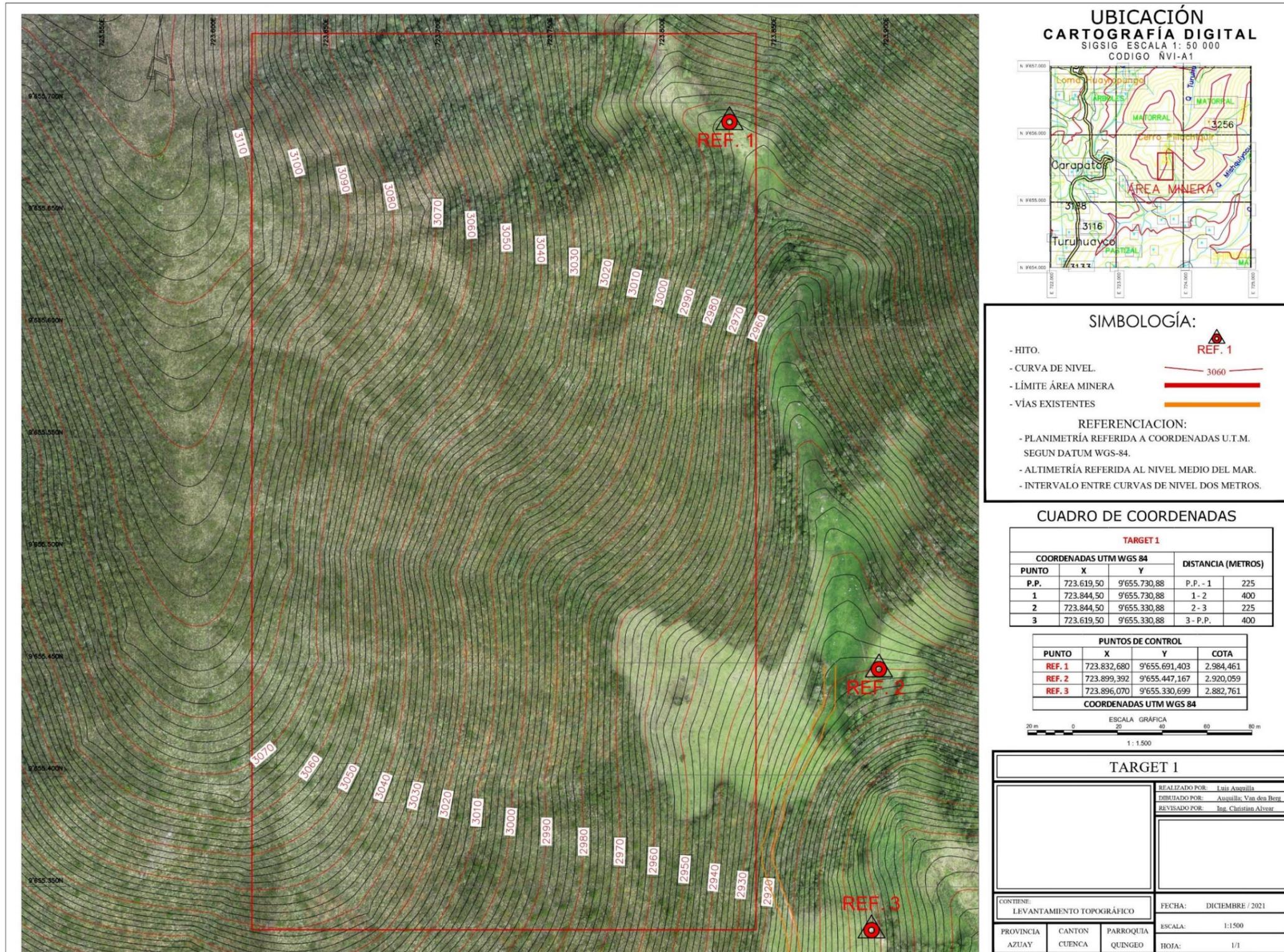
Módulo de deformación: 48 GPa

Informe Finalizar

Esclerómetro KAMEKURA

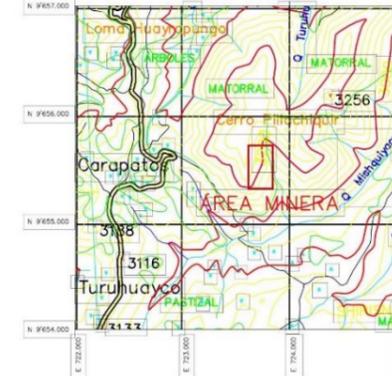


ANEXO G: LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y DISEÑO DE PERFILES Y BANCOS



UBICACIÓN CARTOGRAFÍA DIGITAL

SIGSIG ESCALA 1: 50 000
CODIGO NVI-A1



SIMBOLOGÍA:

- HITO.
- CURVA DE NIVEL.
- LÍMITE ÁREA MINERA
- VÍAS EXISTENTES

REFERENCIACION:

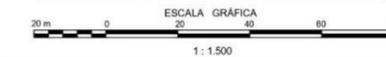
- PLANIMETRÍA REFERIDA A COORDENADAS U.T.M. SEGUN DATUM WGS-84.
- ALTIMETRÍA REFERIDA AL NIVEL MEDIO DEL MAR.
- INTERVALO ENTRE CURVAS DE NIVEL DOS METROS.

CUADRO DE COORDENADAS

TARGET 1			
PUNTO	COORDENADAS UTM WGS 84		DISTANCIA (METROS)
	X	Y	
P.P.	723.619,50	9'655.730,88	P.P. - 1 225
1	723.844,50	9'655.730,88	1 - 2 400
2	723.844,50	9'655.330,88	2 - 3 225
3	723.619,50	9'655.330,88	3 - P.P. 400

PUNTOS DE CONTROL			
PUNTO	X	Y	COTA
REF. 1	723.832,680	9'655.691,403	2.984,461
REF. 2	723.899,392	9'655.447,167	2.920,059
REF. 3	723.896,070	9'655.330,699	2.882,761

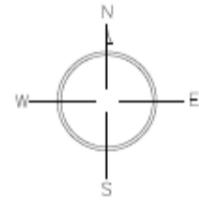
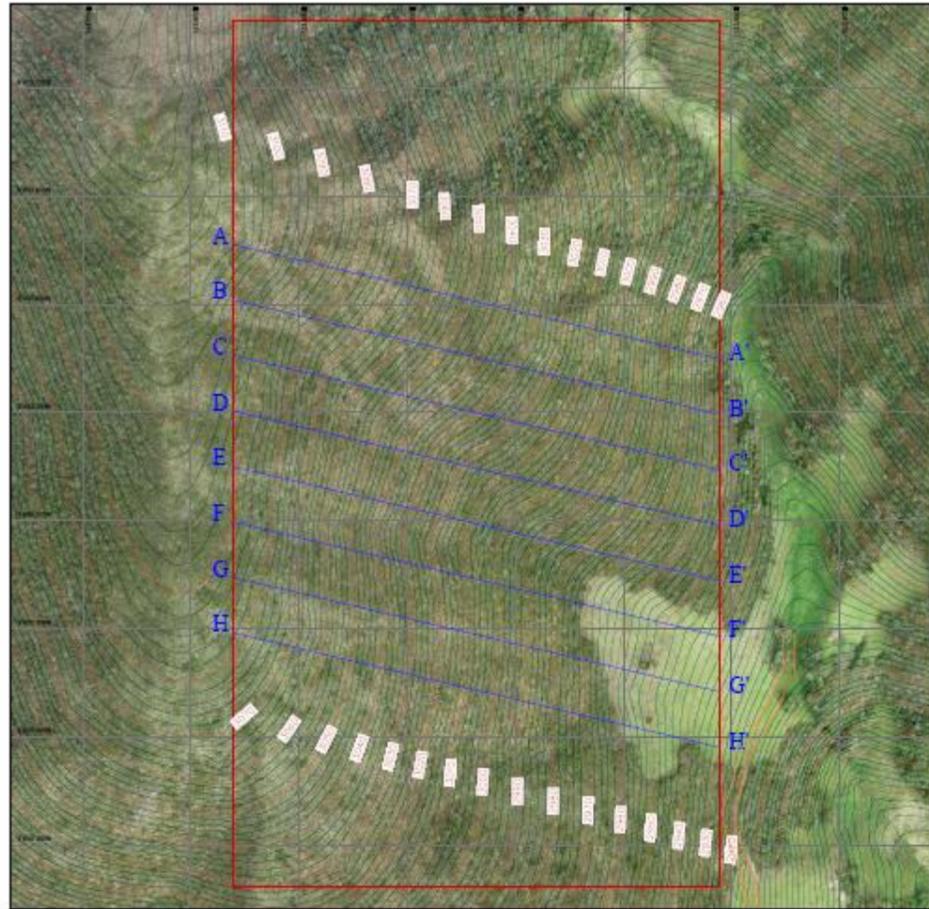
COORDENADAS UTM WGS 84



TARGET 1

			REALIZADO POR: Luis Anguilla
			DIBUJADO POR: Anguilla Van den Berg
			REVISADO POR: Ing. Christian Alvar
CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			FECHA: DICIEMBRE / 2021
PROVINCIA AZUAY	CANTON CUENCA	PARROQUIA QUINGEO	ESCALA: 1:1500
			HOJA: 1/1

Plano 1. Levantamiento topográfico área Minera Target 1

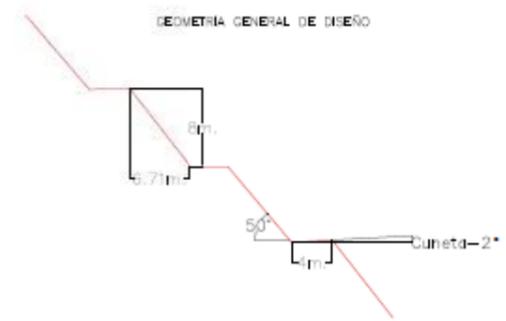
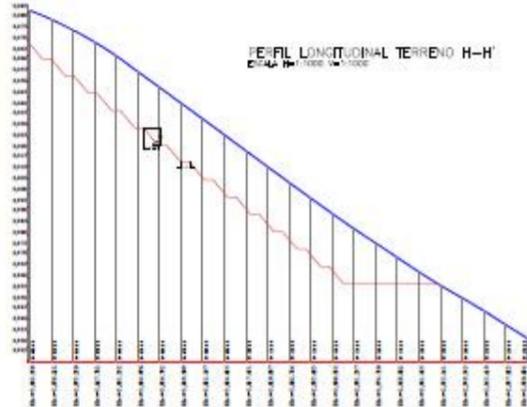
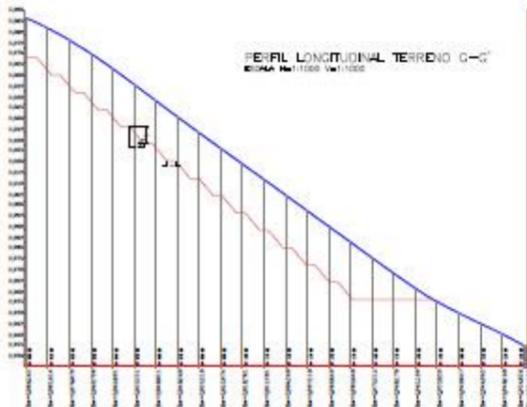
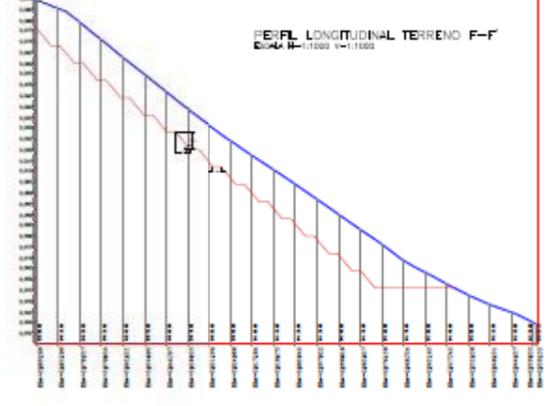
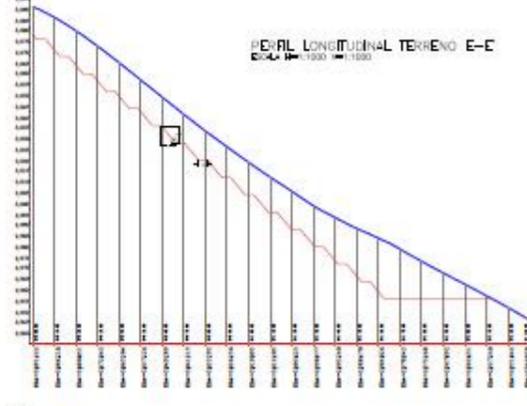
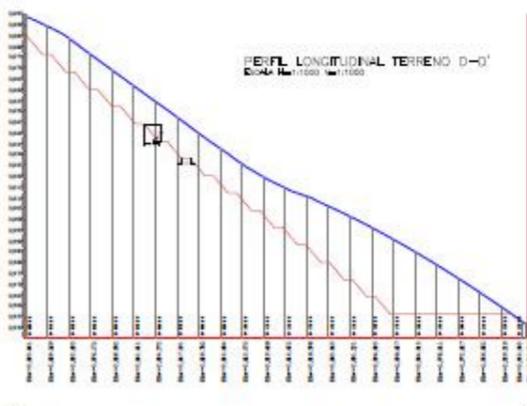
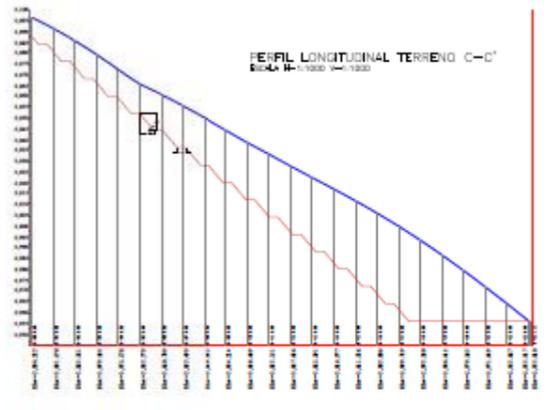
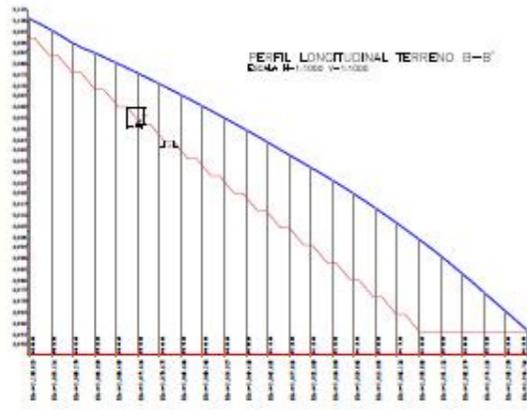
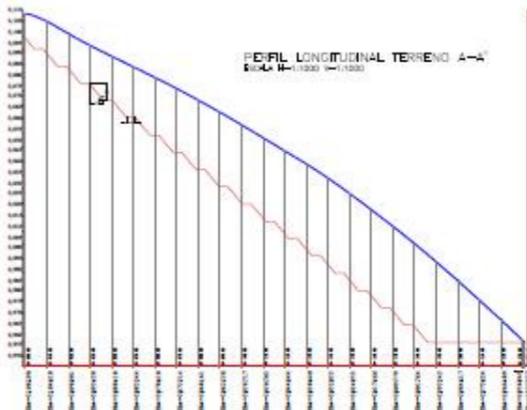


SIMBOLOGÍA:

- CURVA DE NIVEL — 3110 —
- PERFIL TERRENO —
- DISEÑO DE BANCOS —
- LIMITE AREA MINERA —
- VIA EXISTENTE —

REFERENCIACION:

- PLANIMETRIA REFERIDA A COORDENADAS U.T.M. SEGUN DATUM WGS-84.
- ALTIMETRIA REFERIDA AL NIVEL MEDIO DEL MAR.
- INTERVALO ENTRE CURVAS DE NIVEL UN METRO.



CÁLCULO DE VOLUMEN DE EXTRACCIÓN

PERFIL	ÁREA DE EXTRACCIÓN (m ²)	ÁREA PROMEDIO (m ²)	DISTANCIA MEDIA (m)	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m ³)
A-A'	6719.29	9812.06	25	245301.5
B-B'	6185.58	8840.04	25	221001
C-C'	5308.01	7456.02	25	186401.75
D-D'	4294.12	5963.31	25	149307.75
E-E'	3312.38	4942.48	25	121562
F-F'	3220.2	5153.03	25	128825.75
G-G'	3855.65	5993.83	25	149845.75
H-H'	4256.35			
VOLUMEN TOTAL				1203945.5

RESERVAS PROBABLES

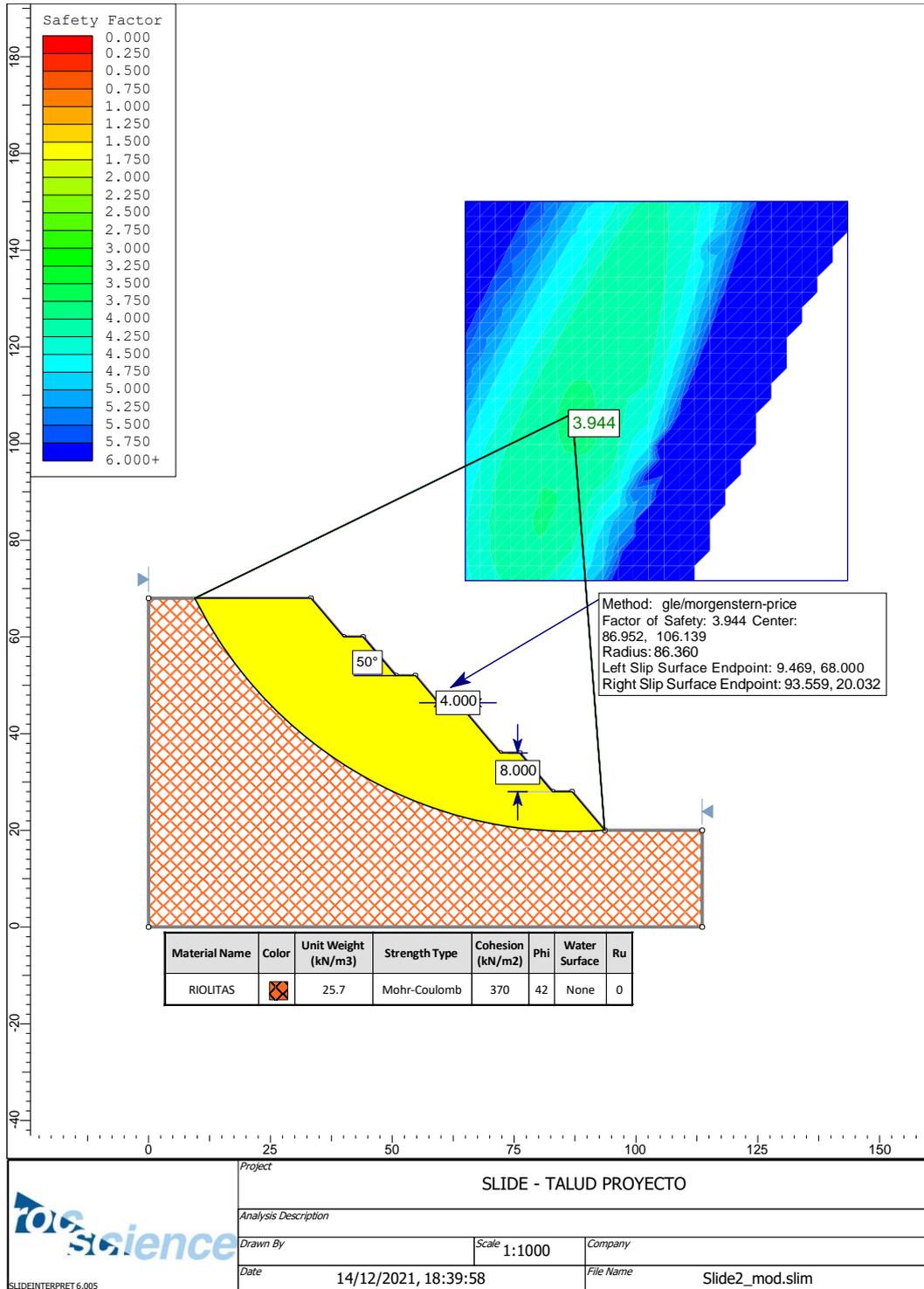
ÁREA TOTAL DE EXTRACCIÓN (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
40447.87	125	5055983.8

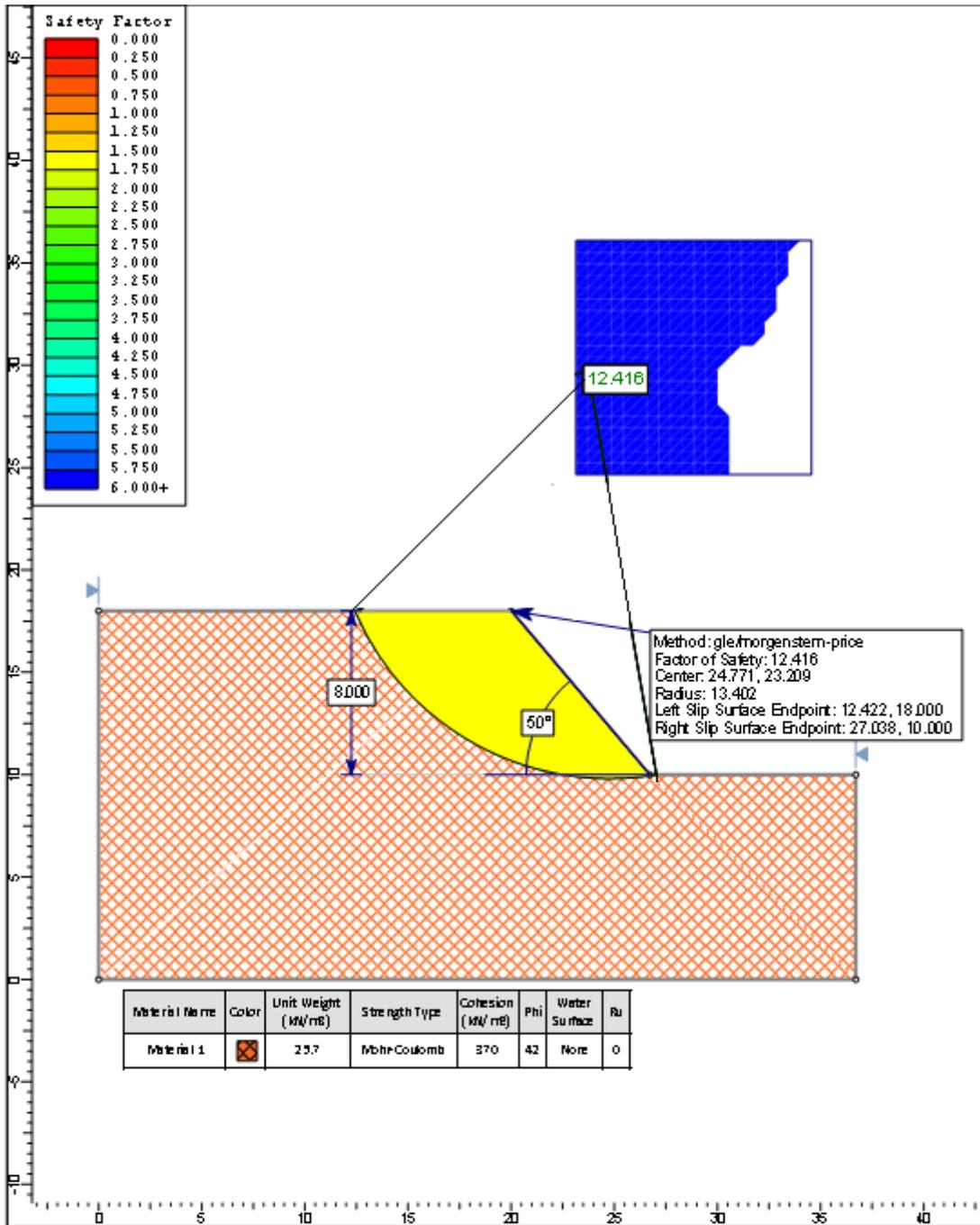


TARGET 1			
PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA
INSTITUCIÓN	PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA
PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA
PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA	PROYECTISTA

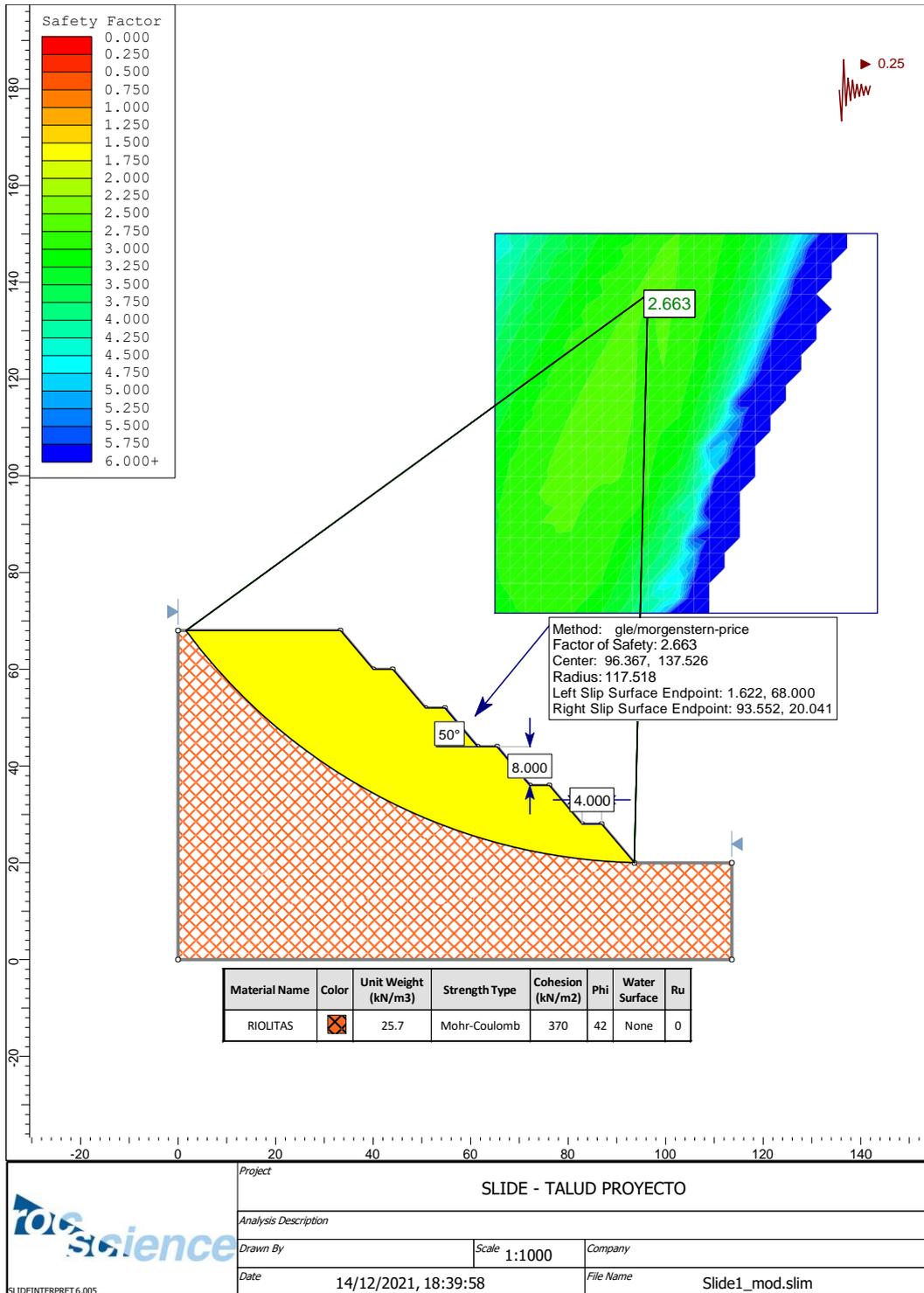
ANEXO H: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Condiciones estáticas (Kh = 0)



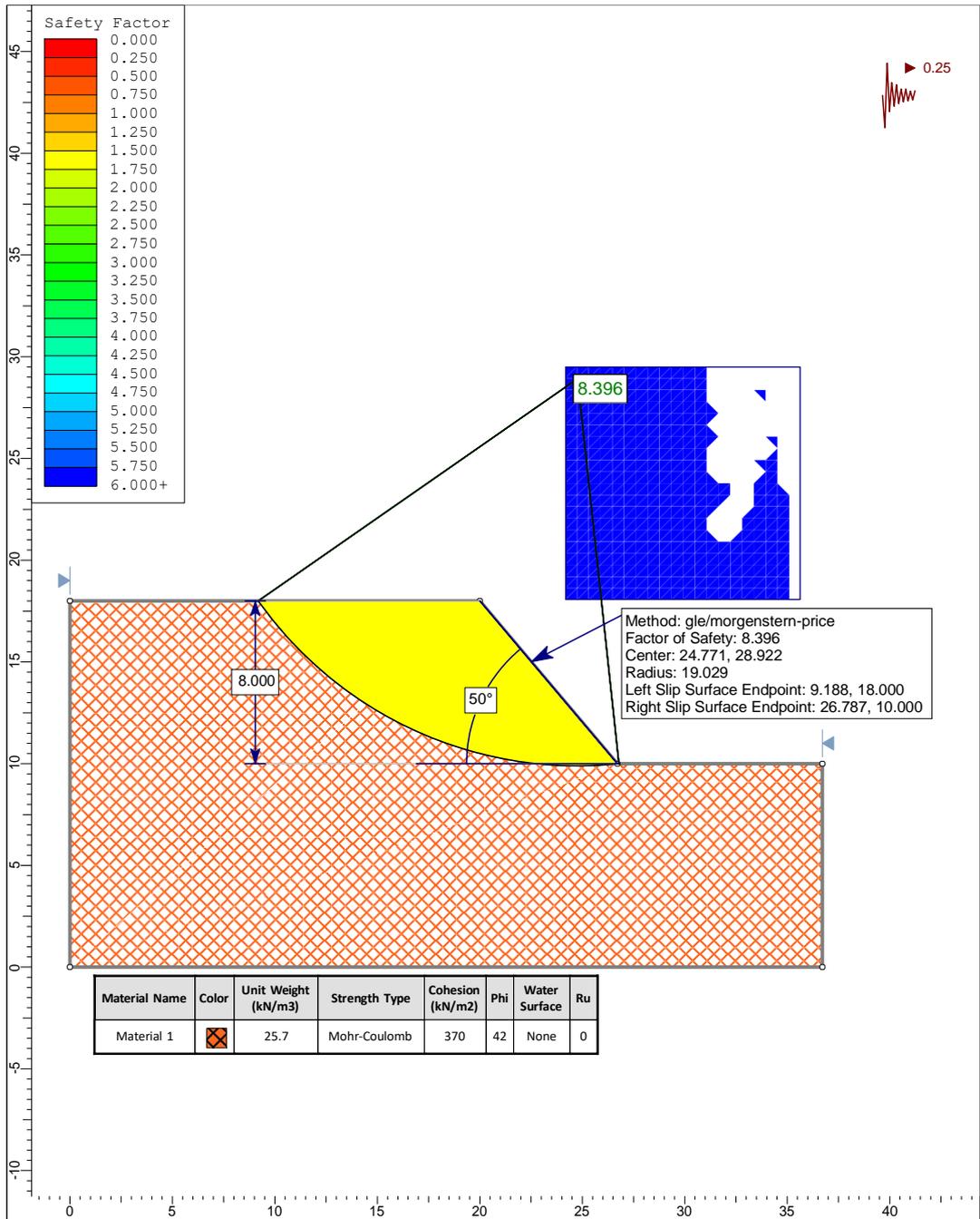


Condiciones pseudo-estáticas (Kh = 0.25)



	Project			SLIDE - TALUD PROYECTO		
	Analysis Description					
	Drawn By	Scale	1:1000	Company		
	Date	14/12/2021, 18:39:58		File Name	Slide1_mod.slim	

SLIDEINTERPRET 6.005



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Material 1		25.7	Mohr-Coulomb	370	42	None	0

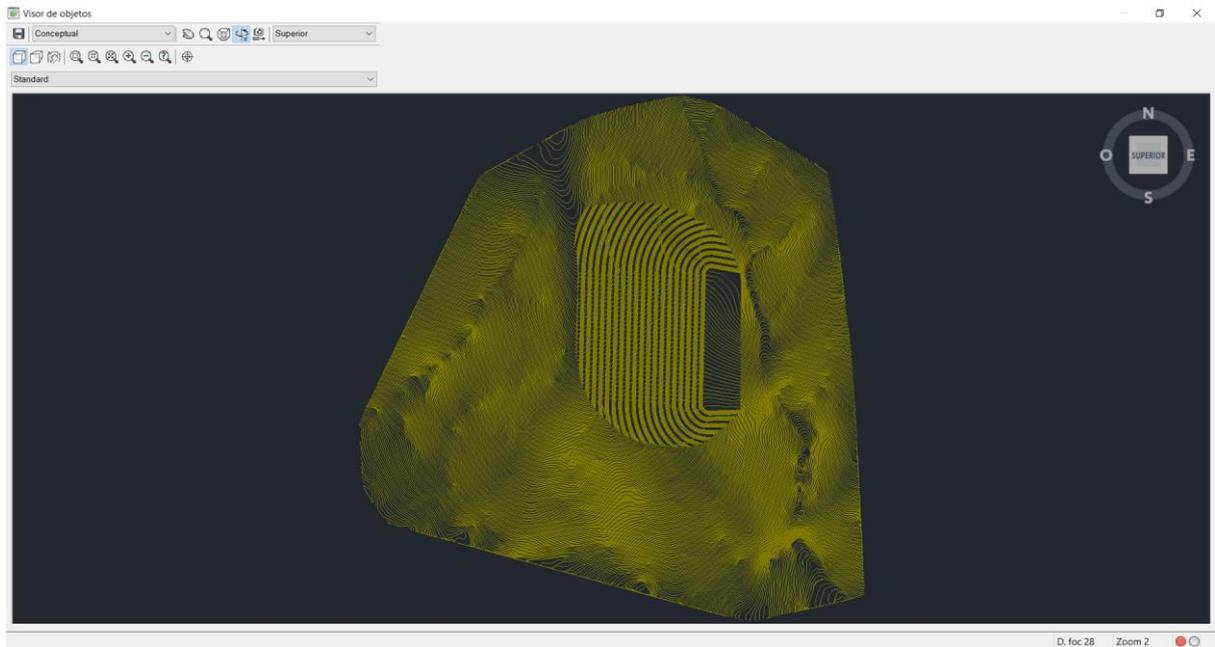
	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale 1:250	Company
Date	28/12/2021, 22:51:37	File Name	Slide4_mod.slim

SLIDEINTERPRET 6.005

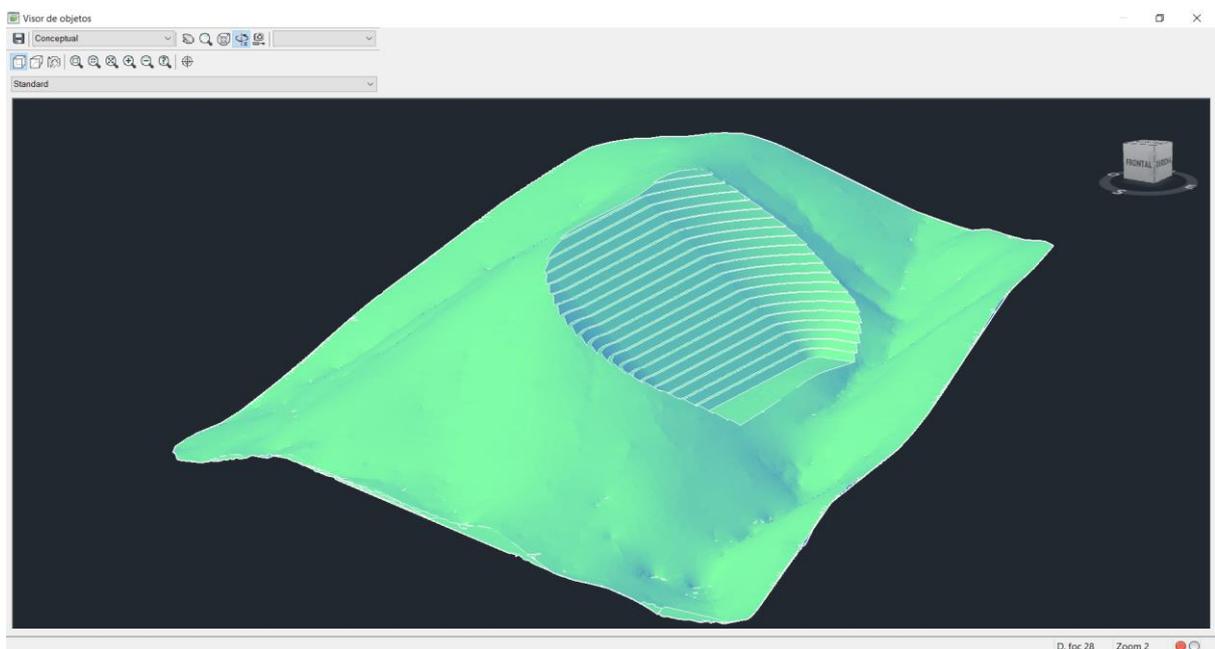
ANEXO I

MODELADO 3D

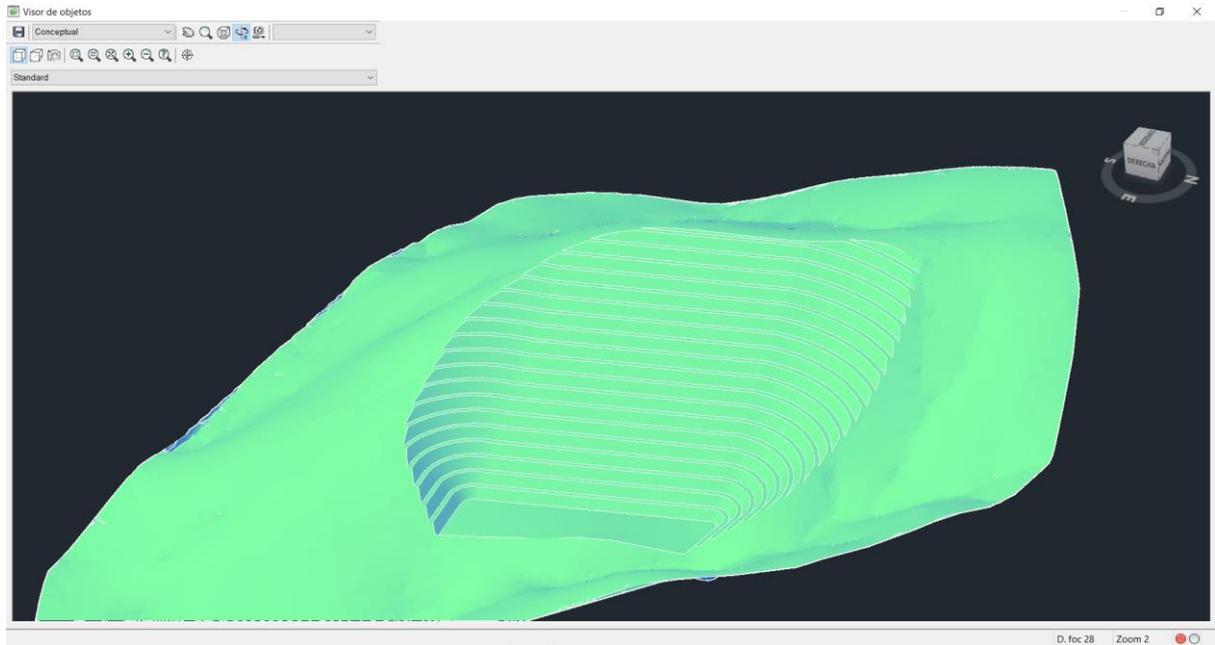
Vista superior del modelado 3D del Target 1



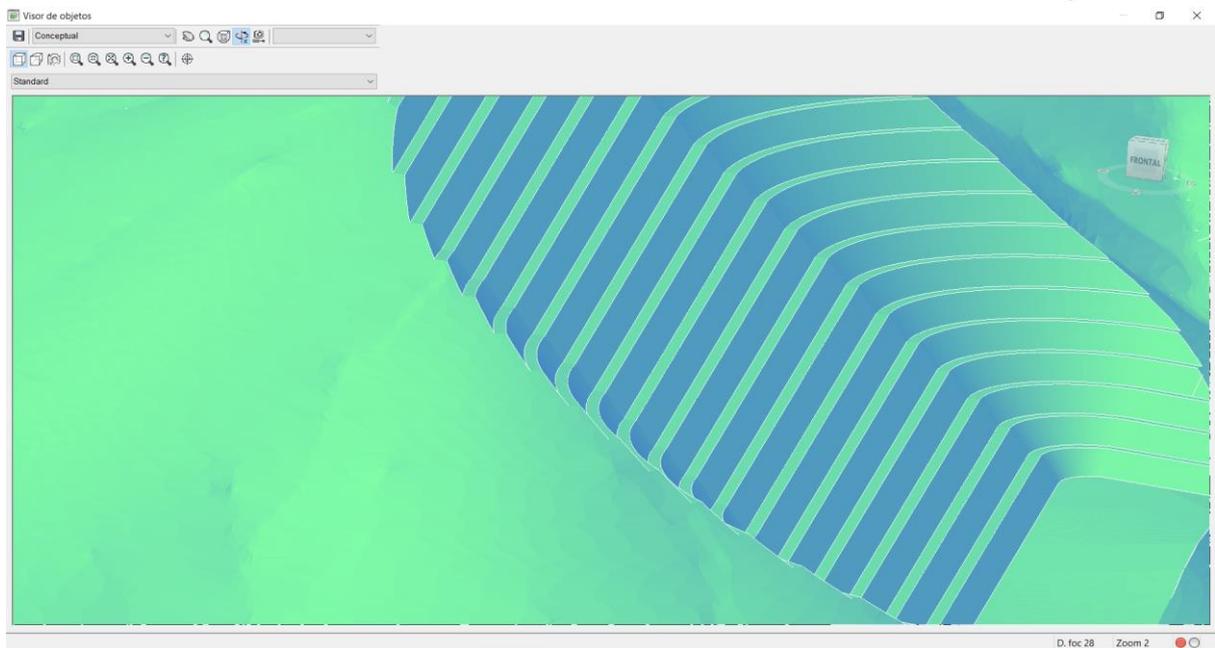
Vista Frontal lateral del modelado 3D del Target 1



Vista Superior derecha del modelado 3D del Target 1



Vista Frontal de bancos del modelado 3D del Target 1



ANEXO J

Detalle vial

Tramo 1

Punto de partida	x	735116
	y	9685629
Punto de llegada	x	717819
	y	9676522
Distancia recorrida (km)	21.50	
Clasificación de la vía	Muy Buena	
Capa de rodadura	Asfalto	
Ancho promedio (m)	18.3	



Tramo 2

Punto de partida	x	717819
	y	9676522
Punto de llegada	x	721416
	y	9657648
Distancia recorrida (km)	21.62	
Clasificación de la vía	Muy Buena	
Capa de rodadura	Asfalto	
Ancho promedio (m)	10	



Tramo 3

Punto de partida	x	721416
	y	9657648
Punto de llegada	x	722128
	y	9657483
Distancia recorrida (km)	2	
Clasificación de la vía	Regular	
Capa de rodadura	Lastre	
Ancho promedio (m)	4.5	



Tramo 4

Punto de partida	x	722128
	y	9657483
Punto de llegada	x	722933
	y	9655643

Distancia recorrida (km)	3
Clasificación de la vía	Bueno
Capa de rodadura	Lastre
Ancho promedio (m)	9



Tramo 5

Punto de partida	x	722933
	y	9655643
Punto de llegada	x	723504
	y	9655129
Distancia recorrida (km)	0.84	
Clasificación de la vía	Mala	
Capa de rodadura	tierra-Material in situ	
Ancho promedio (m)	2.5	



ANEXO K

Evidencia fotográfica

Marcación de puntos GPS y descripción de roca



Calicatas





Estaciones geomecánicas





Recolección y Conminución de muestras

