



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA EN MINAS

**Exploración y diseño de explotación para la extracción de
feldespato en la concesión minera Nahima.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MINAS

Autor:

JUAN FRANCISCO MATUTE OLEAS

Director:

ERNESTO PATRICIO FEJOO CALLE

CUENCA, ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación lo dedico a mi familia, pilar fundamental en mi vida, sin ellos esto no sería posible, su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria ha hecho que hoy cumpla este objetivo importante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y enamorada por el apoyo incondicional, a la empresa Fuenlabrada CIA. LTDA por abrirme las puertas y brindarme la confianza para realizar mi trabajo de titulación, a los ingenieros Fernando Vizñay y Diego Atarihuana que me brindaron su conocimiento y apoyo. Retribuyo este logro a mi director de tesis el Ingeniero Patricio Feijoo por el soporte brindado en mi tesis y a mi gran amigo Julio Castro por la ayuda brindada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES.....	2
1.1. Datos generales	2
1.1.1. Información general del área	2
1.1.2. Ubicación del área	3
1.1.3. Acceso	5
1.1.4. Geomorfología.....	6
1.1.5. Geología.....	6
1.1.6. Hidrología.....	11
1.1.7. Clima	11
1.1.8. Flora y fauna.....	11
1.2. Planteamiento del problema.....	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
1.4. Alcance	13
1.5. Justificación	13

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Prospección y exploración	14
2.1.1. Proceso de prospección	15
2.1.2. Malla de prospección cuadrada	15
2.1.3. Muestreo por pozos	16
2.1.4. Resultados de laboratorio	16
2.1.5. Densidad	17
2.2. Evaluación de las reservas por métodos clásicos o geométricos	17
2.2.1. Formulas básicas de estimación	18
2.2.2. Método de los perfiles o cortes.....	19
2.2.3. Método de los polígonos.....	20
2.2.4. Método de los triángulos	21
2.2.5. Método de las matrices de bloques.....	22
2.2.6. Método de los contornos.....	22
2.2.7. Método del inverso a la distancia	23
2.3. Diseño de explotación en minas a cielo abierto.....	23
2.3.1. Sistema operativo para minería a cielo abierto.....	25
2.3.2. Altura del banco.....	26
2.3.3. Ángulo del talud	26
2.3.4. Ancho de la plataforma.....	27
2.4. Análisis de estabilidad de taludes	28
2.4.1. Método para el análisis de taludes	28
CAPITULO 3: EXPLORACIÓN	30
3.1. Levantamiento topográfico	30
3.1.1. Levantamiento topográfico mediante dron.....	30
3.2. Proceso de levantamiento topográfico	31
3.2.1. Ubicación del área de intervención	32
3.2.2. Levantamiento topográfico del sector de interés.....	33
3.2.3. Obtención de ortofoto.....	33
3.2.4. Generación de curvas de nivel	34

3.3. Proceso de exploración	35
3.3.1. Pozos de exploración.....	35
3.3.2. Diseño de la malla de exploración	36
3.3.3. Elaboración de pozos	37
3.3.4. Obtención de muestras	38
3.4. Perfiles	48
3.5. Cálculo de reservas	50
CAPITULO 4: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.....	54
4.1 Método minero.....	54
4.1.1. Explotación a cielo abierto.....	54
4.1.2. Factores en consideración para la elección del método a cielo abierto.....	54
4.1.3. Elección del sistema de explotación.....	55
4.1.4. Sistema de explotación por el método de canteras.....	55
4.1.5. Canteras en ladera	55
4.2. Diseño de bancos	56
4.2.1. Altura del banco	56
4.3. Diseño de vía.....	58
4.4. Factores Operativos	59
4.4.1. Excavadora Caterpillar 320.....	60
4.4.2. Volquetes Hino serie 500	62
4.4.3. Bulldozer D8T.....	63
4.5. Fases de explotación	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa del área minera.....	4
Figura 1.2 Mapa de acceso a la concesión.....	5
Figura 2.1 Método de muestreo de la red cuadrada regular.	15
Figura 2.2 Método de las secciones.....	20
Figura 2.3 Método de los polígonos.	21
Figura 2.4 Método de los triángulos.....	21
Figura 2.5 Método de los bloques, datos lineales, espaciado irregular.	22
Figura 2.6 Terminología empleada en una mina a cielo abierto.	24
Figura 2.7 Criterio para elección de ángulo de talud.....	27
Figura 2.8 Anchura de la plataforma.	27
Figura 3.1 Área de intervención.	32
Figura 3.2 Coordenadas del área de intervención.....	33
Figura 3.3 Ortofoto.....	34
Figura 3.4 Curvas de nivel de la concesión.....	35
Figura 3.5 Pozos de exploración.....	36
Figura 3.6 Malla de exploración.....	37
Figura 3.7 Elaboración de pozo de exploración.	38
Figura 3.8 Pozos de exploración NP1 -NP4.....	39
Figura 3.9 Pozos de exploración NP5 -NP8.....	40
Figura 3.10 Pozos de exploración NP9 -NP12.....	41
Figura 3.11 Pozos de exploración NP13 -NP17.....	42
Figura 3.12 Pozos de exploración NP18 -NP21.....	43
Figura 3.13 Pozos de exploración NP24 -NP27.....	44
Figura 3.14 Pozos de exploración NP28 -NP34.....	45
Figura 3.15 Pozos de exploración NP35 -NP38.....	46
Figura 3.16 Pozos de exploración NP39.....	47
Figura 3.17 Perfiles para el cálculo de reservas.	48
Figura 3.18 Perfil B – B'.....	49
Figura 3.19 Perfil A – A'.....	49
Figura 3.20 Perfil C - C'.....	50
Figura 3.21 Perfil C - C'.....	51
Figura 3.22 Perfil C - C'.....	52
Figura 3.23 Calculo de reservas perfil C – C'.....	53
Figura 4.1 Factores geométricos.....	57
Figura 4.2 Diseño de vía.....	58
Figura 4.3 Diseño de vía 3D.....	59
Figura 4.4 Excavadora Caterpillar 320.....	60
Figura 4.5 Especificaciones de excavadora Caterpillar 360.....	61

Figura 4.6 Camión Hino serie 500.....	62
Figura 4.7 Especificaciones de camio Hino serie 500.....	63
Figura 4.8 Bulldozer D8T.....	64
Figura 4.9 Fase de explotación del perfil A – A'.....	65
Figura 4.10 Fases de explotación del perfil B – B'.....	66
Figura 4.11 Fases de explotación del perfil C – C'.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas de la concesión “Nahima”	3
Tabla 4.0.1	Características Excavadora Caterpillar 320.....	60
Tabla 4.2	Dimensiones de excavadora Caterpillar 360	62

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Georreferenciación de pozos de exploración.....	72
Anexo 2 Balizada de la malla para exploración	73
Anexo 3 Elaboración de los pozos de exploración.....	74
Anexo 4 Muestreo de los pozos.....	75
Anexo 5 Medición de pozos	76
Anexo 6 Exploración de área de intervención.....	77

**EXPLORACIÓN Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE
FELDESPATO EN LA CONCESIÓN MINERA NAHIMA, YANZATZA –
ZAMORA CHINCHIPE.**

RESUMEN

El presente proyecto estuvo orientado a la exploración, análisis y cálculo de reservas para ejecutar un diseño de explotación en el área minera “Nahima”, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe. Para la plena ejecución de este trabajo fue necesario analizar los parámetros técnicos con el fin de evaluar las condiciones geológicas, geomecánicas y operativas.

En el proceso de exploración se identificó un área de intervención de 6 hectáreas, para posteriormente elaborar una malla de exploración, e identificar los cuerpos geológicos presentes y analizar su estratigrafía.

El método de explotación aplicado fue el de bancos descendentes, en base a la topografía del terreno y a la disposición del material de interés, el cálculo de reservas fue ejecutado por medio de perfiles transversales, para lo cual se estudió la geología presente en el yacimiento y de esta manera obtener las reservas probadas de mineral y estéril.

Palabras clave: exploración, explotación, feldespatos, minería, reservas

Ernesto Patricio Feijoo Calle

Director del Trabajo de Titulación

Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Coordinador de Escuela

Juan Francisco Matute Oleas

Autor

ABSTRACT

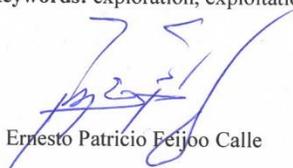
Matute Oleas xii

EXPLORATION AND EXPLOITATION DESIGN FOR THE EXTRACTION OF FELDSPAR IN THE NAHIMA MINING CONCESSION, YANZATZA – ZAMORA CHINCHIPE.

ABSTRACT

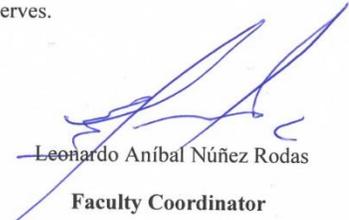
This project was oriented to the exploration, analysis and calculation of reserves to execute an exploitation design in the “Nahima” mining area, located in the province of Zamora Chinchipe. To develop this research, it was necessary to analyze the technical parameters in order to evaluate the geological, geomechanical and operational conditions. An intervention area of 6 hectares was identified in the exploration process. Subsequently, an exploration mesh was developed, the geological bodies were identified and their stratigraphy was analyzed. The method of exploitation applied was descending banks, based on the topography of the land and the disposition of the material of interest. The calculation of reserves was executed through cross-sectional profiles, for which the geology of the deposit was studied. In this way, the proven reserves of mineral and waste were obtained.

Keywords: exploration, exploitation, feldspar, mining, reserves.



Ernesto Patricio Feijoo Calle

Thesis Director

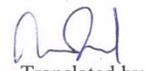


Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Faculty Coordinator

Juan Francisco Matute Oleas

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Matute Oleas Juan Francisco

Trabajo de Titulación

Ing. Ernesto Patricio Feijoo Calle

Septiembre, 2019

EXPLORACIÓN Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE FELDESPATO EN LA CONCESIÓN MINERA NAHIMA, YANZATZA – ZAMORA CHINCHIPE.

INTRODUCCIÓN

La provincia del Azuay tiene un papel muy importante dentro de la producción de cerámica en el país, en ella se concentra la fabricación de casi 2`400.000 m² que genera mensualmente el sector, según cifras de la Cámara de Industrias del Ecuador. En esta localidad del país existen varias empresas dedicadas a la fabricación de cerámica plana, vajillas y sanitarios, que cumplen con estándares de alta calidad, para el uso nacional e incluso para la exportación de estos productos.

Fuenlabrada CIA. LTDA. es una empresa dedicada a la explotación minera no metálica, encargada del abastecimiento de materia prima para el grupo industrial Graiman, compañía dedicada a la producción de revestimientos cerámicos y porcelanatos de alta calidad. Para el cumplimiento de dichos estándares y la demanda por parte de la empresa productora, es primordial planificar y ejecutar de manera sostenible los proyectos mineros, para la producción de minerales tales como feldespato, caolín y arcillas.

En la provincia de Zamora Chinchipe se encuentra ubicada la concesión "Nahima", proyecto que podría generar altas cantidades feldespato, material utilizado por la empresa, y requerido para satisfacer las demandas de producción. Siendo el objetivo del presente trabajo de investigación, realizar la exploración y diseño de explotación, para el posterior aprovechamiento del mineral de interés, de forma técnica y ambientalmente responsable, por lo cual el análisis estratigráfico lo realizamos por medio de pozos de exploración, en una malla previamente diseñada, con el fin de obtener las reservas del yacimiento y en base a estos datos proponer un diseño de explotación en la concesión.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el presente trabajo de investigación se ha planteado un objetivo general que consiste en realizar la exploración y elaborar un diseño de explotación de la mina de feldespatos “Nahima”, que se adapte a la demanda de producción, condiciones geométricas, geomecánicas y operativas exigidas por la empresa Fuenlabrada CIA. LTDA. Dentro del estudio se han planteado tres objetivos específicos que se basan en la determinación de reservas existentes para proyectar la vida útil de la mina y elaborar un sistema de explotación que cumplan con los parámetros técnicos y de seguridad.

1.1. Datos generales

1.1.1. Información general del área

Las coordenadas UTM del título minero de la concesión “Nahima”, código: 501420, son:

- Nombre del área: Nahima, código: 501420
- Superficie: 300 Has
- Provincia: Zamora Chinchipe
- Cantón: Yanzatza
- Parroquia: Yanzatza (Cab. Cantonal)
- Sector: Ungumiatza-Miraflores

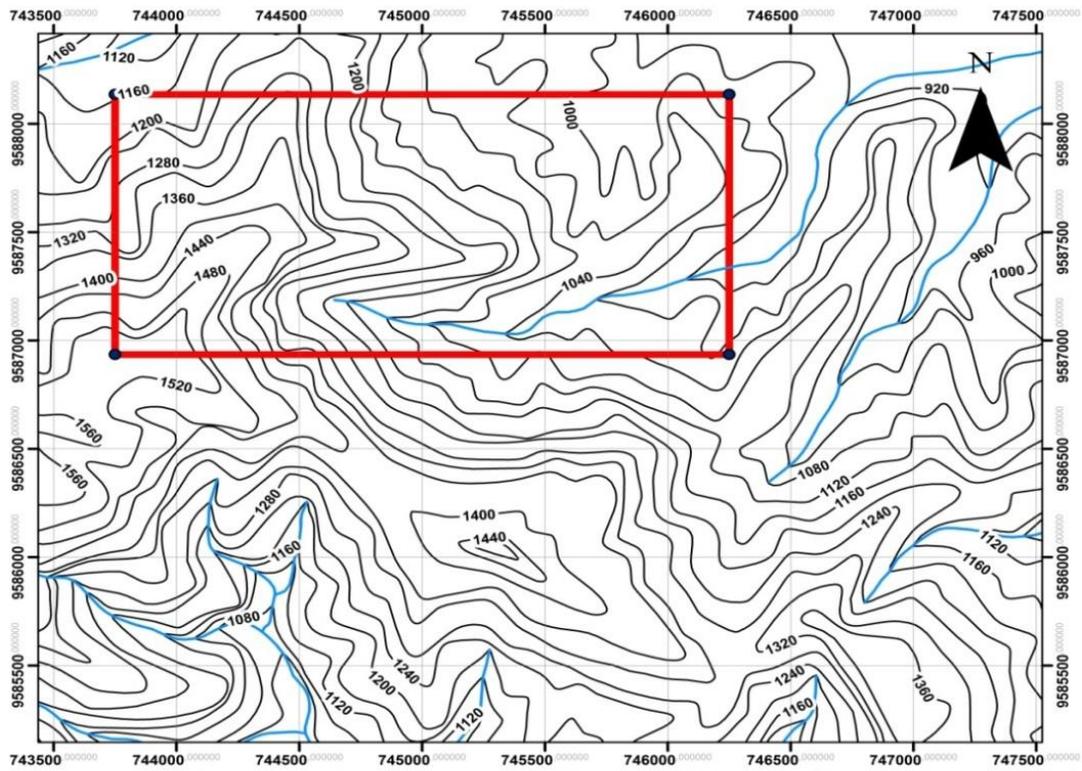
Tabla 1.1 Coordenadas de la concesión "Nahima".

COORDENADAS DEL PUNTO DE PARTIDA DEL ÁREA CONCESIONADA.			
DATUM: PSAD 56 Zona 17		DATUM: WGS 84 Zona 17	
Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
744000	9588500	743750.08	9588135.22
746500	9588500	746250.08	9588135.22
746500	9587300	746250.08	9586935.22
744000	9587300	743750.08	9586935.22

Fuente: Fuenlabrada S.A.

1.1.2. Ubicación del área

El área minera Nahima se encuentra ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, sector Ungumiatza-Miraflores. La concesión comprende un total de 300 hectáreas con un desnivel de aproximadamente 400 metros, su titular minero es Fuenlabrada Cía. Ltda. En el área no se han realizado operaciones mineras por lo que mediante el presente se realizara trabajos de exploración y una propuesta de diseño de explotación. A continuación, se podrá visualizar un mapa donde se delimita las coordenadas de la concesión minera.



LEYENDA

- Coordenadas PSAD 56
- Rios
- Limite de la concesión

DATUM: PSAD 56	
Coordenadas X	Coordenadas Y
744000	9588500
746500	9588500
746500	9587300
744000	9587300

UBICACIÓN



Zamora Chinchipe

Yantzaza



Figura 1.1 Mapa del área minera.
Fuente: Instituto Geográfico Militar.

1.1.3. Acceso

La concesión minera se puede llegar por la siguiente ruta: partiendo desde la provincia del Azuay, Cuenca. Iniciando desde las oficinas de Fuenlabrada, ubicadas en el sector parque industrial, dirigiéndose al Sur hasta la Av. De las Américas en la bifurcación con la carretera Cuenca – Azogues con dirección a la panamericana E40 por 8.5 km aproximadamente, en la en la rotonda tomar la salida en dirección E40/E594 por 78 km aproximadamente, hasta llegar a la calle Teniente Hugo Ortiz ruta panamericana E45 tomar la vía por 60 km aproximadamente hasta vía al Oso. Llegar hasta vía Chicaña y avanzar por 5.9 km hasta el proyecto Nahima. La ruta tiene un total de 220 km y un tiempo de 4 horas con 10 minutos.

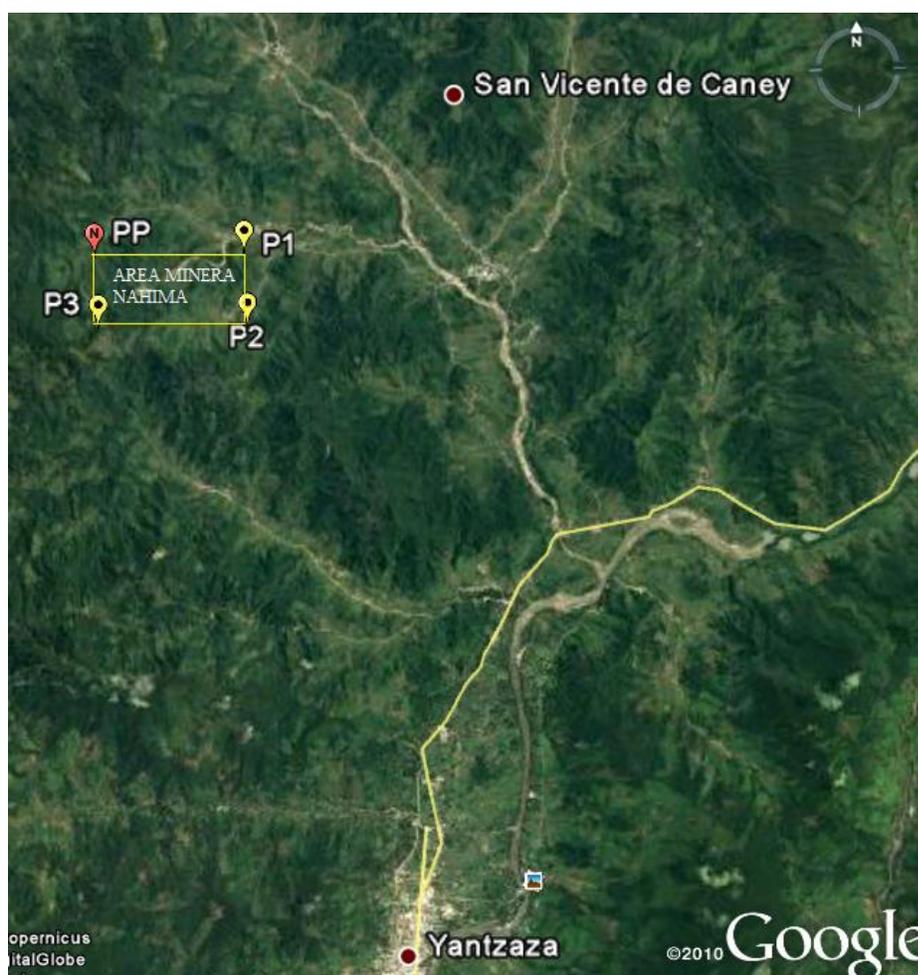


Figura 1.0.2 Mapa de acceso a la concesión.
Fuente: Google Maps.

1.1.4. Geomorfología

La Región Oriental o Amazónica, es una extensa zona que representa casi la mitad del territorio nacional y constituye la terminación occidental de la gran llanura amazónica, se caracteriza por una repartición bastante simple de los conjuntos de relieve. Inmediatamente al pie de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes se extiende paralelamente una faja de 50 kilómetros de ancho con latitudes comprendidas entre 400 y 2 500 metros, que se asemeja a una tercera cordillera llamada Domo del Napo al norte, cordilleras del Cutucú y del Cóndor al sur. Unos batolitos graníticos, profundamente arenizados y con relieves fuertes se encuentran al límite inferior del contacto cabalgante de la cordillera oriental (ARKAPP, 2015).

Las geo-formas presentes en el cantón, son relieves estructurales y denudaciones derivados de las unidades litológicas prevalecientes en el sector. Se presentan en estructuras de horizontales a inclinadas, más o menos disectadas con quebradas y chevrões de poca a alta disección, domos anticlinales y sinclinales pequeños, y modelado kárstico en algunos sectores. Fisiográficamente, corresponden a un conjunto de mesas, cuestras, quebradas, montañas y colinas de pendientes desde moderadas a muy fuertes. El enfoque de esta interacción entre geomorfología-suelo; tiene una correlación directa debido a que la mayor parte de las características de la superficie de la tierra están de alguna manera relacionada a las condiciones del suelo (ARKAPP, 2015).

1.1.5. Geología

1.1.5.1. Geología regional

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte suroriental del país, en las estribaciones de la Cordillera real y parte de la cordillera oriental del Cóndor, perteneciente a la Provincia de Zamora Chinchipe. Comprende rocas de edad Paleozoica, Rocas Ígneas Jurásicas, sedimentarias cretácicas y una gama de depósitos superficiales.

El eje del sistema vial lo definen: vía Loja – Zamora – Yantzaza y, Cuenca – Gualaquiza- Yantzaza. El principal sistema de drenaje lo constituye el Río Zamora y sus afluentes principales: los Ríos Yacuambi y Nangaritzza, este último se une al Zamora en el sitio de

los Encuentros. El sector geológicamente está compuesto por rocas metamórficas, rocas volcano-sedimentarias y depósitos superficiales, además de cuerpos intrusivos; con edades que van desde el paleozoico hasta el Cuaternario (Calle, 2014).

Formación Zamora: localizado en el sector noreste y sureste. Los principales afloramientos se encuentran en la vía La Saquea- San José de Yacuambi; el afloramiento más representativo se localiza en el sector del Río Quimi; constituido fundamentalmente por rocas metamórficas de bajo grado; filitas, esquistos y cuarcitas, ubicándose en la parte suroeste un granito metamorizado de origen supuesto metasomático; continuación del Intrusivo Tres Leguas este cuerpo intrusivo tiene dataciones radiométricas que le asignan una edad de 168 millones de años, razón por lo que al Grupo Zamora se le atribuye una edad que va del Paleozoico Inferior a Superior (Calle, 2014).

Batolito de Zamora: Localizado en la provincia de Zamora Chinchipe, contando con una extensión mínima de 1800 km², forma parte de la Cordillera del Cóndor y se extiende al Perú. Existen otros batolitos plutones cercanos que probablemente están genéticamente relacionados, estos son los batolitos de Zumba, Portachuelo y El Plutón del Río Numbala. El Batolito de Zamora se caracteriza por estar compuesto de luecogranodioritas y granodioritas hornablenditas. Como se ha enunciado, el batolito está compuesto de granitos a granodioritas hornablenditas de grano grueso a medio (2mm, $\delta=2.6$ gr/cm³, contenidos variables de 25% de cuarzo), destacándose grandes cristales de cuarzo, biotita, ortoclasa y hornablenda. Los colores predominantes son grises a blanquecinos, con una estructura masiva y compacta cuando la roca está fresca y/o potentes mantos regolítico – arenosos, cuando el material se halla profundamente alterado. Estos mantos no fueron posibles de precisar porque su potencia varía enormemente debido a la meteorización esferoidal que presenta la roca (Calle, 2014).

Granitos - Granodiorita textura granítica. Está compuesta por biotita, feldespatos y cuarzo. Las biotitas son muy abundantes y el porcentaje de feldespatos es mayor que el porcentaje de cuarzo. Es una roca de constitución vecina a la del granito pero más pobre en sílice y en biotita, y más rica en anfíbol. La granodiorita tiene los mismos usos que el granito, constituyen excelentes materiales para el empedrado y balasto. Las dataciones radiométricas de los cuerpos intrusivos sugieren un ciclo magmático de Jurásico Medio

en 168 millones de años, este ciclo es más ácido y está caracterizado por la presencia de feldespatos potásicos rosados (Calle, 2014).

Formación Chapintza: Se reconoce (Tschopp, 1953) 1) Chapiza Inferior como una alteración de Lutitas con areniscas de color gris y rosado intercalados por evaporitas de más de 1500 metros de espesor; 2) Chapiza Medio, como alternancia similar de Lutitas y areniscas con intercalaciones de evaporitas y con un espesor de 1 000 metros; y 3) Chapiza Superior o Miembro Misahualli, con intercalación de Lutitas, areniscas, conglomerados y brechas tobáceas con 2000 metros de espesor (Calle, 2014).

Relacionando esta formación se puede observar una secuencia de Lutitas arenosas de color violáceo pero muy intemperizadas en el sitio de La saquea y en zonas aledañas como El Chamico, San Vicente; las rocas son lavas afáníticas de color gris verdoso con un contenido diseminado de pirita. Existen también afloramientos de más de 20 metros de espesor de lavas de color rojo violáceo, en afloramientos de carácter masivo muy fracturado, esto se puede observar en el sitio de la Quebrada Yantzaza. Estas lavas pertenecen al Miembro Superior de la Formación Chapiza o Miembro Masahualli del Cretácico Inferior (Calle, 2014).

Formación Hollín: La Formación Hollín (KH), conocida desde 1927 por Watson y Sinclair en su localidad tipo al río Hollín cerca de la ciudad de Tena. Las principales evidencias se obtienen en la vía Los Encuentros – El Pangui, también se las encuentra como bloques caídos en el río Zamora y se localizan formando bancos compactos de arenisca cuarzosa de color blanco, con tamaño de grano variable de grueso a fino con intercalaciones de Lutitas arenosas de color oscuro (Calle, 2014).

Esta Formación (KH), se prolonga hacia el norte con una superficie aproximada de más de 67.430 Has., con una potencia aproximada de 35 a 200 m., y que según algunos autores alcanza el intervalo de potencia de espesor de 80 a 240 m., La datación relaciona el Cretácico inferior Albiense K11, Aptiano K1p1. La Formación Hollín descansa en discordancia angular sobre la infrayacente Formación Chapiza (Miembro Misahualli) y en concordancia con las rocas de la Formación Napo, su espesor varía de 80 a 240 metros (Calle, 2014).

Formación Napo: La Formación Napo (KN), Cretácico Albiano Inferior K11, / Santoniano Campaniano Inferior (Cenoniano K3n2) posee espesores que varían de 200 a más de 700 metros, La base de la Napo está conformada por areniscas intercaladas, lutitas y calizas; dichos sedimentos son transicionales entre la Formación “Hollín” y la “Napo Inferior”. La Napo Inferior, de 60 a 250 metros de espesor está conformada por areniscas, lutitas, margas y algunas calizas, aunque la unidad más común son las areniscas (Calle, 2014).

La Napo Media, que tiene una potencia de 75 a 90 metros contiene calizas grises masivas a muy intercaladas subdivididas por dos horizontes separados por una unidad de areniscas, lutitas y areniscas. La Napo Superior, que va desde poco menos de un metro hasta 320 metros; está conformada por argilitas negras, duras, lutitas verdosas y grises, con calizas y areniscas que se intercalan (Calle, 2014).

1.1.5.2. Geología local

Las unidades o formaciones rocosas donde se encuentra el área de estudio pertenecen a rocas intrusivas pertenecientes al batolito de Zamora y unidades de depósito superficial asociadas al movimiento por agua (aluviales). En los siguientes párrafos se describen las unidades de roca presentes en la concesión minera Nahima.

- Unidad plan del oso (P?Po): estos cuerpos de rocas metamórficas afloran como “roof pendant” alineados con rumbo Noreste, específicamente en los sectores de Namirez, Valle Hermoso, quebrada Wambuscaro y Guambime. Afloramientos tipo se observan desde el poblado de Chicaña hasta El Oso (UTM: 752 088E/9 593 636N). Se trata de rocas tipo gneis, ocasionalmente aparecen intercalaciones de esquistos y filitas en menor proporción. Estos “roof pendant” metamórficos se encuentran levantados por el Complejo Intrusivo Zamora, esto causa silicificación en la roca. En el sector de Guambime son afectados por pequeños diques que provocan alteración hidrotermal. Estas rocas pueden ser interpretadas como una parte levantada del Cratón Brasileño-Guayanés oro, (IIGE, 2017).

- Depósitos aluviales (QA): los depósitos aluviales más importantes se encuentran en las riberas de los ríos Zamora, Yacuambi, Chicaña y en las quebradas principales. Consisten de cantos, gravas redondeados y arenas subredondeadas, es material transportado por los ríos y su composición depende de las unidades litológicas por donde atraviesa. Cabe mencionar que en algunos sitios de estos aluviales se ejecutan labores de extracción de oro (Hoja geológica de Paquisha 1:100 000-IIGE; 2017). En el presente trabajo por la escala en la que se realizó el trabajo geológico los depósitos aluviales de la quebrada Guanitza no aparecen representados en el mapa, sin embargo, la descripción realizada es aplicable a estos depósitos.
- Complejo Intrusivo Zamora (Jz). (Litherland et al, 1994): un gran porcentaje aflora en la hoja geológica. Importantes afloramientos se encuentran en el río Ungumiatza (UTM: 743 404E/ 9 588 346N), al oeste del sector de Guaguay me Alto, Contrafuerte de Cutuntza (UTM: 739 308E/9 560 828N), sector de San Francisco (UTM: 731 931E/ 9 563 060N) y a lo largo de la vía Guadalupe-La Paz. Comprende granodioritas, su composición mineralógica característica es plagioclasa, anfíbol, piroxeno y cuarzo. Este batolito se encuentra meteorizado, deleznable. En algunos lugares se presenta cortado por un gran número de diques volcánicos de andesitas-basálticas y por intrusivos más jóvenes de diferente composición. Este batolito se encuentra afectando al volcanismo Jurásico, en algunos sectores se observa que está sobreyacido por la secuencia sedimentaria del cretácico de la cuenca Oriente. Su edad está entre 150 y 165 Ma. Y también se reporta una edad de 210 Ma. (Litherland et al., 1994) (Hoja geológica de Paquisha 1:100 000-IIGE; 2017).

1.1.6. Hidrología

La hidrografía de la zona está representada principalmente por los ríos Zamora, Yantzaza y Chicaña; así como las quebradas Yantzaza, Pita, Chimbutza, entre otras, las cuales descienden por laderas de pendiente moderada, en forma perpendicular y en red dendrítica (Aguilera, 2013).

1.1.7. Clima

Yantzaza tiene un clima tropical con precipitaciones significativas, incluso en el mes más seco hay mucha lluvia. Las precipitaciones promedias son 1959 mm, donde el mes más seco es agosto con 132 mm y el de mayor precipitación en abril con un promedio de 212 mm. Por otro lado, la temperatura media anual en Yantzaza se encuentra a 22.7 °C, el mes más caluroso del año es Noviembre con un promedio de 23.6 °C y julio el mes más frío con temperaturas promedio de 21.7 °C (INAMHI, 2016).

1.1.8. Flora y fauna

Flora: Se encuentran especies madereras de alto valor comercial como el guayacán, pituca, yumbingue, almendro, laurel, romerillo, cedro, bellamaria, etc., utilizadas en la ebanistería y la construcción se pueden hallar dentro de la circunscripción cantonal. Es común también la presencia de especies de árboles frutales, principalmente en estado silvestre como guaba, membrillo, granadilla, maní, uva, entre otras. Destaca además la variedad de flores, en los que las orquídeas de variopintas clases destacan. Entre las especies animales más representativas destacan el tigre, la danta, venados, armadillos, jabalíes, osos, monos, yamalas, guatusas entre otras. Las actividades relacionadas con la acuicultura comercial han provocado que en los ríos Zamora y Nangaritza especies de tilapia y carpa se reproduzcan en sus cauces, esto debido a la carencia de las medidas preventivas desde los estanques piscícolas familiares (Ecuared, 2013).

Fauna: Los grupos indicadores para caracterizar la diversidad a través de inventarios de biodiversidad, comprenden en su gran mayoría taxones de plantas, vertebrados e insectos,

los cuales han sido tradicionalmente usados para la estimación de diversidad y suministran información confiable sobre el estado de conservación de un hábitat (Cuesta et al. 2005).

1.2. Planteamiento del problema

Uno de los pilares fundamentales para llevar a cabo un correcto aprovechamiento mineral de un proyecto minero es un diseño de explotación adecuado, debido a que, en este se basa el proceso de extracción y la secuencia de minado a lo largo de la vida útil del proyecto, donde se consideraran factores geométricos, geomecánicos y operativos que facilitaran la efectividad de cada proceso dentro de las labores de explotación.

En la industria minera la mejora continua dentro de los procesos extractivos juega un papel muy importante para la optimización de recursos mineros, la exploración y diseño de explotación constituyen parte del desarrollo inicial de las labores mineras extractivas, donde facilita el análisis de la cantidad mineral de interés y el planteamiento del diseño de explotación al que la empresa tendrá que regirse. Por ello, es importante planificar, analizar y plantear un óptimo estudio de reservas y un diseño de explotación que cumpla con las condiciones productivas y de seguridad demandadas por la empresa.

1.3. Objetivos

El presente trabajo se limita al estudio de los siguientes objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Ejecutar la exploración y elaborar el diseño de explotación de la mina de feldespato “Nahima”, que se adapte a la demanda de producción, condiciones geométricas, geomecánicas y operativas exigidas por la empresa FUENLABRADA CIA. LTDA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las reservas existentes en el área de estudio.
- Proyectar la vida útil del proyecto minero.
- Definir el sistema de explotación.

1.4. Alcance

Con el presente proyecto se pretende obtener los siguientes resultados:

- Determinar la cantidad de reservas probables y probadas del material de interés junto con el material de sobrecarga.
- Elaborar un diseño de explotación que cumpla con las características geotécnicas, geomecánicas y operativas, que se adapte a las condiciones de la zona de intervención y cumpla con los requerimientos de la Empresa.
- Determinar la vida útil del proyecto en base a la cantidad de reservas y la demanda mineral por parte de la empresa.

1.5. Justificación

El presente proyecto está orientado a la identificación de la zona de aprovechamiento mineral, análisis y cálculo de reservas minerales para un posterior planteamiento de un diseño de explotación óptimo para el proyecto minero “Nahima”. Donde se analizarán parámetros técnicos con el fin de evaluar las condiciones geológicas, geotécnicas, geomecánicas y operativas. Como resultado final se obtendrá la cantidad de material explotable y una propuesta de diseño óptimo para realizar el proceso de extracción del mismo.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Prospección y exploración

Los términos prospección y exploración en el ámbito minero se refieren a la etapa previa a la explotación, que tienen como fin encontrar una zona o material de interés a través de la aplicación de los conocimientos geológicos en el campo.

La definición de exploración según Jackson (1984) designa a la búsqueda de depósitos de minerales útiles o de combustibles fósiles, en este diccionario no se distingue entre exploración y prospección.

El término 'minerales útiles' se refiere a minerales económicamente valiosos. Algunos autores como Hartman (1987) diferencian exploración y prospección en lo que concierne su objetivo y a partir de este el principio de trabajo aplicado: el objetivo de la prospección es el reconocimiento general de un yacimiento mineral, la exploración está enfocada en un reconocimiento detallado del depósito mineral.

La etapa de prospección se basa en los estudios geológicos de la zona, donde posteriormente se pueda identificar anomalías del terreno que justifiquen estudios posteriores de mayor precisión para la identificación del material de interés.

En el caso de materiales no metálicos los métodos de prospección se dividen en:

- **Estratégica:** documentación existente, reconocimiento, análisis y pruebas, interpretación de la información obtenida.
- **Táctica:** estudios de campo, muestreos, ejecución de pozos, geofísica y perforaciones.

2.1.1. Proceso de prospección

En la prospección se quiere lograr un reconocimiento general del área de interés, localizar una anomalía con las propiedades de un depósito mineral y reducir su tamaño. La prospección está enfocada en la búsqueda de las menas ubicadas relativamente cerca con respecto a la superficie. Para la localización de un depósito mineral se aplica las fotos aéreas y las imágenes de satélite del área en cuestión, la topografía y los mapas estructurales correspondientes. Directamente se levanta y analiza los afloramientos de un depósito mineral y/o las rocas meteorizadas y/o alteradas, que pueden originar de un yacimiento mineral (Ulacco, 2009).

En esta etapa se efectúa un reconocimiento general del área insitu, con el fin de identificar algunas características favorables que puedan indicar la presencia del mineral de interés. Una vez localizada dicha área se procede a tomar la ubicación de puntos estratégicos para realizar una malla de muestreo en los puntos georreferenciados.

2.1.2. Malla de prospección cuadrada

La malla para el sondeo de prospección es aquellas que en proyección horizontal presentan un esquema geométrico compuesto, generalmente por cuadrados, rectángulos y polígonos (Jimeno, 1997).

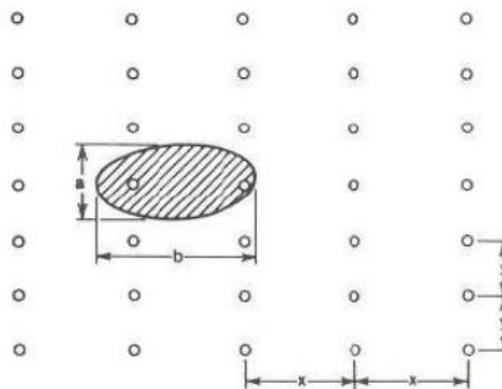


Figura 2.1 Método de muestreo de la red cuadrada regular.
Fuente: (Jimeno, 1997).

Para la obtención de las muestras se realizan pozos aproximadamente de 1 a 6 metros de profundidad en los puntos identificados, estas se las puede realizar mediante retroexcavadora o en caso de ser inaccesible con palas manuales en donde se permita visualizar las rocas situadas debajo del suelo analizado. Posteriormente estos pozos servirán para tomar muestras representativas del suelo y pasar a un análisis que probara si el material es competente, mediante la interpretación de resultados.

2.1.3. Muestreo por pozos

Para la toma de muestras se deberá sacar una cantidad representativa de material por cada metro de profundidad y finalmente una muestra que abarque la totalidad del pozo, es decir, una muestra de la pared desde el inicio hasta su fin. La cantidad de muestras en cada pozo dependerá de la profundidad de la misma, el geólogo decidirá la profundidad de cada punto de muestreo según se logre visualizar el material de interés o a su vez si la dureza de la roca lo permite. Una vez extraída todas las muestras se procederá a etiquetarlas y documentarlas con un código en donde se pueda identificar el pozo de origen para posteriormente llevar dichas muestras al laboratorio, donde una vez finalizado el proceso de análisis se pueda realizar una interpretación de resultados eficaz.

2.1.4. Resultados de laboratorio

Existen varios laboratorios de análisis químicos de rocas y minerales, acreditados según normas internacionales (p.ej. de la serie ISO). Estos laboratorios ofrecen distintas alternativas o rutinas de análisis que incluyen los límites de detección (inferior y superior) para cada elemento; además establecen los métodos de preparación de muestras (secado, trituración, molienda/pulverización y cuarteo) y los QAQC internos (duplicación de análisis, inserción de “blancos” y estándares o muestras patrón). Del análisis de estas alternativas y métodos se seleccionará el laboratorio y la rutina apropiada para el tipo de depósito en exploración (Fernandez & Tessone, 2015).

Aparte de los controles internos que poseen los laboratorios, el equipo de exploración debe elaborar y ejecutar procedimientos de verificación de esos resultados de laboratorio (Fernandez & Tessone, 2015).

2.1.5. Densidad

La densidad aparente o total (bulk density) es un aspecto fundamental a investigar, ya que con ella se obtendrá el “factor de tonelaje” y siempre los volúmenes de bloques o secciones que deberán expresarse en toneladas. Se recomienda realizar numerosas mediciones para obtener promedios representativos de los distintos tipos de mineralización. (Fernandez & Tessone, 2015).

2.2. Evaluación de las reservas por métodos clásicos o geométricos

Si bien las labores de muestreo ocupan un lugar muy importante en la evaluación de recursos minerales, sin duda alguna la cubicación de reservas, es decir, definir cuanto, donde y como están, es la labor que adquiere un carácter más crítico, pues va a permitir avanzar las características generales del yacimiento en cuanto a las toneladas de material útil presentes, así como la morfología, que indicara, posteriormente, en el método de explotación a elegir (Jimeno, 1997).

La evaluación de un yacimiento se divide en dos tipos de reservas: geológicas o in situ y mineras. Las primeras constituyen, a grandes rasgos, el conjunto del yacimiento, es decir, todo el material presente bajo unos condicionantes determinados. Las segundas representan la mineralización que, una vez definido el diseño del hueco y definido el método de explotación más adecuado para el yacimiento, va a ser extraída. Como es lógico, ambas prácticamente nunca coinciden, pues factores como el diseño de la explotación, recuperación, dilución, etc., hacen que las reservas mineras se alejen de las geológicas, en algunos casos a favor de las primeras y, en la mayoría, al contrario, en función de las características antes citadas (Jimeno, 1997).

2.2.1. Formulas básicas de estimación

A la hora de llevar a cabo la evaluación de un yacimiento por cualquiera de los métodos clásicos que a continuación se describirán, es importante no perder nunca de vista que lo que se realiza es un proceso de cubicación, es decir, se va a construir una o varias figuras geométricas en las que se estimara la cantidad de mineralización que existe dentro de ellas realizando los siguientes pasos:

- Obtención de la superficie del yacimiento.
- Volumen del yacimiento.

$$V = S \times e$$

Dónde:

V= Volumen del yacimiento (m^3)

S= Área de yacimiento (m^2)

e= Espesor del yacimiento (m)

- Determinación de las reservas del mineral: Obtenido el volumen del depósito y obtenido el valor de densidad aparente, el producto de ambos valores permitirá conocer las toneladas existentes del yacimiento.

$$Q = V \times d$$

Dónde:

Q= Reservas de mineral (Tn)

V= Volumen del yacimiento (m^3)

d = Densidad aparente media de mineral (Tn/m^3)

- Reservas de un componente del mineral: Se necesita saber cuántas toneladas existen de un determinado componente. Para ello, y a partir de la ley media en ese componente se aplica la siguiente formula:

$$T = Q \times g$$

Dónde:

T= Reservas de un componente (Tn)

g= Ley media (tanto por uno)

Todo método clásico tendrá que realizar las etapas antes descritas, por lo que su correcta comprensión facilitara no solo la adecuada sistematización del proceso, sino también la búsqueda de posibles errores en el caso que los resultados finales no presenten cierta lógica (Jimeno, 1997).

Los métodos para la evaluación de recursos son los siguientes:

- Métodos de los perfiles o cortes
- Método de los polígonos
- Método de los triángulos
- Método de las matrices de bloques
- Método de los contornos
- Método del inverso a la distancia

2.2.2. Método de los perfiles o cortes

Este método es, junto con el de los polígonos, uno de los más utilizados dentro del grupo de los métodos clásicos. Suele ser aplicable a cuerpos mineralizados mas o menos irregulares que han sido investigados con sondeos cuyas direcciones permiten establecer cortes, perfiles o secciones. La distancia entre cortes nos va a definir la exactitud del cálculo, pues secciones muy separadas pueden generar importantes errores debido a la existencia de cambios en la mineralización no controlados por los sucesivos perfiles. El método consiste en realizar perfiles dentro del área de interés, cada perfil estará separado por una distancia igual de manera horizontal y paralela para posteriormente encontrar el área de los perfiles. Una vez encontrada del área de todas las secciones, se procederá al cálculo del volumen.

El volumen del bloque comprendido entre perfiles se lo puede obtener multiplicando la sumatoria del área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo que, sumadas ambas distancias dan como resultado la distancia total que existen entre los perfiles (Jimeno, 1997).

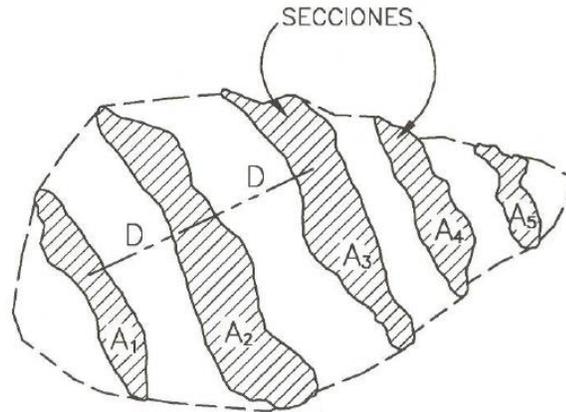


Figura 2.2 Método de las secciones.
Fuente: (Jimeno, 1997).

2.2.3. Método de los polígonos

Este método se suele utilizar cuando los sondeos están distribuidos muy irregularmente. Es muy popular y, sin embargo, la experiencia dice que no es muy adecuado. Si el número de sondeos es grande, se obtiene una excesiva cantidad de polígonos, mientras que si el número es pequeño, se asigna un espesor y una ley determinada a un área excesivamente grande.

Este método consiste en la construcción de polígonos en cuyos centros se encuentra el sondeo con su respectiva ley y espesor del mismo, siendo constante tanto la ley como el espesor en todo el polígono (Jimeno, 1997).

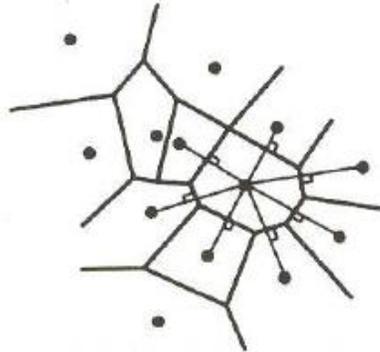


Figura 2.3 Método de los polígonos.
Fuente: (Jimeno, 1997).

2.2.4. Método de los triángulos

Este método requiere la proyección, en un plano horizontal o vertical, de todas las intersecciones del cuerpo mineralizado, que debe tener una morfología más o menos tabular. El método consiste en ir uniendo los sondeos adyacentes para obtener triángulos, de tal forma que el resultado final es un conjunto de triángulos para cada uno de los cuales se calculan los datos correspondientes de espesor y ley media. A la hora de generar los triángulos, se debe asegurar que los triángulos sean lo más cercanos a 60 grados y, en cualquier caso, evitar los triángulos agudos (Jimenez, 1997).

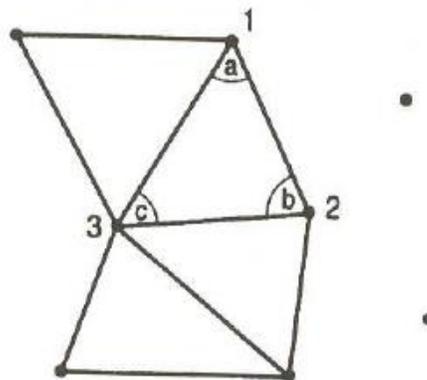


Figura 2.4 Método de los triángulos.
Fuente: (Jimeno, 1997).

2.2.5. Método de las matrices de bloques

Cuando los sondeos están distribuidos a lo largo de direcciones lineales, se pueden establecer bloques por ajuste entre los sondeos. Este método es similar al de los polígonos y nos sirve para campañas de exploración en donde se necesitan resultados óptimos y rápidos, es aplicable para cuerpos mineralizados con morfologías tabulares y de poca potencia (Jimenez, 1997).

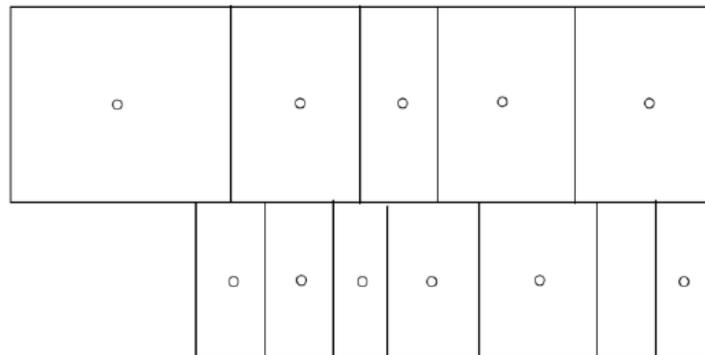


Figura 2.5 Método de los bloques, datos lineales, espaciado irregular.
Fuente: (Jimeno, 1997)

2.2.6. Método de los contornos

Este método es muy útil cuando se puede observar tendencias en la distribución de los datos, lo que permite realizar contornos, se puede aplicar este método cuando los cuerpos mineralizados presentan cambios suaves en la potencia y en la ley, de tal forma que la obtención de las isolíneas de espesores son factibles, existen tres sub métodos a partir del método de los contornos (Jimenez, 1997).

- Método de la superposición de una malla
- Método de la ventana móvil
- Método del reticulado

2.2.7. Método del inverso a la distancia

Este método aplica un factor de ponderación a cada muestra que rodea el punto central de un bloque mineralizado. Dicho factor de ponderación es el inverso de la distancia entre cada muestra y el centro del bloque, elevado a una potencia n . Este método es una técnica de suavizado y, por tanto, no es aconsejable en yacimientos con límites de mineralización muy definidos y con caídas de leyes importantes, pues suele producir mayores tonelajes y menores leyes, lo que puede comprometer seriamente los estudios de viabilidad económica del proyecto minero. (Jimeno, 1997)

2.3. Diseño de explotación en minas a cielo abierto

Para el diseño correcto de una mina a cielo abierto se debe tener en cuenta los campos de investigación previstos como los de recopilación de información e información geológica desarrollada en el campo, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas las características litológicas y estructurales, que permitan optimizar la excavación final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad del mineral no metálico, (Bustillo L. & López J, 1997).

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se debe tener en cuenta tres grupos de parámetros importantes para el diseño de una explotación las cuales son: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales. (Bustillo L. & López J, 1997).

- **Geométricos:** Es la función de la estructura y morfología del yacimiento, las pendientes en el terreno, pendientes en límites de propiedad, etc.
- **Geomecánicos:** Hace referencia a las dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.
- **Operativos:** Son las dimensiones necesarias para la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: altura de banco, anchura de bermas y pistas, anchura de fondo, etc.

- Medioambientales: Aquellos que permiten la ocultación a las vistas de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

A continuación, se definen los principales parámetros geométricos que configuran el diseño de explotación de una mina a cielo abierto:



Figura 2.6 Terminología empleada en una mina a cielo abierto.

Fuente: (Jimenez, 1997).

- Banco: es un módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota, de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.
- Altura de banco: es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.
- Talud de banco: es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.
- Talud de trabajo: es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es, pues, una pendiente provisional de la excavación.
- Pistas: son las estructuras viarias dentro de una explotación, a través de las cuales se extrae el mineral y el estéril, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan, fundamentalmente, por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada.

- Rampa de acceso: caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque, a los tajos. Las anchuras son pequeñas y, al ser vías de un solo carril, las pendientes son superiores a las de las pistas.
- Límites finales de la mina: son aquellas situaciones especiales hasta las que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.
- Bermas: son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad. El intervalo de las bermas y su anchura, así como el ángulo del talud, se establecen por condiciones geotécnicas y de seguridad y, en ocasiones, por consideraciones operativas si se utilizan como pistas de transporte.
- Talud final de explotación: es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

2.3.1. Sistema operativo para minería a cielo abierto

Se entiende como un sistema operativo al conjunto interrelacionado a técnicas y procesos que llevan a cabo la extracción de los minerales en una forma repetitiva, rutinaria e iterativa. Depende fundamentalmente de la resistencia que las rocas oponen a su fragmentación o su arranque y posteriormente a su transporte, (Jimenez L. , 1997) .

Para este tipo de minería a tajo abierto se empleará los equipos de acuerdo a su necesidad del diseño de explotación además de las características geomecánicas del material, siendo así una explotación por arranque mecánico del material ya que no es necesario el uso de voladura del macizo rocoso. Las maquinarias a operar según la producción de los beneficios y los costos de operación serán dadas a conocer en las características de la maquinaria a usarse, (Jimenez L. , 1997).

2.3.2. Altura del banco

La altura del banco se establece, en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga, va a depender del alcance de los equipos, esas alturas permitirán utilizar los equipos de carga para sanear el frente y mantener unas condiciones de seguridad aceptables, (Bustillo & López, 1997).

Por otra parte, Bustillo & López (1997), también expone las siguientes ventajas al escoger alturas pequeñas:

- Mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las maquinarias de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes cuando es necesario.
- Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos.
- Menor niveles de vibraciones y ondas aéreas, al ser cargadas operantes más pequeñas.
- Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales.

2.3.3. Ángulo del talud

El ángulo de cara del banco se encuentra en función de factores como el tipo de material y la altura del banco, cuando más coherente y más bajo sea el banco, más vertical puede ser la cara del mismo (Bustillo & López, 1997).

ROCAS	ÁNGULO DE TALUD PARA BANCOS DE ALTURA DE (m)		ÁNGULO DE TALUD PARA BANCOS EN RECESO CON ALTURA DE (m)	
	5-12	15-25	5-12	15-25
Arcillas aceitosas, limo arcillas, grava, loes, suelos vegetal	40 - 50	32 - 45	30 - 40	25 - 35
Arcillas pesadas, limo arcilla pesada, arcilla esquistosa, limo arcillas, grava gruesa, explotable sin perforación y voladura.	45 - 65	45 - 60	40 - 55	40 - 50
Idem; explotable con perforación y voladura	55 - 65	58 - 60	40 - 55	40 - 50
Arenisca comunes, esquistos arcillosos, calizas resistentes, margas compactas, minerales de hierro, conglomerado fino.	65 - 75	60 - 70	60 - 65	55 - 60
Rocas graníticas y granitos altamente resistentes, areniscas y calizas, filones minerales de cuarzo, piritas, mármoles y dolomitas resistentes.	75 - 80	75 - 80	70 - 75	70 - 75
Cuarcita, basaltos, granitos rocas cuarcíferas, areniscas resistentes y calizas.	Hasta 90	Hasta 90	80 - 85	80 - 85

Figura 2.7 Criterio para elección de ángulo de talud.
Fuente: (Jimeno, 1997).

2.3.4. Ancho de la plataforma

Según López Jimeno (1997), la anchura mínima de la plataforma es la resultante de la sumatoria de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente, haciendo referencia a la perforación, carga y transporte. A más de esta sumatoria es recomendable dejar 5 metros mas de anchura de seguridad en el borde.

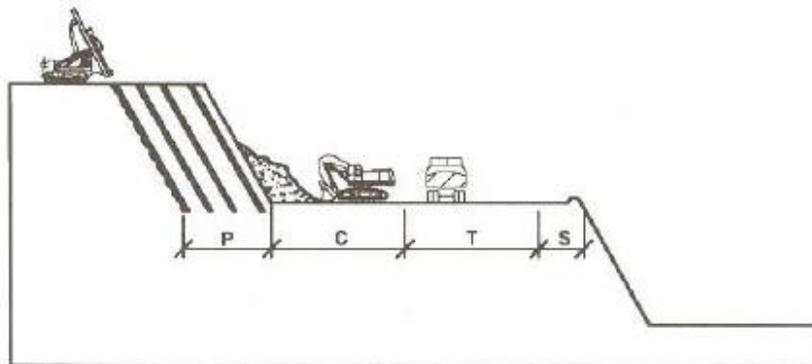


Figura 2.8 Anchura de la plataforma.
Fuente: (Jimeno, 1997).

2.4. Análisis de estabilidad de taludes

Los análisis de estabilidad se aplican al diseño de taludes o cuando estos presentan problemas de inestabilidad, se debe elegir un coeficiente de seguridad adecuado, dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinando los aspectos de seguridad, costes de ejecución, consecuencia o riesgos que podría causar su ruptura, etc. Para taludes permanentes, el coeficiente de seguridad a adoptar debe ser igual o superior a 1,5 e incluso de 2,0 dependiendo de la seguridad exigida y de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos (Gonzales de Vallejo L. 2002).

El campo de la estabilidad de talud del proyecto a llevar a cabo con relación a la geológica – geotécnica, la inestabilidad de los taludes se puede producir por un desnivel que tiene lugar a diversas razones, (Gonzales de Vallejo L. 2002)

- Razones geológicas: laderas posibles inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- Variación del nivel freático: situaciones estacionales u otras obras relacionadas por el hombre.
- Obras de Ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

2.4.1. Método para el análisis de taludes

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad, (Gonzales de Vallejo L. 2002)

- Métodos Determinísticos: Conocidas o supuesta las condiciones en que se encuentra un talud, estos métodos indican si el talud es o no estable, (Gonzales de Vallejo L. 2002).
- Métodos Probabilísticos: Consideran la probabilidad de ruptura de un talud bajo unas condiciones de distribución, es necesario conocer las funciones de

distribución de los diferentes valores considerados como variables aleatorias en los análisis, realizando a partir de ellas los cálculos del factor de seguridad mediante de densidades de probabilidad y distribución de probabilidad del factor de seguridad, y curvas de estabilidad del talud, con el factor de seguridad asociado a una determinada probabilidad de ocurrencia, (Gonzales de Vallejo L. 2002).

Se establecen las ecuaciones del equilibrio entre las fuerzas que deslizamiento y las resistentes. El análisis proporcionara el valor del coeficiente de seguridad del talud para la superficie analizada referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan. Es decir, el coeficiente “F” por el que deben dividirse las fuerzas tangenciales resistentes (o multiplicarse las fuerzas de corte desestabilizadoras) para alcanzar el equilibrio estricto, (Gonzales de Vallejo L., 2002):

$$F_s = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas destabilizadoras}}$$

O estresado en fuerzas de tensiones:

$$F_s = \frac{\text{Fuerzas Tensiones Tangenciales Resistentes}}{\text{Fuerzas Tangenciales Deslizantes}}$$

CAPITULO 3

EXPLORACIÓN

3.1. Levantamiento topográfico

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás (BERNIS, 2010).

Existen dos grandes modalidades:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

3.1.1. Levantamiento topográfico mediante drone

Tradicionalmente los trabajos topográficos se han apoyado en el uso de estaciones totales y los GPS de precisión. En los últimos años se ha generalizado el uso de otras técnicas complementarias como la fotogrametría. Aunque estos métodos ya existen desde el siglo XIX, diferentes avances tecnológicos (drones, gps, cámaras digitales...) las han hecho cada vez más populares y accesibles.

Simplificando, estas técnicas son interesantes porque permiten convertir una secuencia de fotografías capturadas con equipamiento asequible en una representación detallada en 2D o 3D. Para ello es fundamental planificar vuelos en los que exista un número suficiente de

imágenes, que estas contengan solape y que puedan ser apoyadas por localizaciones precisas (Insights, 2019).

Estos métodos suponen un gran incremento de productividad a las empresas que ofrecen o requieren servicios topográficos. Hablamos de que con un drone se pueden llegar a reconstruir miles de hectáreas en una sola jornada de trabajo. Esto significa una reducción de ordenes de magnitud en tiempos y costes, mientras se elevan las precisiones de forma significativa (Insights, 2019).

Esta tecnología presenta muchas más ventajas:

- Se incrementa la productividad al tiempo que se reduce considerablemente de coste por hectárea.
- Reducción de tiempos en la ejecución de los trabajos. En muchos casos, se tendrá acceso a los resultados el mismo día del vuelo.
- Se obtienen precisiones centimétricas en cualquier parte del área sobrevolada, no solo en los puntos en los que se ha centrado el encargo.
- Se tiene control fino sobre el nivel de precisión de los resultados. Es decir, cuando no es necesaria máxima precisión, es posible disminuir el esfuerzo requerido en la captura y tratamiento de datos.
- Disponibilidad, sin suplementos ni costes extra, de múltiples resultados: ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de contorno y reconstrucciones 3D.

3.2. Proceso de levantamiento topográfico

Para dar inicio al proceso del levantamiento, es necesario ubicar el área que será intervenida inicialmente para realizar el trabajo. En ella, se deberá adquirir puntos conocidos mediante un GPS de precisión que servirá para realizar una correcta georreferenciación de los datos tomados por el drone.

3.2.1. Ubicación del área de intervención

Para la ubicación del área de intervención se debe tomar en cuenta diferentes parámetros tales como: futuras vías de acceso para la explotación, que el área de intervención se encuentre dentro de la concesión adjudicada, previsualización geológica de posibles afloramientos superficiales del material de interés, etc.

En la concesión “Nahima” se identificaron un total de 28 Ha para ser intervenidas en la campaña de exploración, mediante el método de pozos. Para este proceso se contrato 4 personas oriundas del sector para balizar el área intervenida y posteriormente realizar los trabajos de mallado y excavación de los pozos.

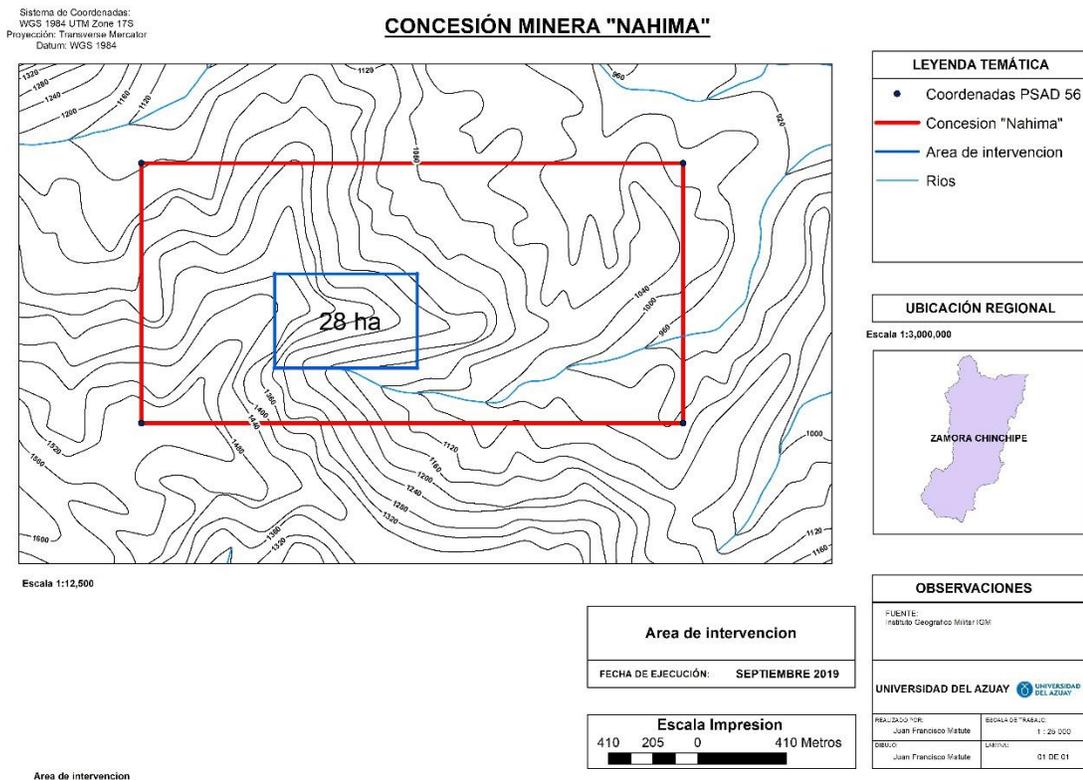


Figura 3.1 Área de intervención.
Fuente: Realizada por el autor.

3.2.2. Levantamiento topográfico del sector de interés

Para el levantamiento topográfico de la zona de interés se lo realizó mediante el uso de un Drone “Dji Phantom 4 Pro” que está equipado con una cámara fotográfica capaz de recorrer el terreno en cuestión de minutos con niveles de precisión excelentes. El equipo debe estar ubicado de preferencia en la zona más alta del área a levantar, para así evitar inconvenientes con objetos más altos en relación a la altura de vuelo del dron para impedir que este colisione. Mediante el uso de un smartphone se ingresan los vértices del área de intervención o puntos de control tomadas con el GPS, estos nos servirán para orientar nuestro modelo digital de superficie a un sistema de coordenadas que nos permita una correcta georreferenciación. Dichos puntos fueron ingresados en la aplicación celular DroneDeploy enlazada con el dron previo a su levantamiento.

ID	X	Y
V1	745022.2300	9587189.6500
V2	744365.7800	9587190.2600
V3	745022.2300	9587623.6900
V4	744365.7800	9587623.7800

Figura 3.2 Coordenadas del área de intervención.

Fuente: Fuenlabrada S.A.

3.2.3. Obtención de ortofoto

Una vez ingresado esos datos en la aplicación celular el Drone procedió hacer el levantamiento obteniendo fotografías aéreas de la superficie y una nube de millones de puntos. Estas imágenes se las pueden georreferenciar para extraer coordenadas y en base a ellas realizar modelos computarizados en 3D y ortofotos en el software Agisoft Metashape.

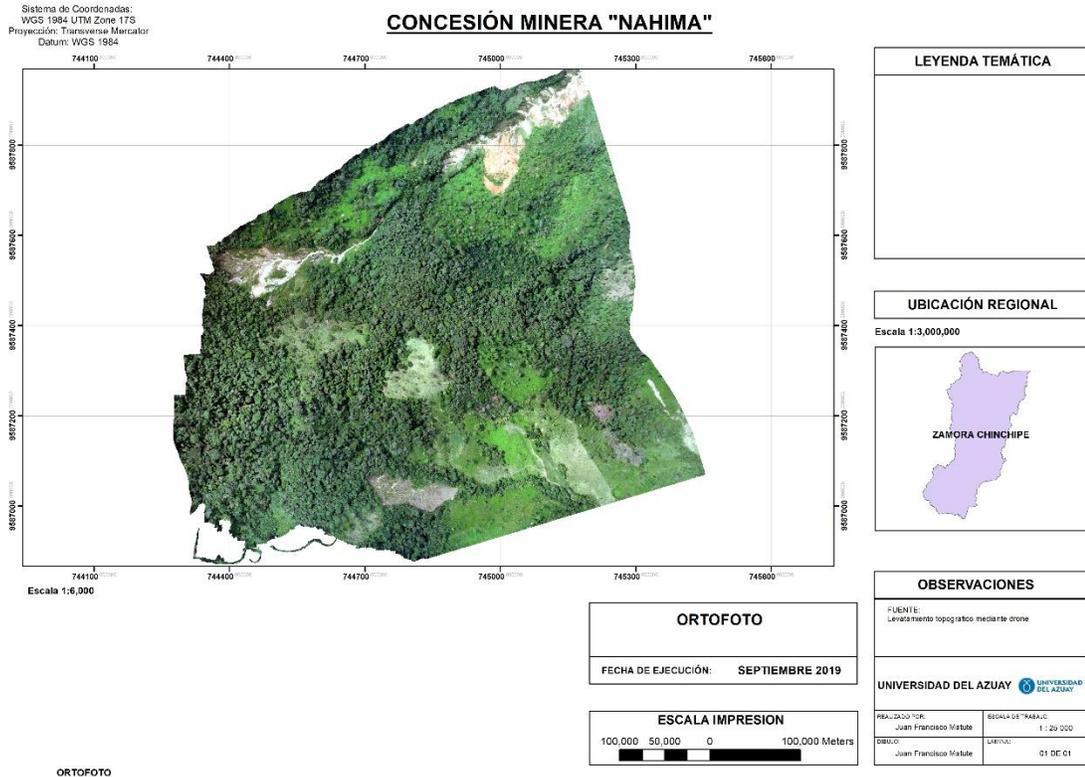


Figura 3.3 Ortofoto.
Fuente: Realizado por el autor.

3.2.4. Generación de curvas de nivel

En base a la nube de puntos obtenida también por el levantamiento topográfico, se procedió a generar las curvas de nivel cada 3 metros, en este caso se eligió esta distancia de cota para obtener un levantamiento más a detalle, que posteriormente se utilizara para el cálculo de reservas del yacimiento.

Para la siguiente imagen, se corrigieron diferentes elevaciones que no reflejaban lo que es el terreno en la realidad, ya que, al tener grandes áreas de bosques, hace que dificulte la toma de cotas de elevación del terreno, confundiendo estas por las alturas de los árboles, para ello, mediante el software ArcGis se procedió a editar las curvas de nivel de manera que la superficie del terreno sea lo más exacta posible a la realidad, en este caso guiados por la ortofoto. Este proceso puede llegar a demorar varias horas e incluso días, debido a que la nube de puntos consta de millones de datos para la exactitud del trabajo, todo este proceso depende de la computadora en la cual se realice.

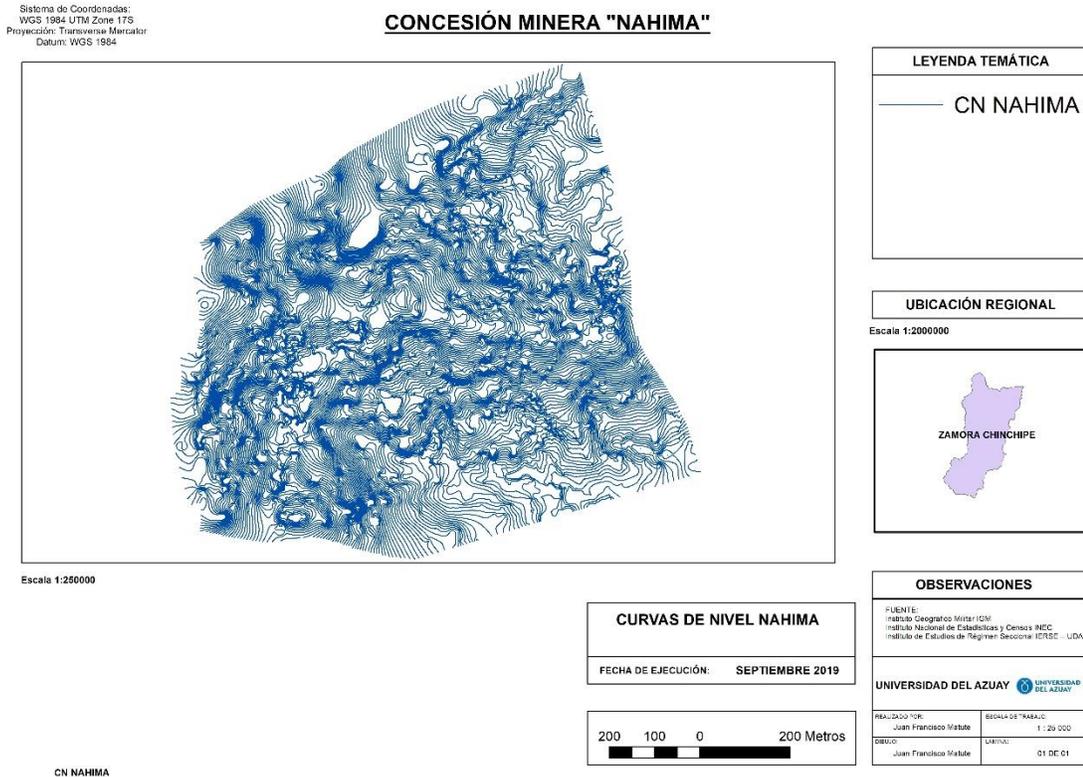


Figura 3.4 Curvas de nivel de la concesión.
Fuente: Realizado por el autor.

3.3. Proceso de exploración

El proceso de exploración minera recoge un gran grupo de técnicas multidisciplinarias con el fin de encontrar información detallada que sirva para realizar un modelo geológico en base a la interpretación de resultados. Dentro de la información se pretende identificar las características geológicas de la zona, litología, afloramientos superficiales, estructuras geológicas, etc. El objetivo de dicho análisis es determinar las posibles zonas de presencia de minerales económicamente explotables.

3.3.1. Pozos de exploración

Para iniciar con el proceso de exploración se debe identificar dentro de la concesión minera un área en donde se realizará el mallado y ubicación de los pozos de exploración que servirán para la obtención de la información geológica que nos asegurara si existe el material de interés. Este método es el más económico en exploración a superficie, se lo realiza manual o mecánicamente.

Los pozos proporcionan información de la estratigrafía presente en el subsuelo y la potencia de cada material visible, para su realización se debe tener en cuenta la seguridad de los trabajadores en caso de ser suelos inestables.

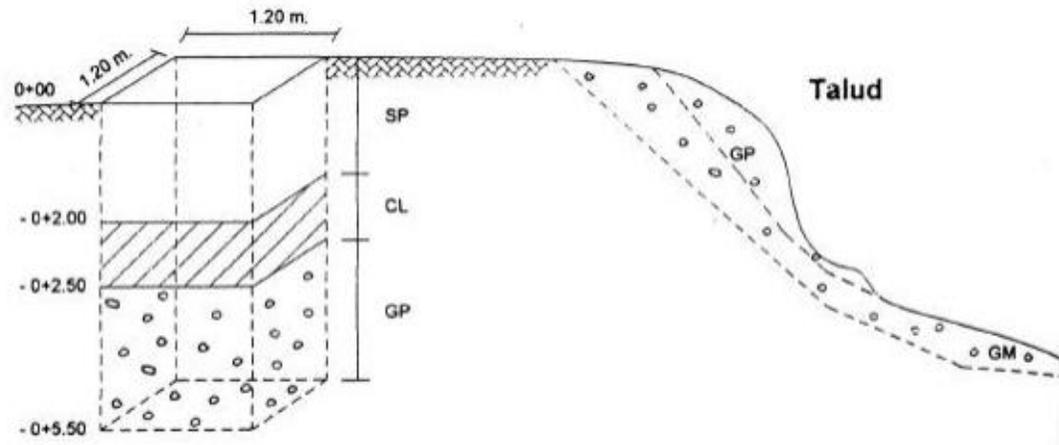


Figura 3.5 Pozos de exploración.
Fuente: (Anonimo, 2013).

3.3.2. Diseño de la malla de exploración

En este caso para la concesión “Nahima”, se realizó inicialmente un recorrido por la zona de intervención de 28 hectáreas con el fin de encontrar afloramientos superficiales en donde se pueda identificar el material de feldespato, dentro de la concesión se encontraron además pozos de exploración realizados anteriormente por una antigua empresa dueña de la concesión minera. Ciertamente no se tiene los datos encontrados por dicha empresa, pero sirvió como referencia para verificar la presencia del material en ciertas zonas y para el diseño del mallado para los pozos de exploración.

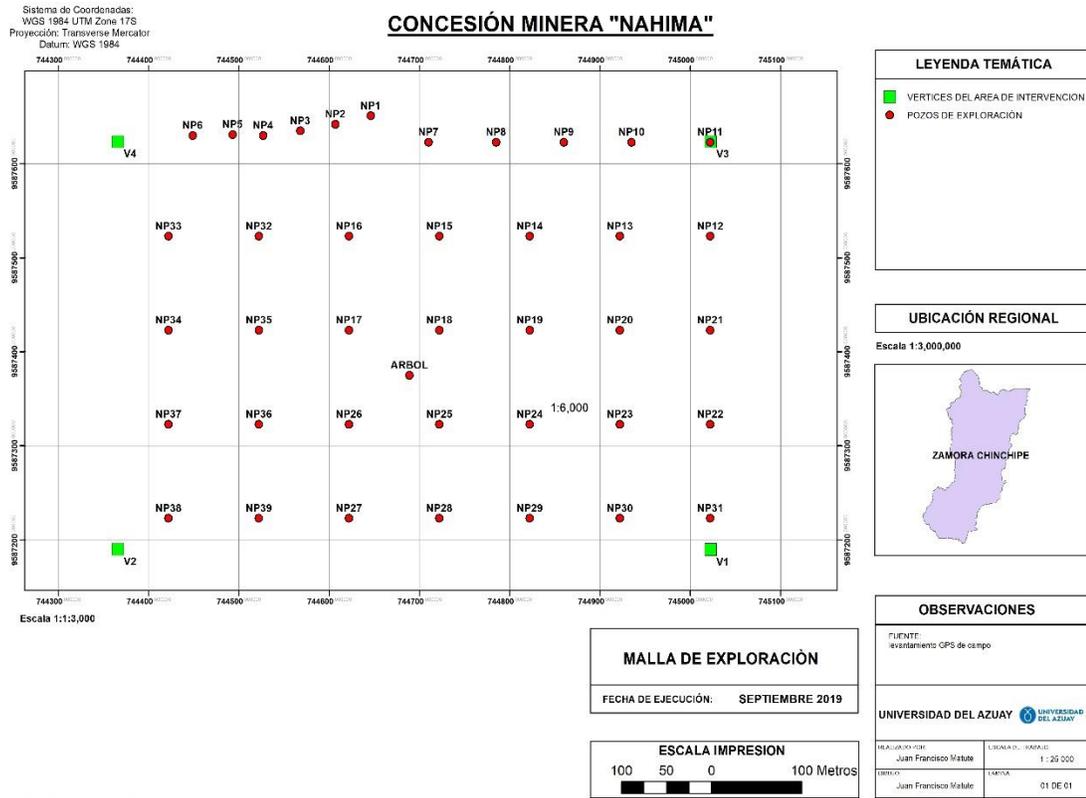


Figura 3.6 Malla de exploración.
Fuente: Realizada por el autor.

3.3.3. Elaboración de pozos

El diseño propuesto para la exploración fue de una malla con disposición de pozos regulares, es decir, la ubicación de los puntos se las hizo cada 100 metros formando una estructura de red cuadrada de 100 * 100. Cada pozo fue excavado con las dimensiones de 1.20m * 0.80 m con el fin de obtener una cavidad vasta para el avance del pozo a profundidad y posterior para la toma de muestras. Una vez realizado el muestreo cada pozo es tapado conservando la morfología original del terreno obteniendo así un impacto paisajístico nulo.



Figura 3.7 Elaboración de pozo de exploración.
Fuente: Elaborado por el autor.

3.3.4. Obtención de muestras

El proceso se lleva a cabo una vez alcanzada una profundidad considerable del pozo tomando siempre en cuenta la seguridad del trabajador para el ingreso dentro del mismo y llevar a cabo el muestreo. Para este proceso se utilizaron fundas plásticas en las cuales se llenaban de una cantidad considerable requerida por el laboratorio de aproximadamente 3 a 4 kilos de muestra. La cantidad de muestras por pozo dependerá de la profundidad del mismo ya que el proceso de muestreo se lo hace por cada metro de profundidad, incluyendo además muestras del piso del pozo y una muestra general de todos los metros ya antes muestreados.

Para realizar un correcto análisis de las muestras de cada pozo a cada funda se la identifica con un código en donde se podrá reconocer el origen de la muestra y la profundidad a la cual la misma fue tomada. Existieron pozos que no se lograron realizar debido al difícil acceso para realizar los labores siendo estos los pozos de códigos: NP16, NP22, NP23, NP30, NP31, NP32.

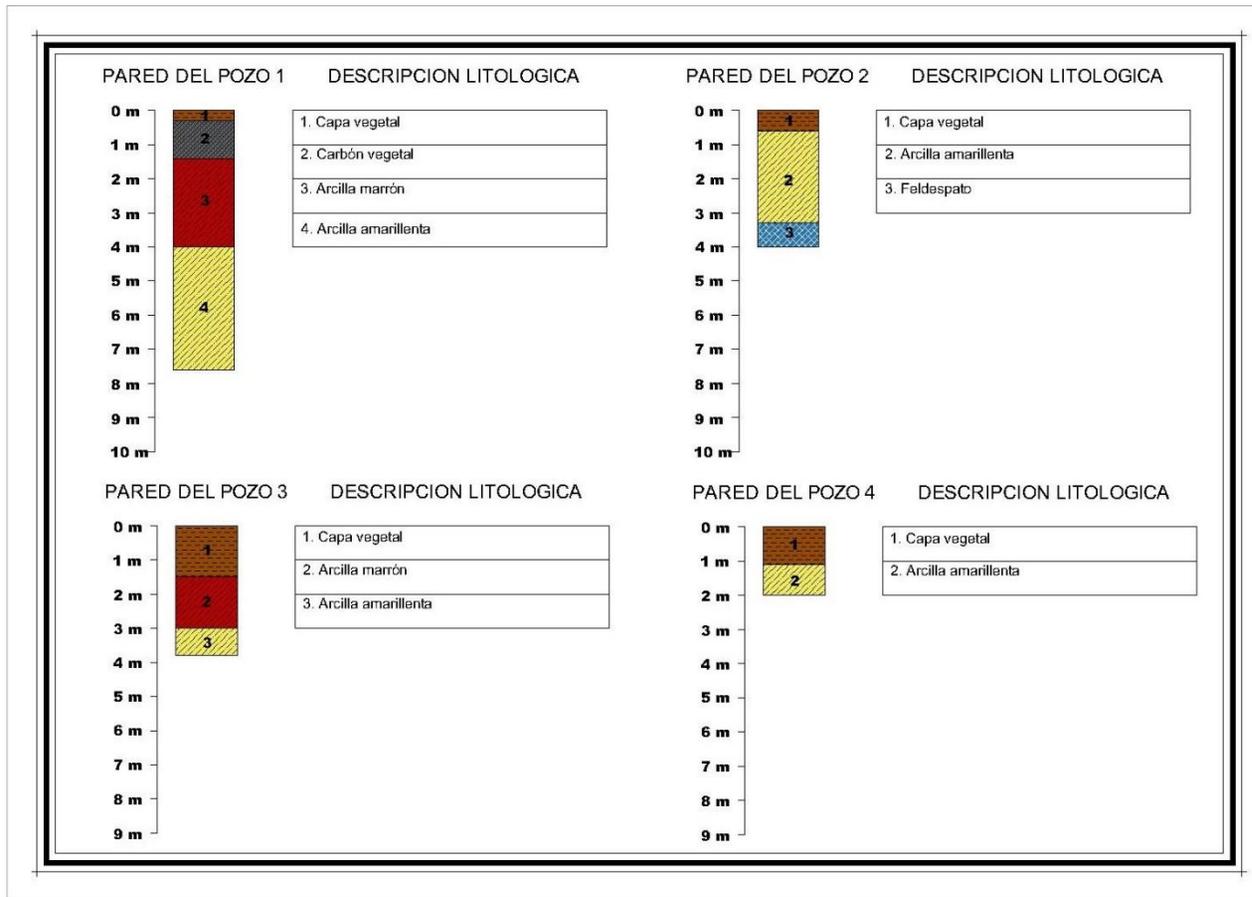


Figura 3.8 Pozos de exploración NP1 -NP4.
Fuente: Realizada por el autor.

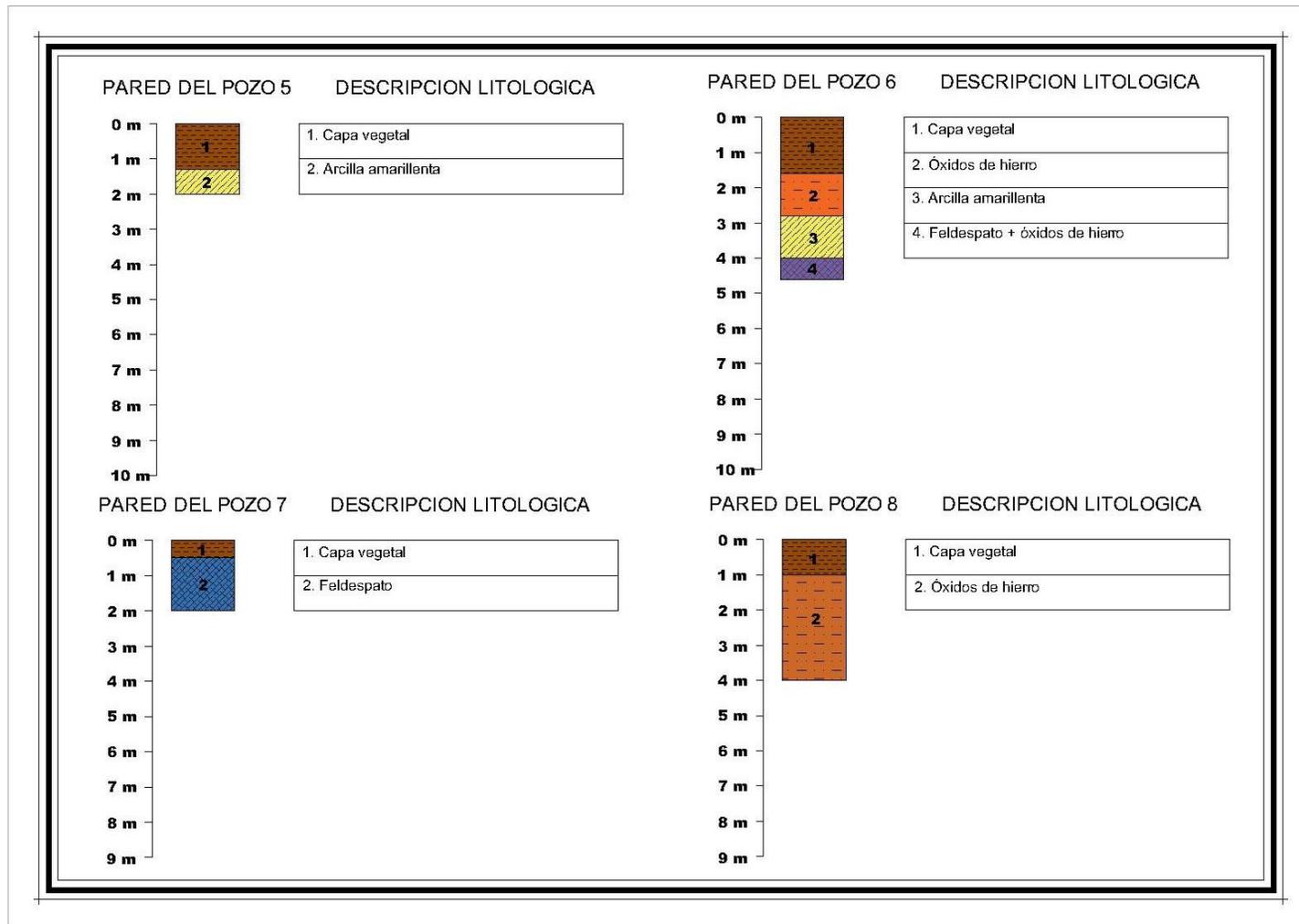


Figura 3.9 Pozos de exploración NP5 -NP8.
Fuente: Realizada por el autor.

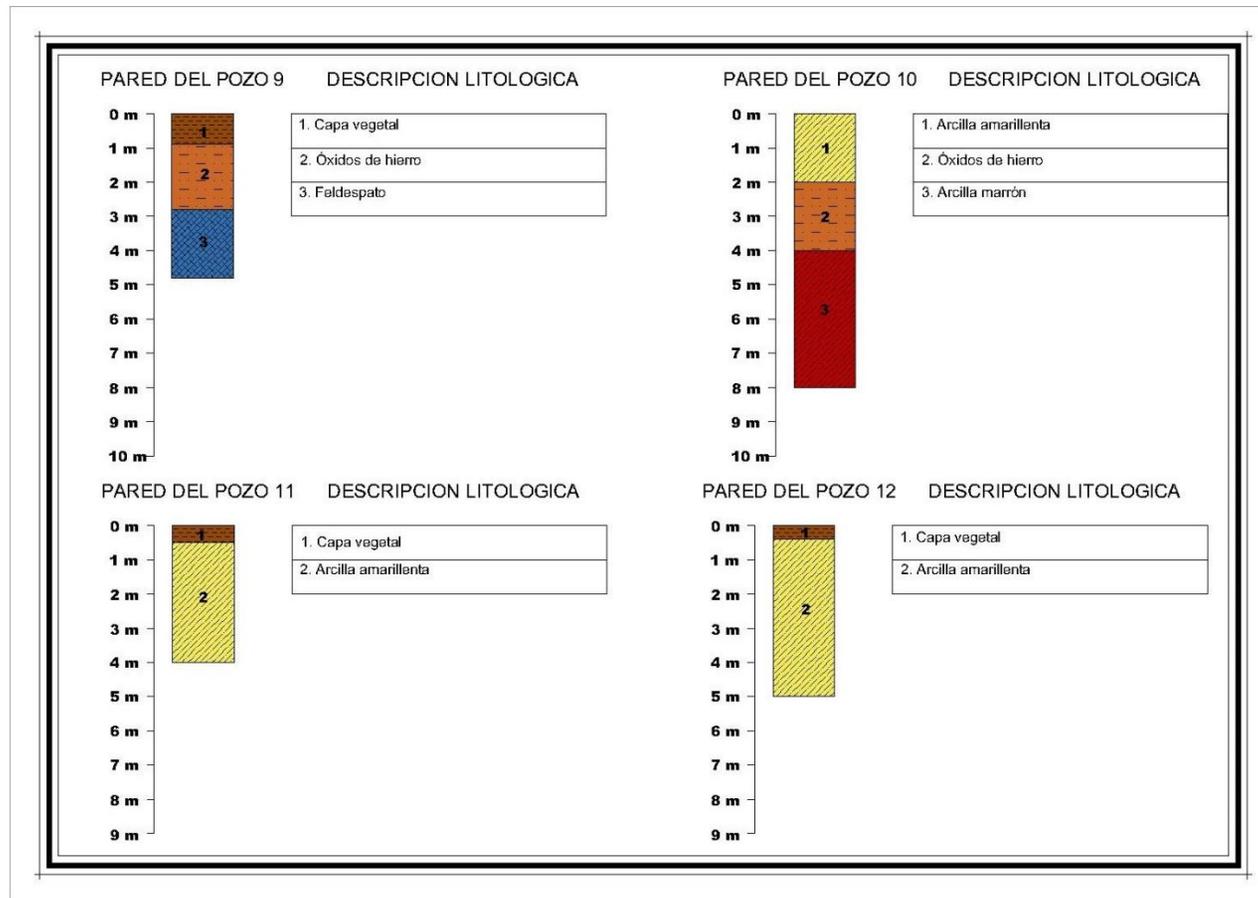


Figura 3.10 Pozos de exploración NP9 -NP12.
 Pozos de exploración NP9 -NP12.

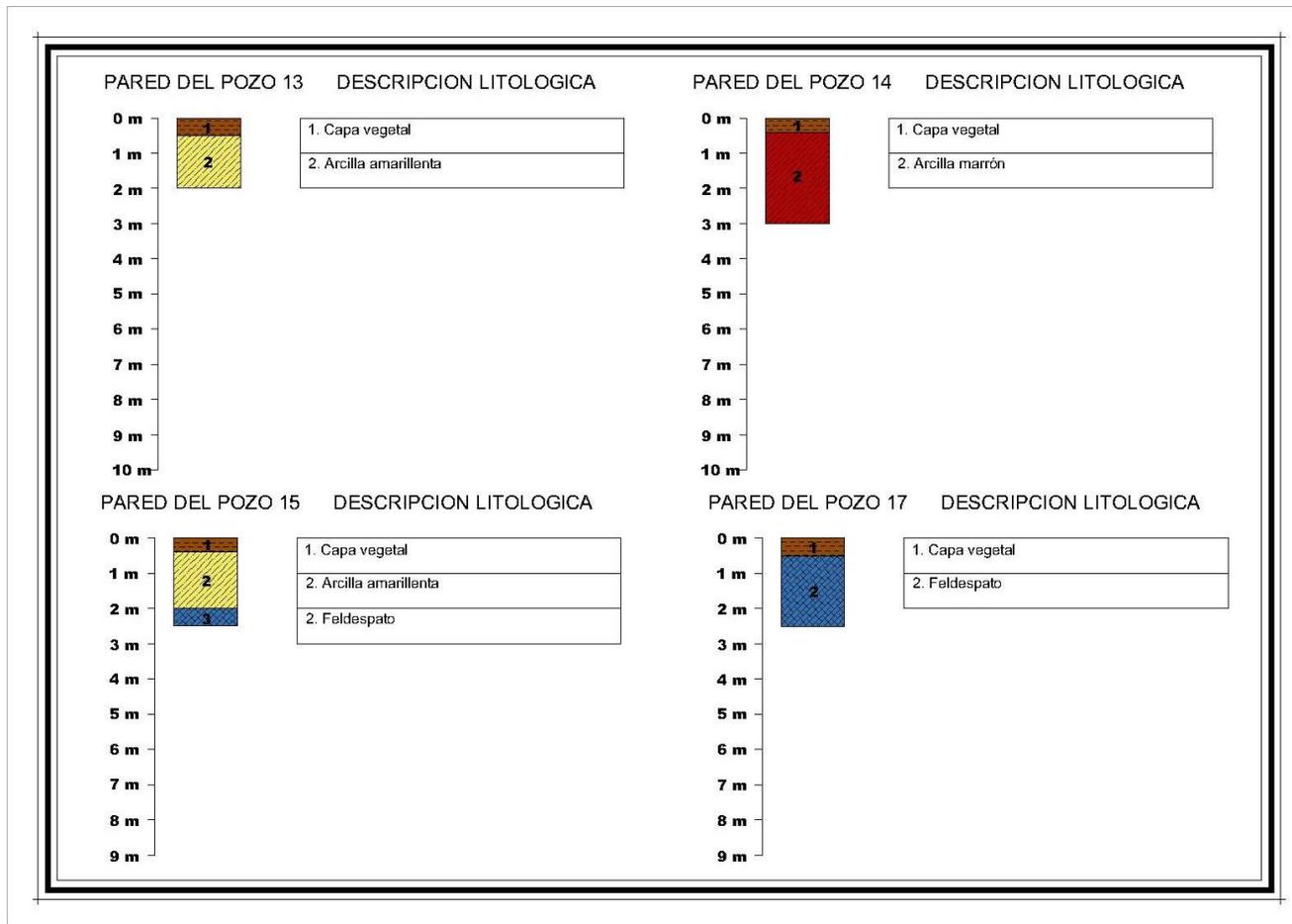


Figura 3.11 Pozos de exploración NP13 -NP17.
Fuente: Realizada por el autor.

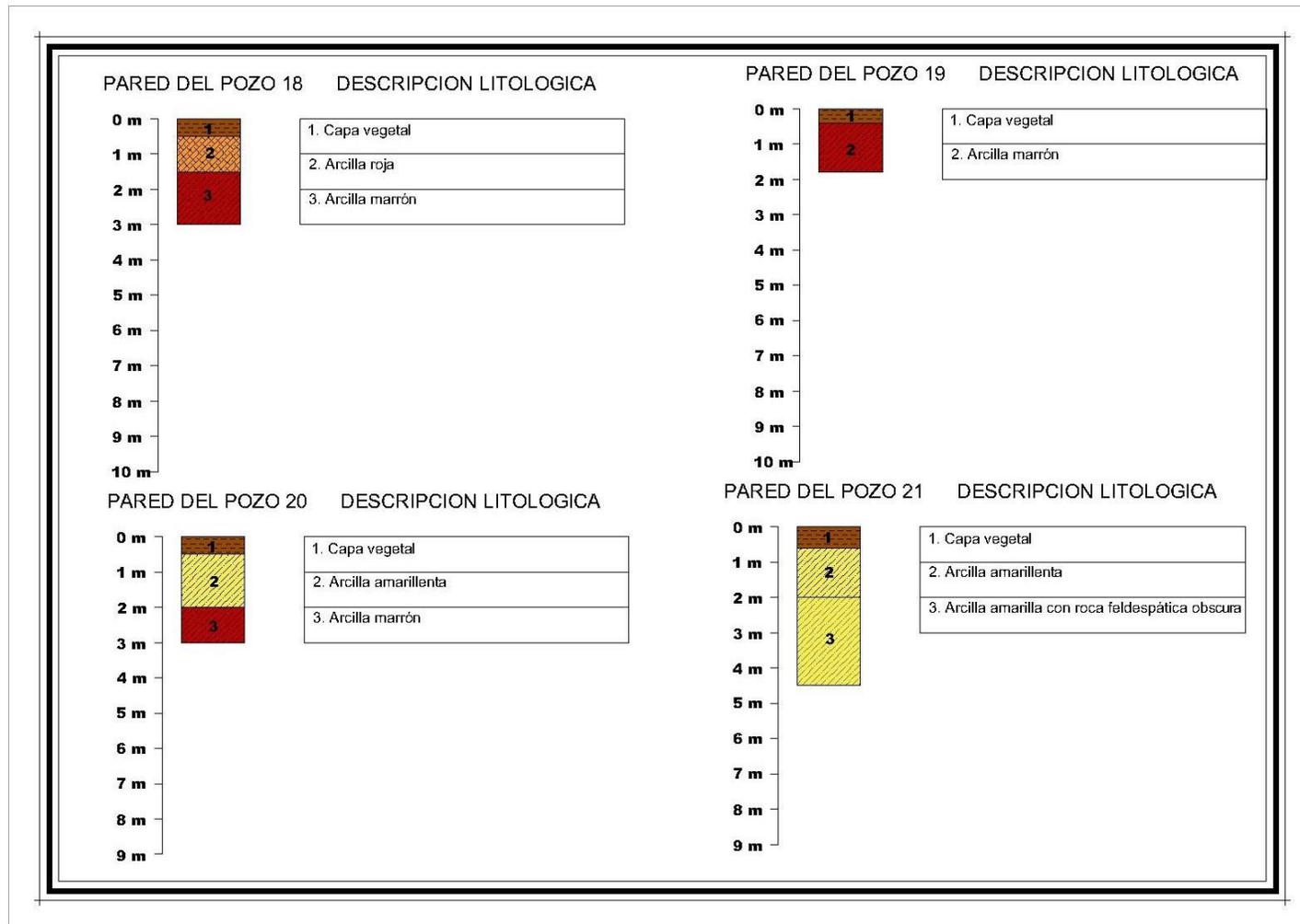


Figura 3.12 Pozos de exploración NP18 -NP21.
 Fuente: Realizada por el autor.

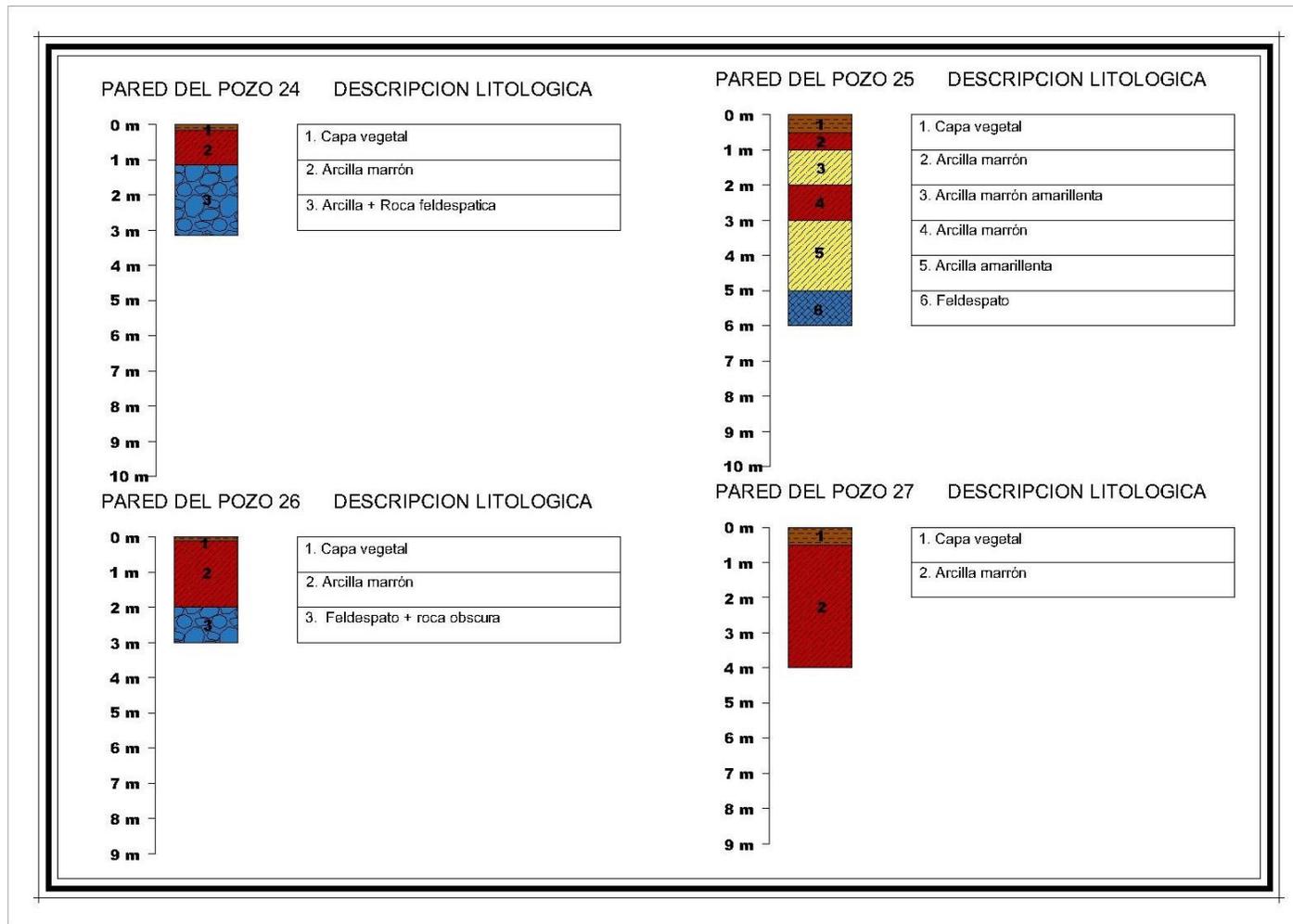


Figura 3.13 Pozos de exploración NP24 -NP27.

Fuente: Realizada por el autor.

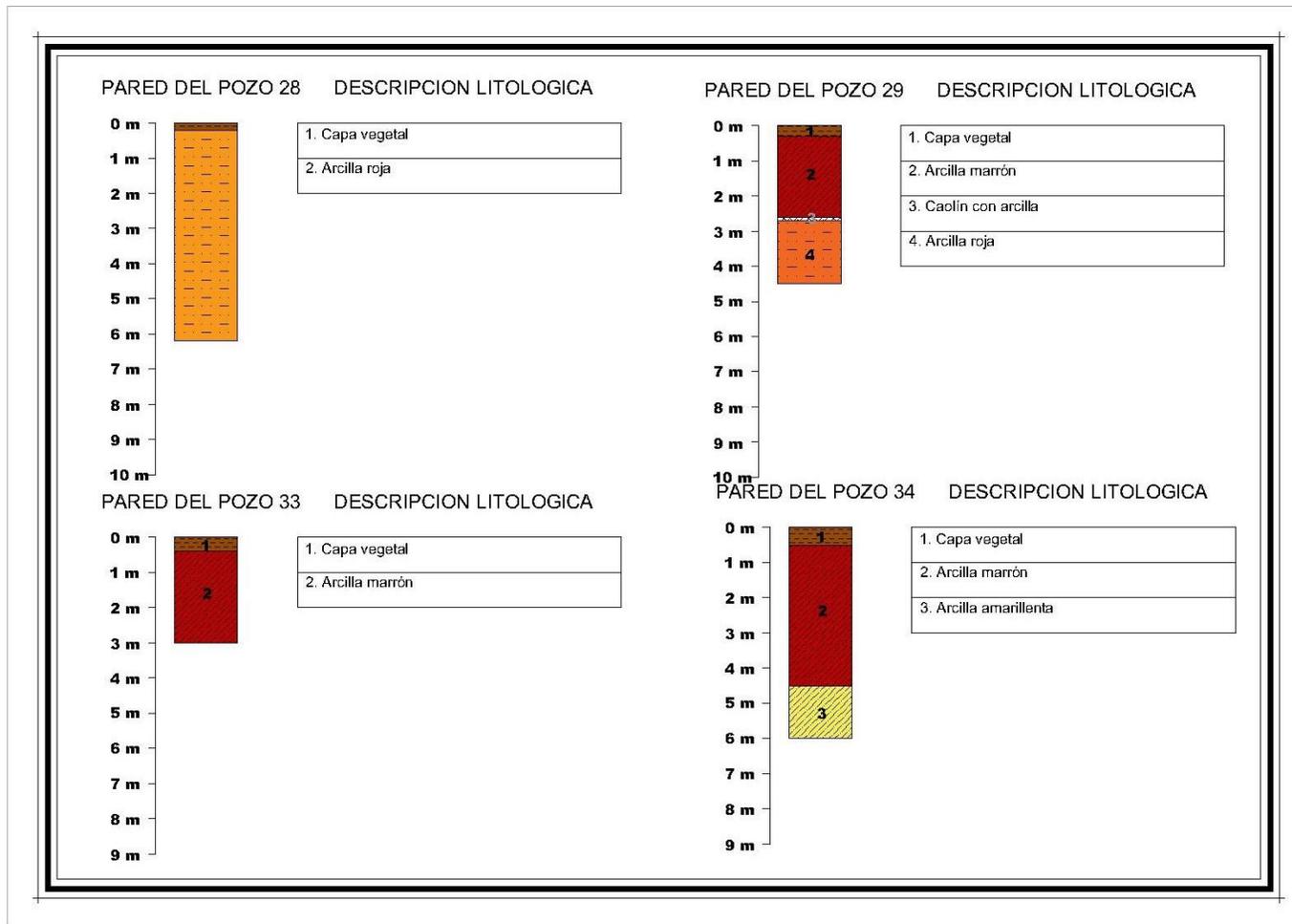


Figura 3.14 Pozos de exploración NP28 -NP34.
 Fuente: Realizada por el autor.

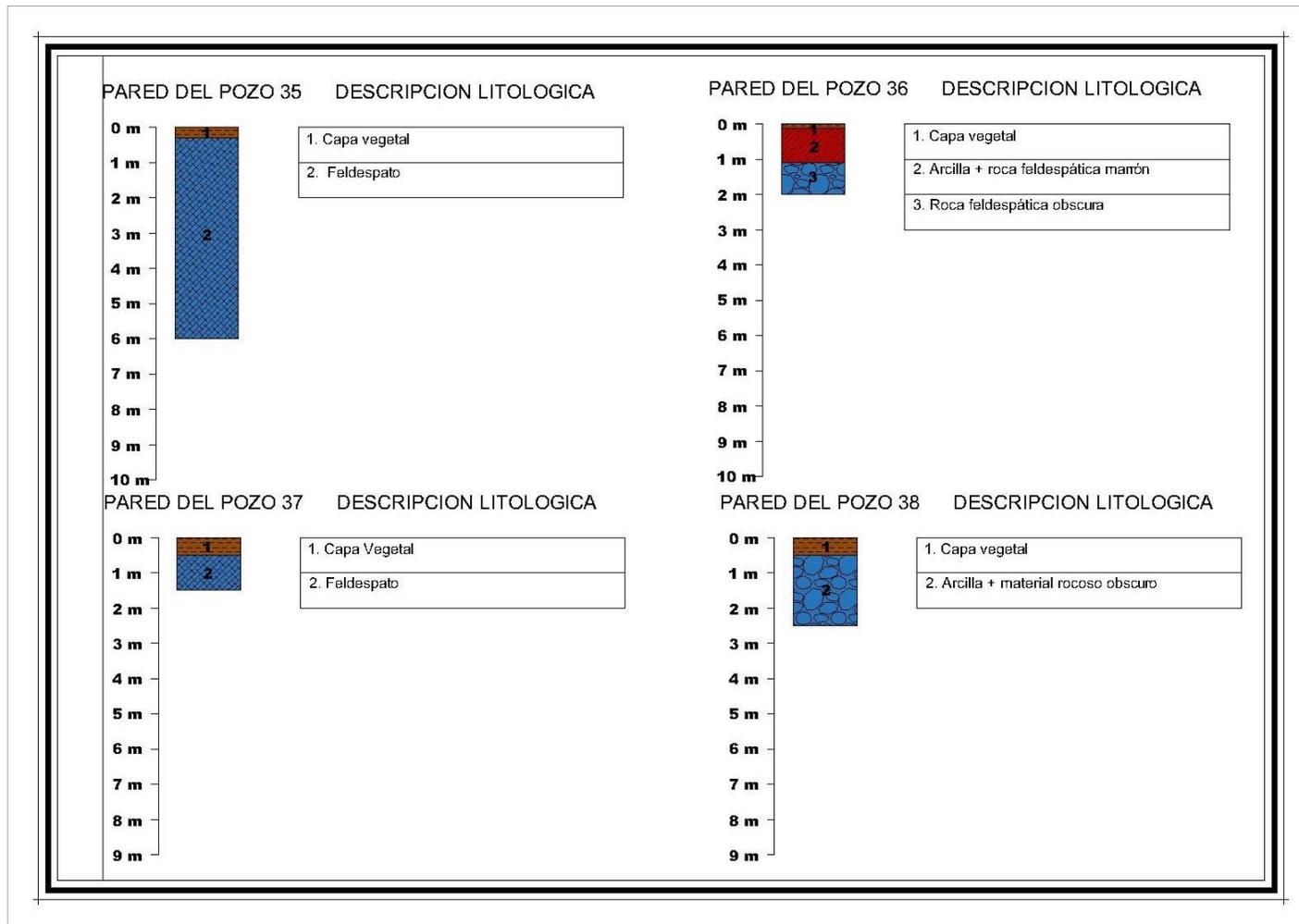


Figura 3.15 Pozos de exploración NP35 -NP38.
 Fuente: Realizada por el autor.

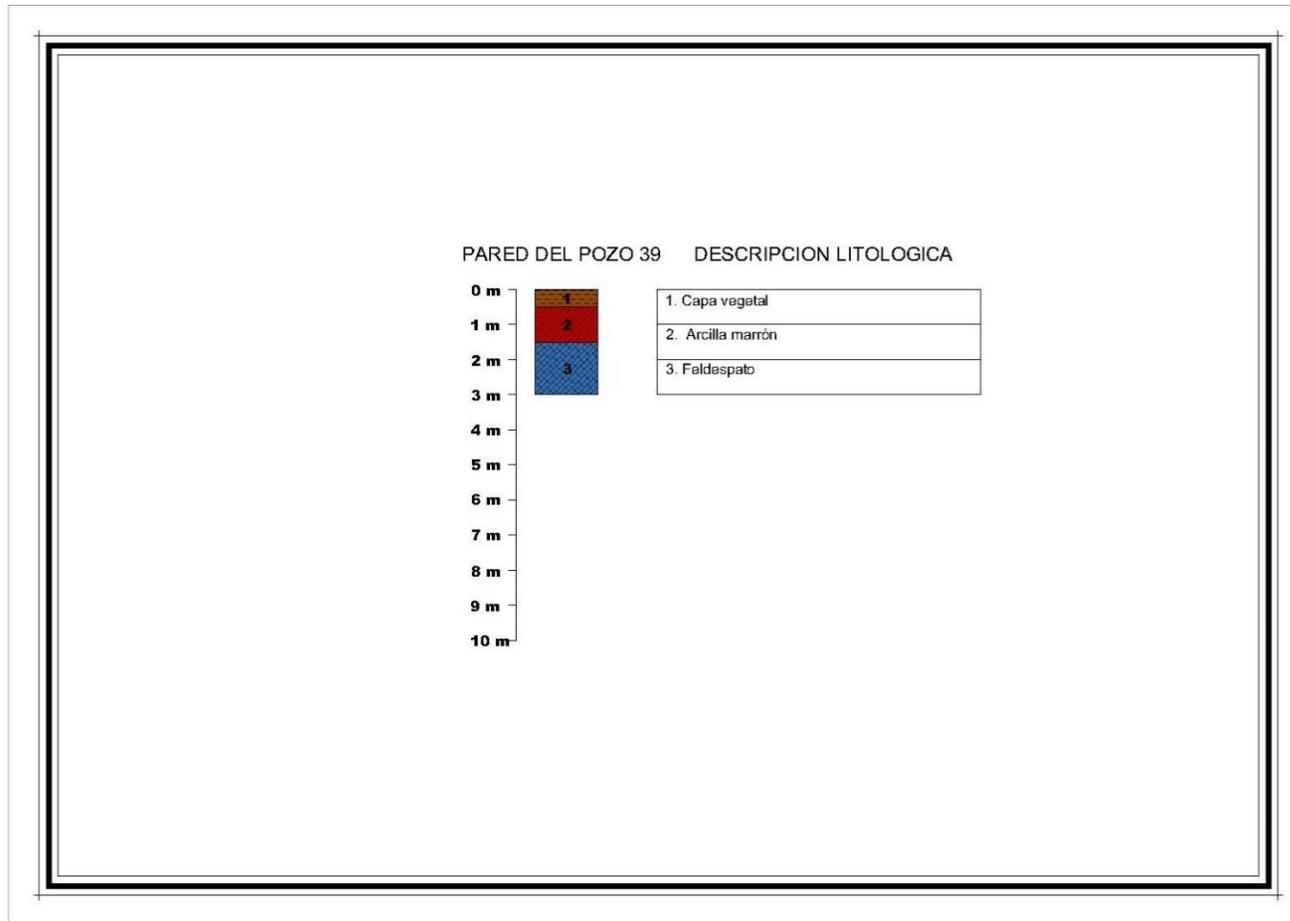


Figura 3.16 Pozos de exploración NP39.
 Fuente: Realizada por el autor.

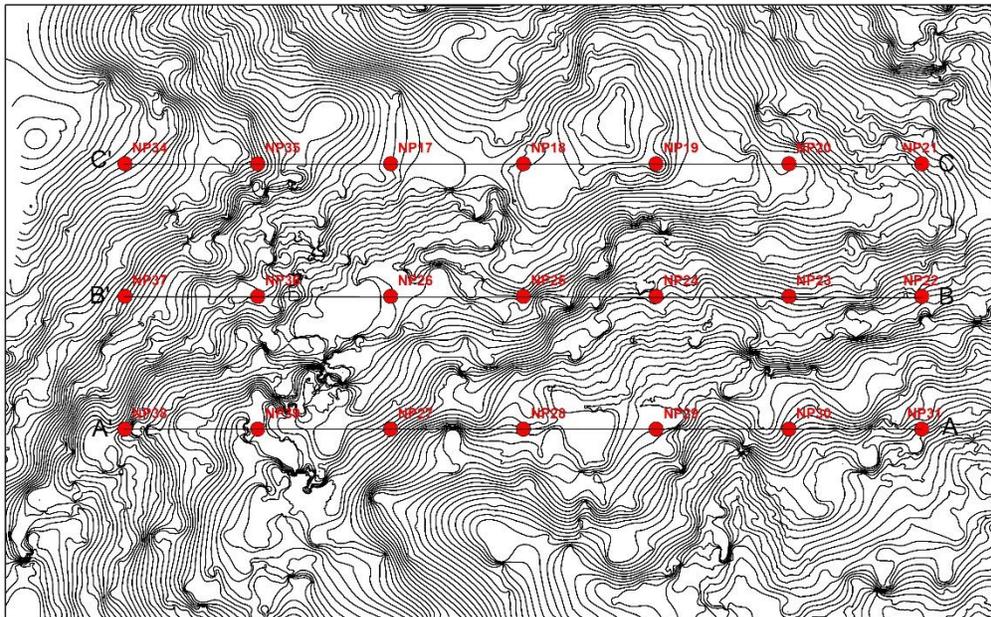
3.4. Perfiles

Se procedió a realizar perfiles en dirección este – oeste con un total de 3 perfiles, estos, pasan por el centro de los pozos de exploración para posterior mente realizar un análisis litológico y estratigráfico, en el cual se podrá identificar y calcular las reservas del material de interés.

Dentro del área de intervención, analizando la estratigrafía levantada en los pozos de exploración se tomó la decisión de reducir el área en la zona donde existe mayor cantidad de material de interés para posteriormente realizar cálculo de reservas y el diseño de explotación en dicha zona.

Sistema de Coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 17S
Proyección: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984

CONCESIÓN MINERA "NAHIMA"



Escala 1:2,500

LEYENDA TEMÁTICA	
●	POZOS
—	PERFILES

UBICACIÓN REGIONAL

Escala 1:3,000,000



OBSERVACIONES

FUENTE:
Instituto Geografico Militar IGM

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

REALIZADO POR: Juan Francisco Matute	ESCALA DE TRABAJO: 1 : 25 000
DIBUJO: Juan Francisco Matute	LÁMINA: 01 DE 01

**PERFILES PARA
EL CALCULO DE RESERVAS**
FECHA DE EJECUCIÓN: SEPTIEMBRE 2019



PERFILES PARA EL CALCULO DE RESERVAS

Figura 3.17 Perfiles para el cálculo de reservas.
Fuente: Realizada por el autor.

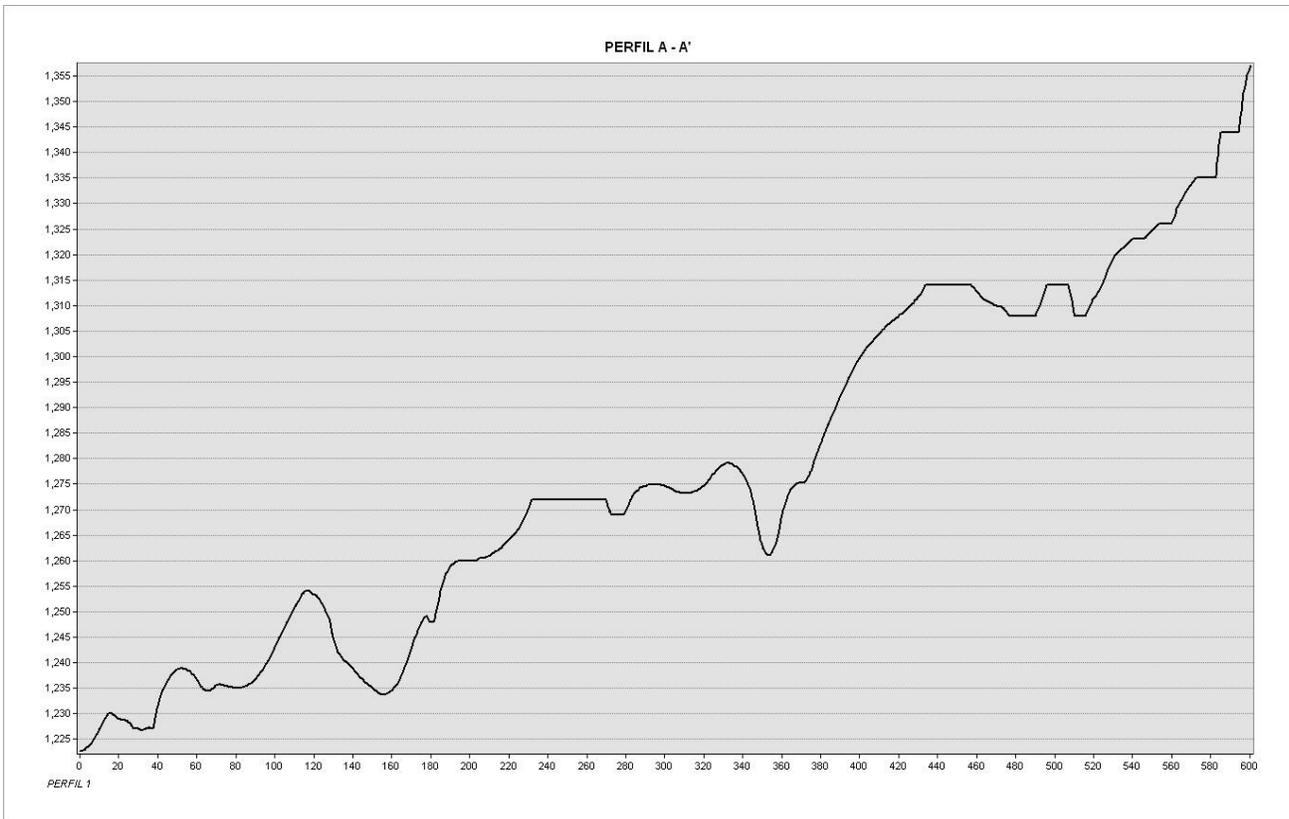


Figura 3.18 Perfil B – B'.
Fuente Realizada por el autor.

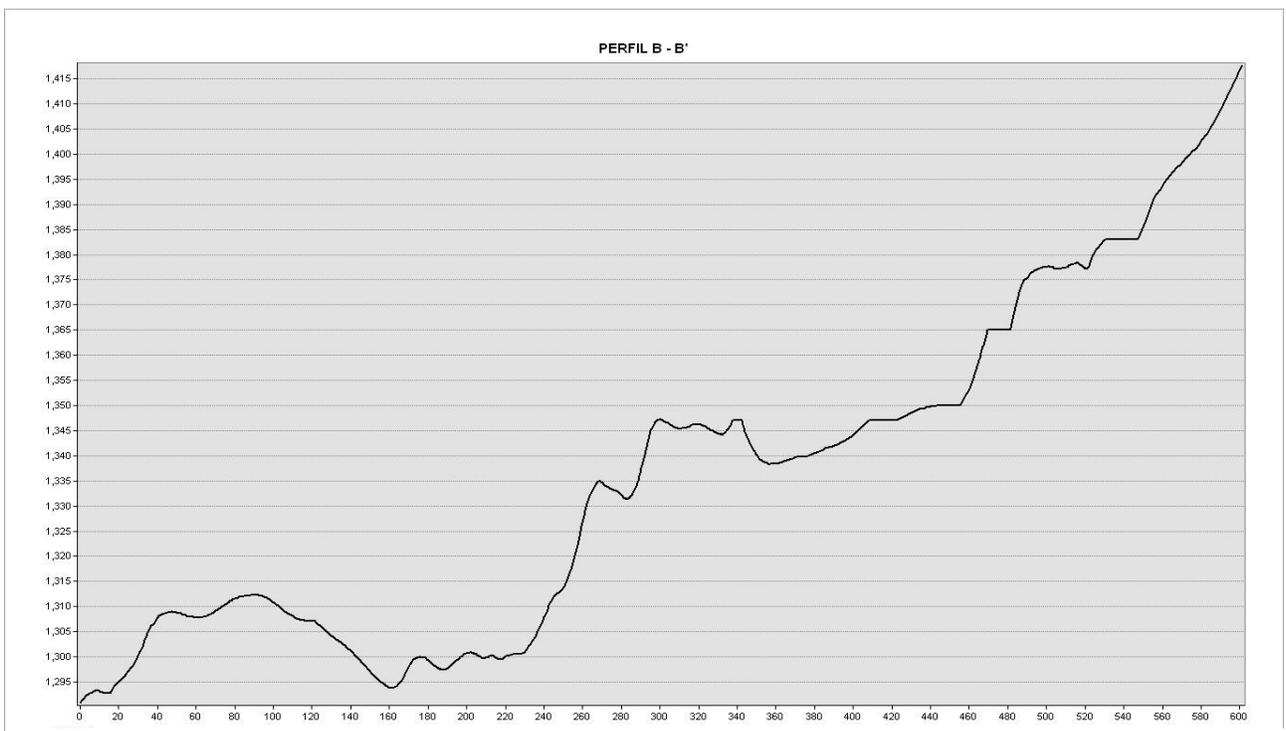


Figura 3.19 Perfil A – A'.
Fuente: Realizada por el autor.

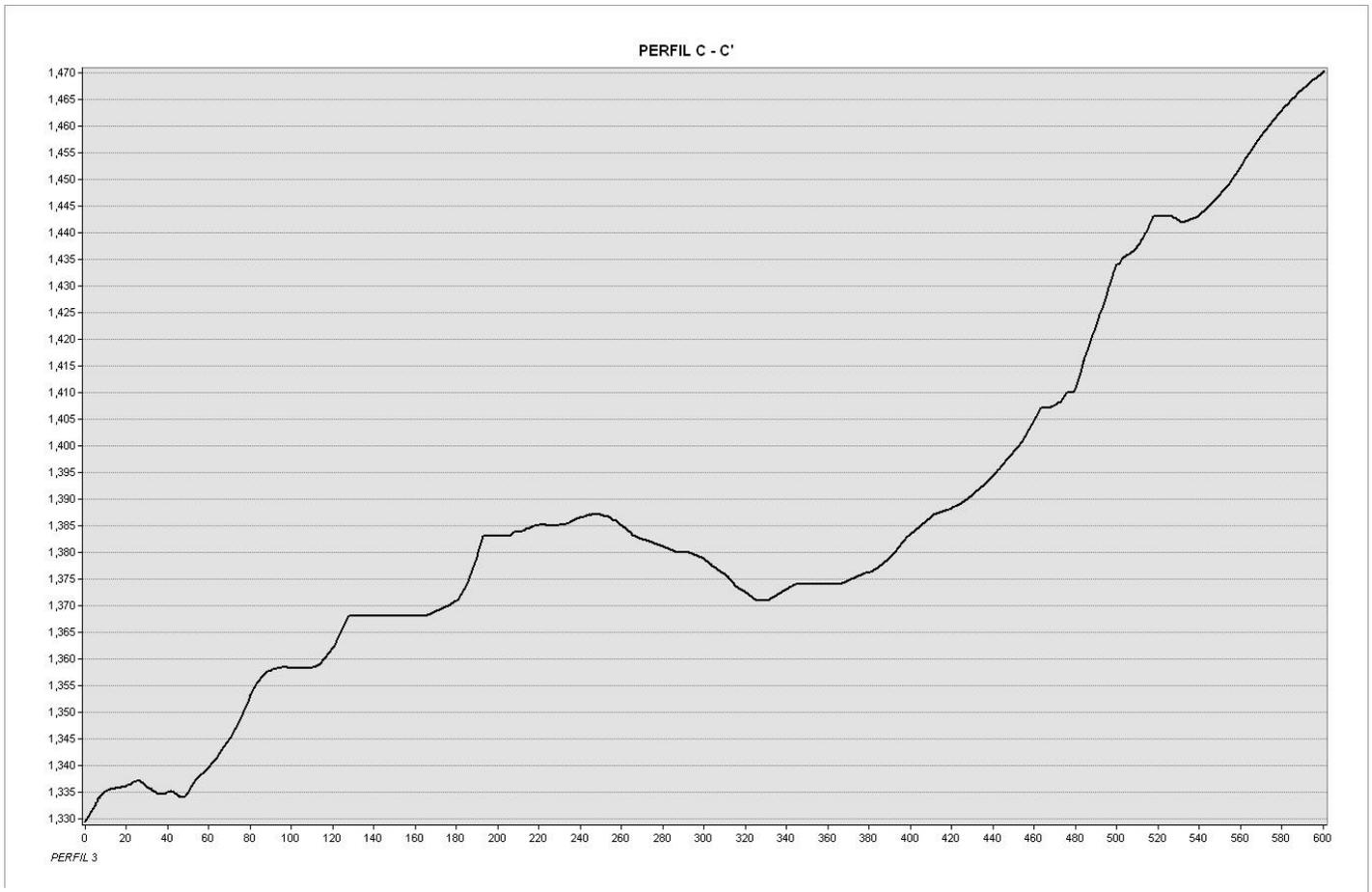


Figura 3. 20 Perfil C - C'

Fuente: Realizada por el autor

3.5.Cálculo de reservas

Para el cálculo de reservas de feldespatos y el material de sobrecarga existente, se procedió a realizar perfiles a lo largo del área de intervención. Los perfiles realizados pasaron por el eje de los pozos de exploración para obtener la estratigrafía general de cada perfil.

Para la obtención de las reservas en base a la estratigrafía de cada pozo ubicado respectivamente en el perfil que corta a cada uno de ellos, mediante el uso del software AutoCAD se proyectan los perfiles dibujando las respectivas capas de la estratigrafía obtenida por la información levantada en la exploración, uniendo la geología de los pozos adyacentes de exploración, para así formar un cuerpo geológico. Una vez obtenido dicho cuerpo mediante la herramienta "Área" se calcula la superficie tanto del material de interés como el de sobrecarga.

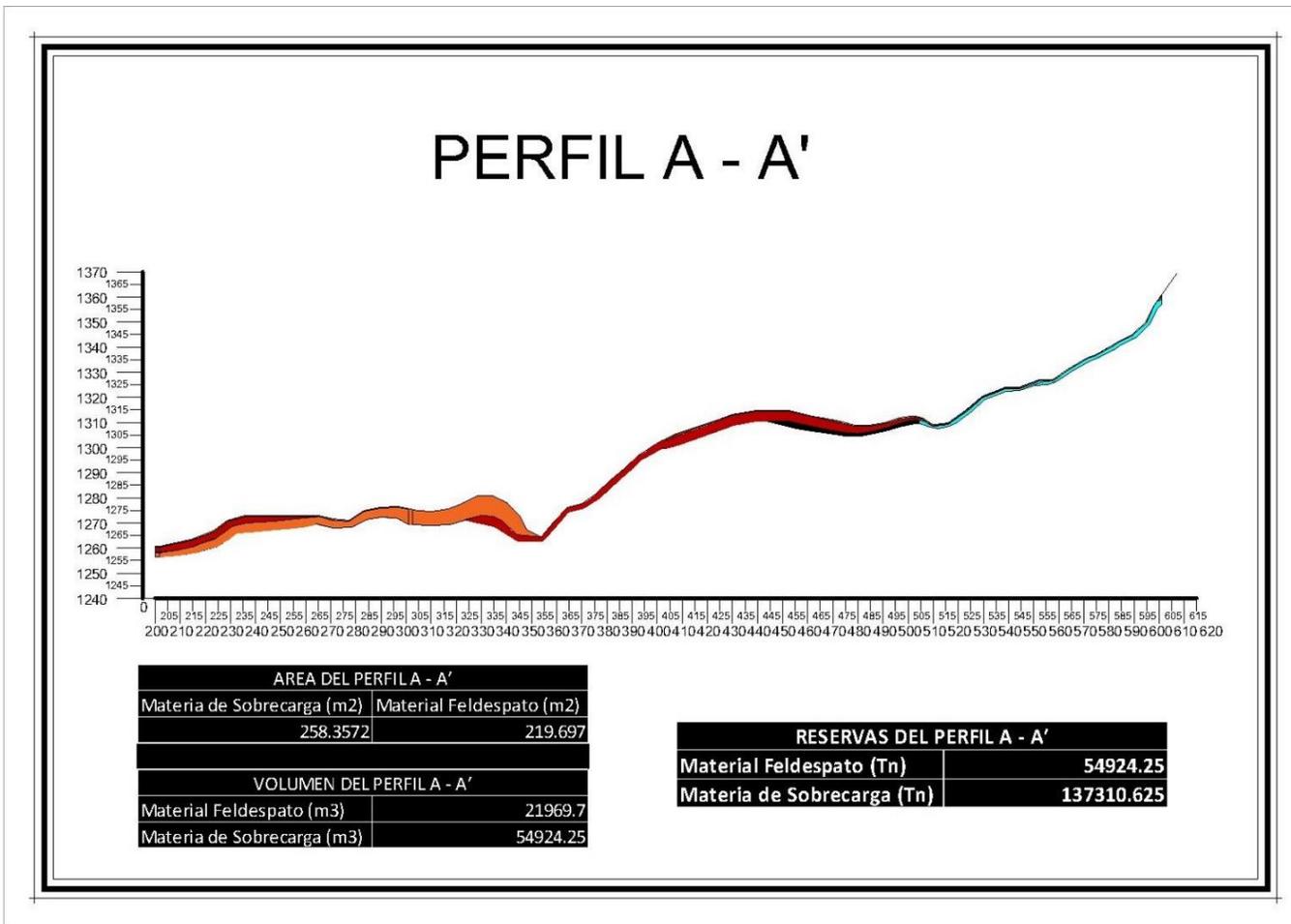


Figura 3.11 Perfil C - C'.
Fuente: Realizada por el autor.

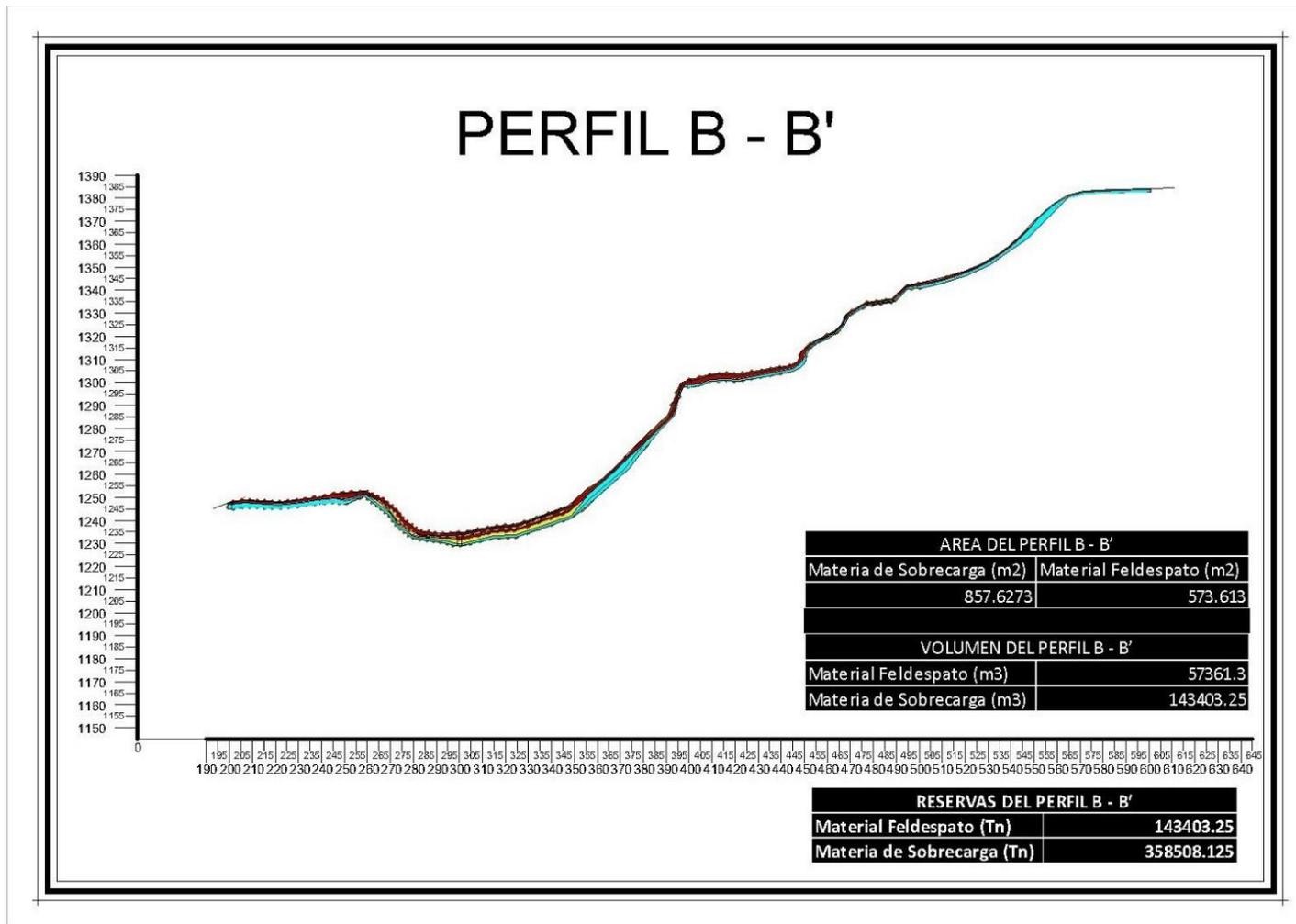


Figura 3.22 Perfil C - C'.
 Fuente: Realizada por el autor

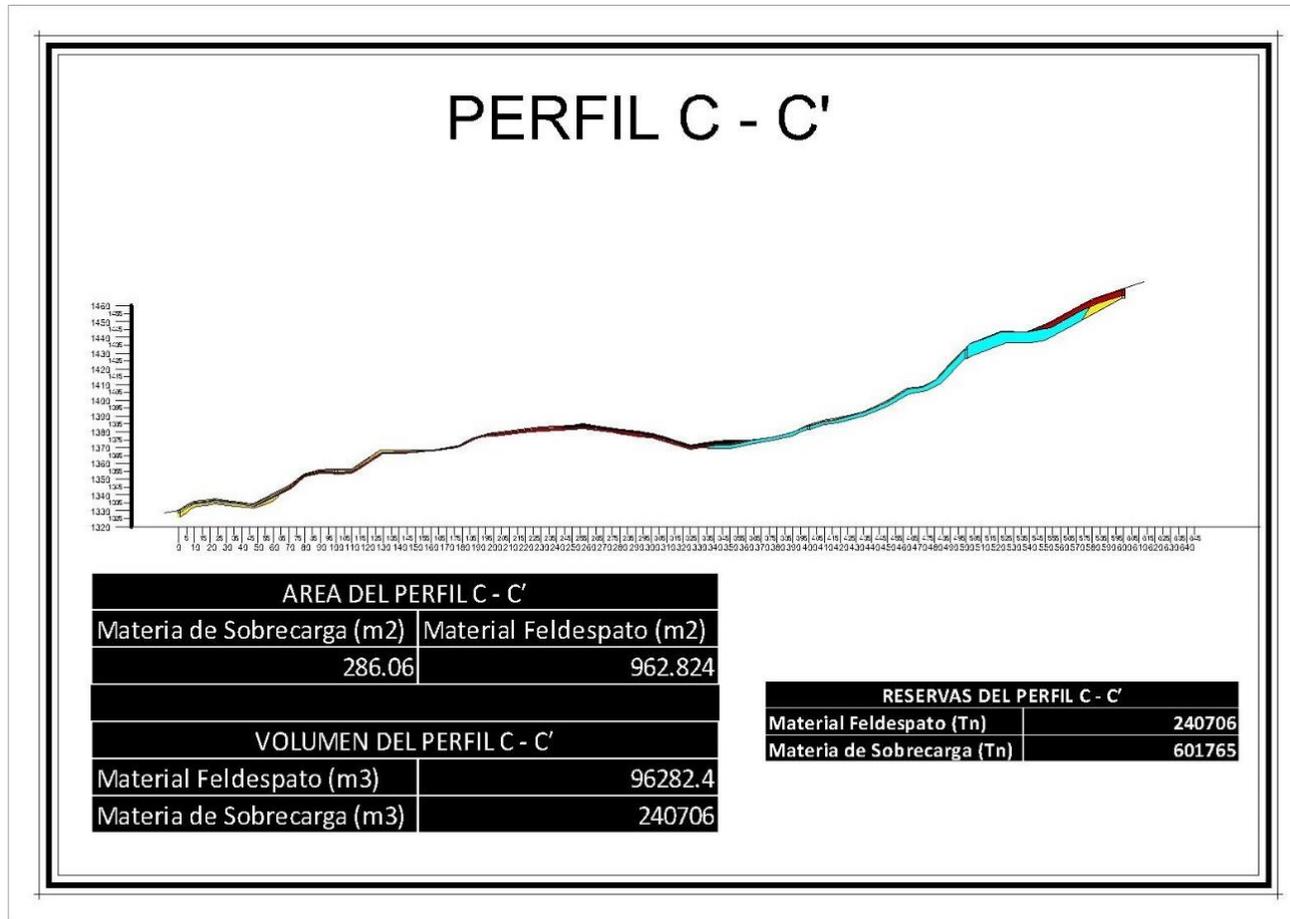


Figura 3.23 Calculo de reservas perfil C – C'.
 Fuente: Realizada por el autor

CAPITULO 4

DISEÑO DE EXPLOTACIÓN

4.1 Método minero

Se denomina “método minero” a un proceso iterativo tanto desde el punto de vista temporal como espacial, que permite llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de forma ordenada, repetitiva y rutinaria (Herbert, 2006).

4.1.1. Explotación a cielo abierto

La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/material con que se debe extraer este último. Este parámetro, comúnmente denominado “ratio”, puede ser muy variable de unos depósitos a otros, pero en todos condiciona la variabilidad económica de las explotaciones y, consecuentemente, la profundidad que es posible alcanzar por minería de superficie (Herbert, 2006).

4.1.2. Factores en consideración para la elección del método a cielo abierto

Para la elección del método de explotación a cielo abierto se debe tener en cuenta distintos parámetros tales como la geometría, geotecnia, operatividad y medio ambiente indicados a continuación:

- Geométricos: esta función de la estructura y morfológica del yacimiento, la pendiente del terreno, límites de propiedad, etc. Para este proyecto se encuentra delimitado por las coordenadas del área de incidencia antes descrita.
- Geotécnicos: depende de los ángulos máximos estables de los taludes en cada una de las estructuras presentes en el yacimiento. Para el proyecto se establecen taludes con ángulos entre 45 grados para terrenos con un grado de consistencia medio y 70 grados para terrenos consistentes.
- Operativos: la maquinaria que se emplea debe trabajar en óptimas condiciones para obtener eficiencia y seguridad, por lo tanto, para el proyecto se trabajaran con alturas de banco de 7 metros, pistas de 15 metros, etc.

- Medio – ambientales: un diseño que permita la restauración del terreno reduciendo los impactos paisajísticos y los diferentes impactos ambientales que conlleva la explotación.

4.1.3. Elección del sistema de explotación

Este proceso busca encontrar un sistema que se encargue de la explotación de reservas existentes de un yacimiento minero haciendo que cumpla con los requerimientos técnicos de seguridad y los económicos que representen rentabilidad. En base a este análisis se establecerán las diferentes labores a realizar a lo largo del proyecto y los equipos adecuados para realizar este trabajo.

La elección del sistema depende las características geológicas, estructurales, geomecánicas y físicas del yacimiento, demanda de material y equipos disponibles.

4.1.4. Sistema de explotación por el método de canteras

Canteras es el termino genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y obras de infraestructura (Herbert, 2006).

4.1.5. Canteras en ladera

Estas explotaciones son las más numerosas y se caracterizan por un gran número de bancos, aunque hasta hace pocos años la tendencia era trabajar con pocos bancos muy altos. Existen diferentes alternativas para este sistema según (Herbert, 2006).

- Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente: es la alternativa más frecuente por la facilidad de las canteras y a la mínima distancia de transporte inicial.
- Excavación descendente y abandono del talud final en bancos altos: permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota, pero, exige construir toda la infraestructura que varía para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte en los primeros años de la cantera.
- Avance lateral y abandono del talud final: Se puede llevar a cabo cuando la cantera tiene un desarrollo transversal reducido, profundizándose poco en la ladera, pero con un avance lateral amplio, también permite mantener de forma constante la

distancia del transporte y recuperar los taludes finales una vez excavado el hueco inicial.

4.2. Diseño de bancos

Para el diseño de los bancos se debe tomar en cuenta los diferentes parámetros geométricos que forman este diseño. A continuación, se elegirá y justificará la selección de las dimensiones de cada uno de los parámetros expuestos.

4.2.1. Altura del banco

La altura del banco se establece, en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga, va a depender del alcance de los equipos, esas alturas permitirán utilizar los equipos de carga para sanear el frente y mantener unas condiciones de seguridad aceptables, (Bustillo & López, 1997). En base a dicho análisis se determinó una altura de banco de 7 m.

4.2.1.1. Maquinaria de arranque

El proceso de arranque se llevará a cabo de la extracción mecánica con una retro excavadora Caterpillar 360.

4.2.1.2. Geometría del diseño

Se ha proyectado la división de bancos de 7 metros de altura con un ángulo de 60° pertinente para evitar la posibilidad de una rotura por vuelco y un ancho de banco de 15 metros teniendo en cuenta los parámetros como cunetas y el ancho de vía. Llevando a cabo el método de explotación por bancos descendentes.

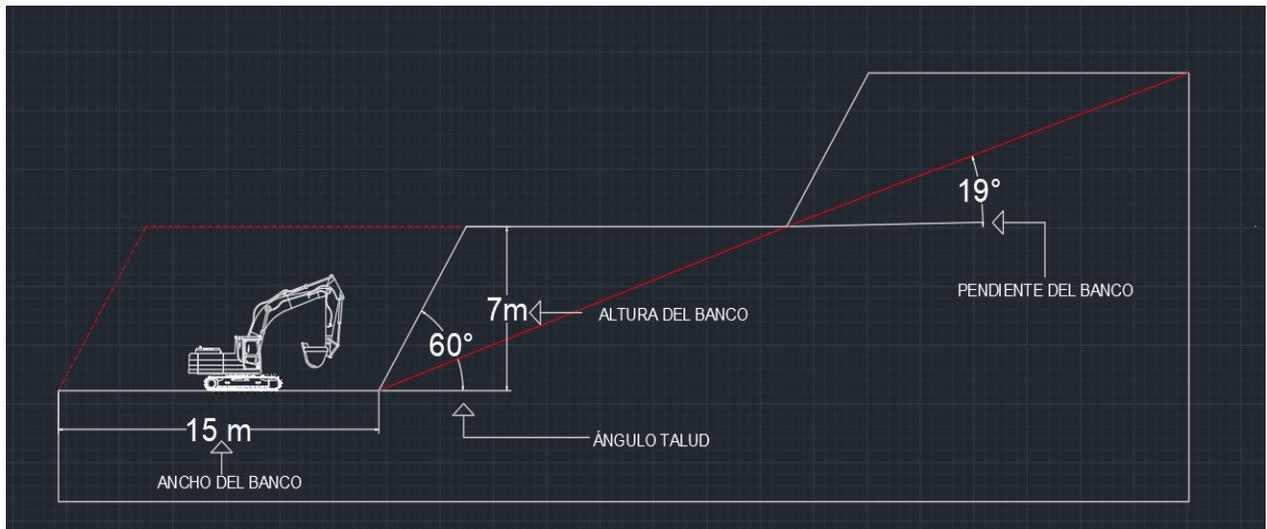


Figura 4.1 Factores geométricos.
Fuente: Realizado por el autor.

4.2.1.3. Berma de seguridad

Se utiliza como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores y también como plataforma de acceso o, incluso, transporte, en el talud de una excavación, (Bustillo & López, 1997).

Para este propósito se ha optado por usar el criterio de Ritchie (1963), que propone reglas empíricas, modificando luego por Evans (Giani, 1992) y Call (1992), para calcular el ancho de berma de seguridad. Dicho criterio se resume en las expresiones:

- $B = 0.2H + 2$ (para H menor a 9 m)
- $B = 0.2H + 4.5$ (para H mayor a 9 m)

Donde:

B: Ancho de la berma de seguridad

H: Altura del banco

$$B = 0.2(7) + 2$$

$$B = 3.4 \text{ m}$$

4.3. Diseño de vía

La vía principal de acceso a la mina es la que conduce desde la ciudad de Yantzaza hasta el área minera ubicado en el sector de Miraflores en la localidad de Ungumiatza. Dentro de la concesión está planificado abrir una vía de aproximadamente 2 Km desde la población de Ungumiatza hasta el punto donde da inicio la explotación.

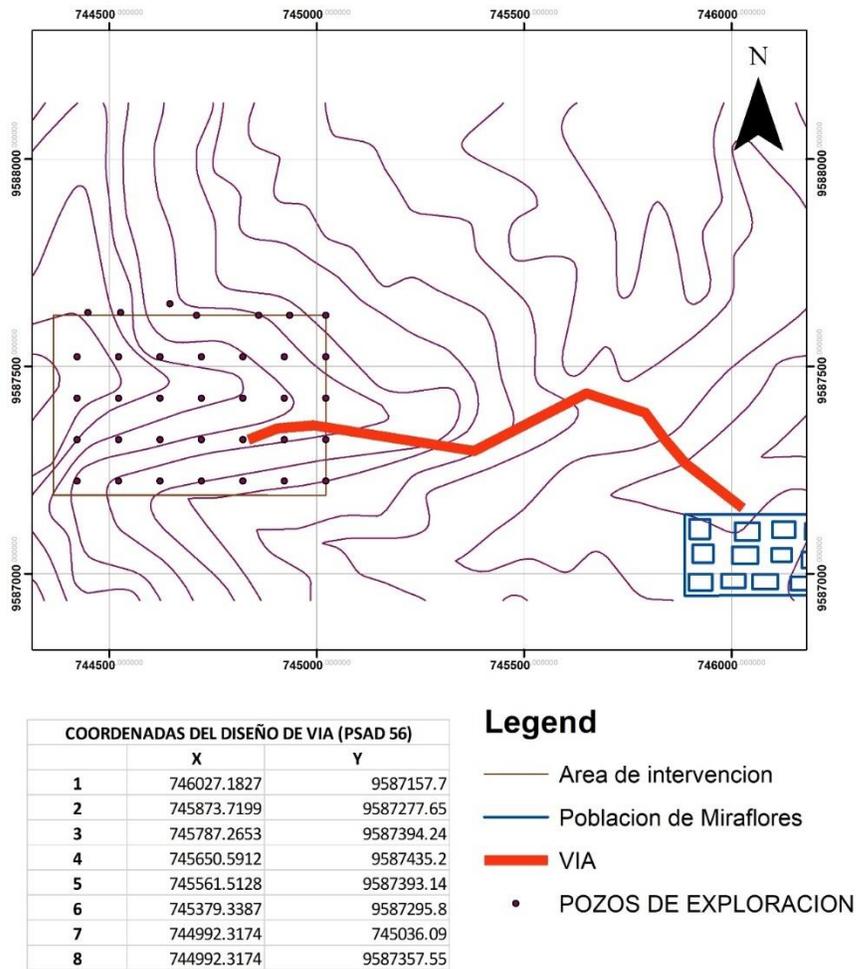


Figura 4.2 Diseño de vía.
Fuente: Realizada por el autor.

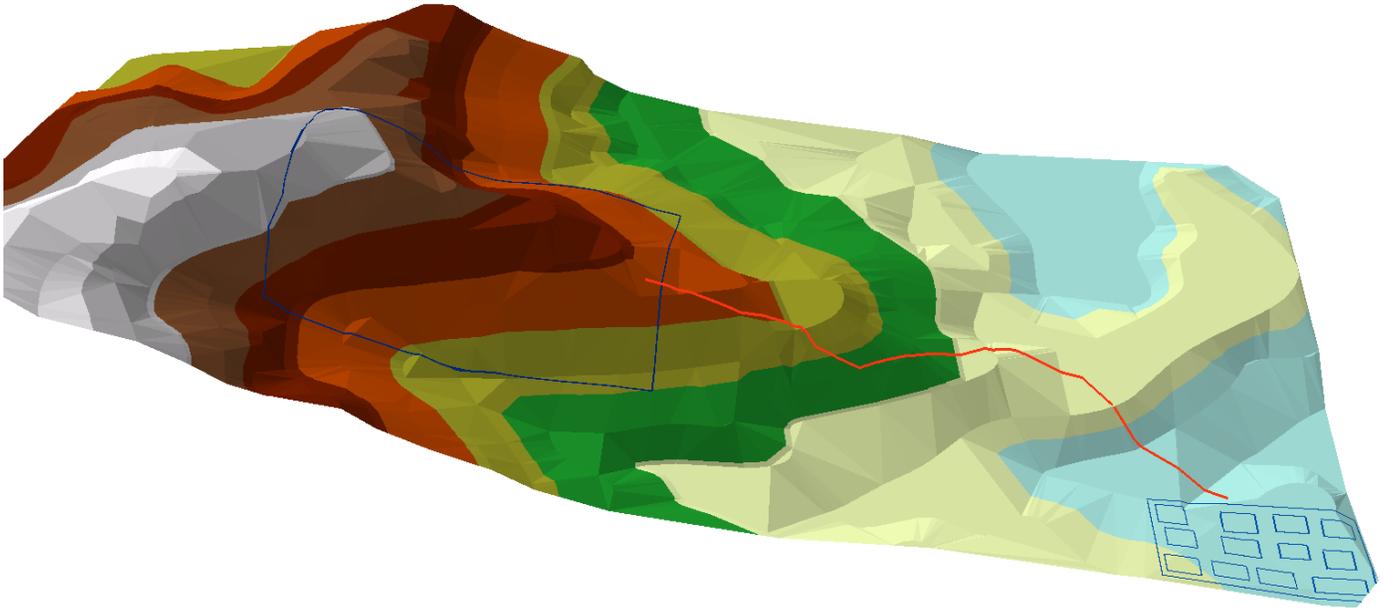


Figura 4.3 Diseño de vía 3D.
Fuente: Realizada por el autor.

4.4. Factores operativos

Se entiende como un sistema operativo al conjunto interrelacionado a técnicas y procesos que llevan a cabo la extracción de los minerales en una forma repetitiva, rutinaria e iterativa. Depende fundamentalmente de la resistencia que las rocas oponen a su fragmentación y posteriormente a su transporte, (Jimenez, 1997).

Para este tipo de minería a tajo abierto se empleará los equipos de acuerdo a su necesidad del diseño de explotación por arranque mecánico del material ya que no es necesario el uso de voladura del macizo rocoso. Las maquinarias a operar según la producción de los beneficios y los costos de operación serán dadas a conocer en las características de la maquinaria a usarse, (Jimenez, 1997).

4.4.1. Excavadora Caterpillar 320

La 320 proporciona un mayor rendimiento y eficiencia del combustible con respecto a las máquinas de su clase. Gracias a que proporciona el mayor nivel de tecnología de serie de la industria, una nueva cabina centrada en el confort del operador junto con menores costes de mantenimiento y combustible, la 320 establecerá un nuevo ritmo para la productividad y beneficios en su operación, (Caterpillar, 2019).



Figura 4.4 Excavadora Caterpillar 320.
Fuente: (Caterpillar, 2019).

Tabla 4.1 Características Excavadora Caterpillar 320.

MOTOR	Modelo	Cat C4.4
	Potencia (ISO 9249)	162 HP
PESOS	P. Operacional	22200 kg
CAPACIDADES DE LLENADO	Tanque de combustible	86.6 gal
	Aceite del motor	6.6 gal
MANDO	Fuerza máx. tracción	205 kN
	Max velocidad	5.7 km/h
MECANISMOS DE ROTACIÓN	Velocidad de rotación	11.25 rpm
	Par de rotación	74 kN*m

Fuente: (Caterpillar, 2019).

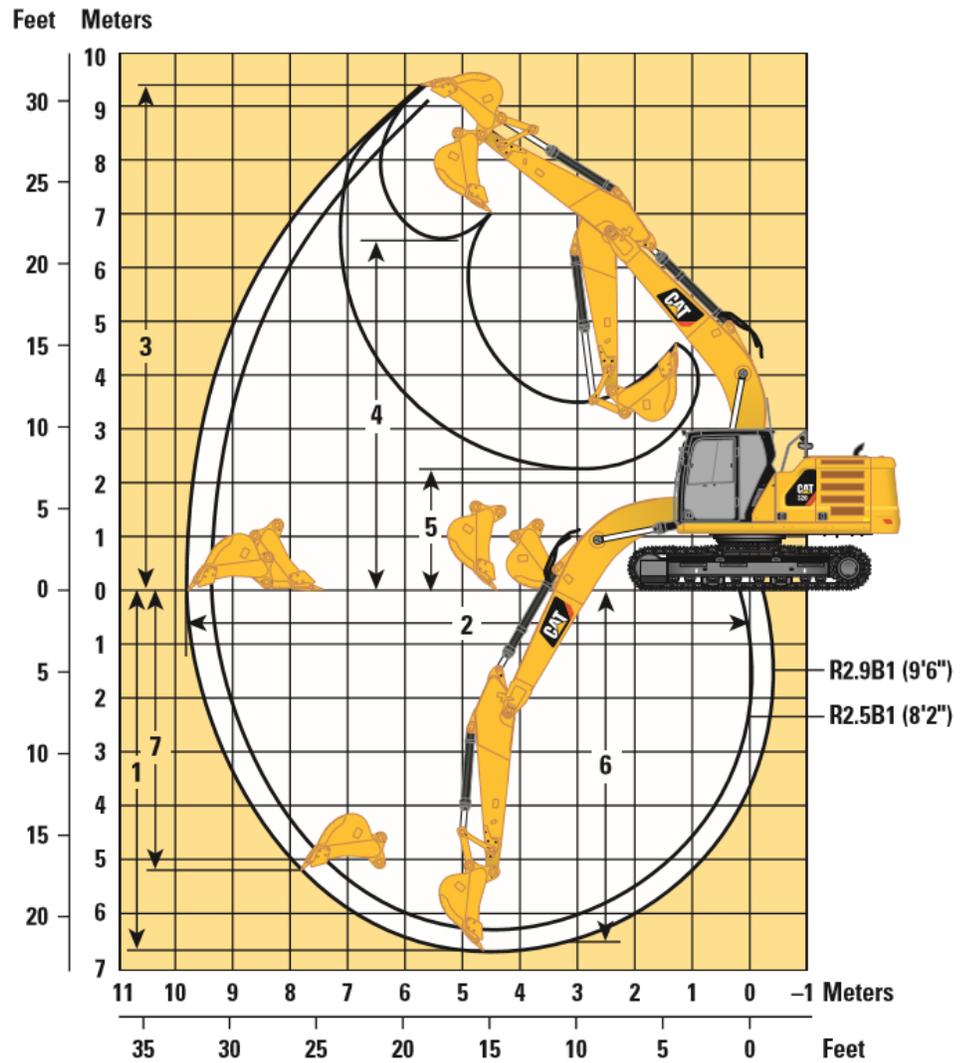


Figura 4.0.5 Especificaciones de excavadora Caterpillar 360.
 Fuente: (Caterpillar, 2019).

Tabla 4.2 Dimensiones de excavadora Caterpillar 360

Longitud de brazo	9.530 mm
Cucharón	1.4 m ³
• Profundidad máxima de excavación	6.720 mm
• Alcance máximo a nivel del suelo	9.860 mm
• Altura máxima de corte	9.370 mm
• Altura máxima de carga	6.490 mm
• Altura mínima de carga	2.170 mm
• Profundidad máxima de corte con fondo plano	6.550 mm
• Profundidad máxima de excavación en pared vertical	5.190 mm

Fuente: (Caterpillar, 2019)

4.4.2. Volquetes Hino serie 500

Las razones del éxito de los volquetes en la Minería a Cielo Abierto está en sus principales (adaptabilidad al perfil del camino, selectividad minera por unidades, infraestructura fácil), que según el desarrollo tecnológico de los motores, aceros, neumáticos y transmisiones han permitido un crecimiento espectacular de sus dimensiones y que lo han separado y caracterizado por su tamaño de los camiones utilizados en las construcción y las obras publicas cuya capacidad de transporte del volquete son importantes, (Saguay, 2016).

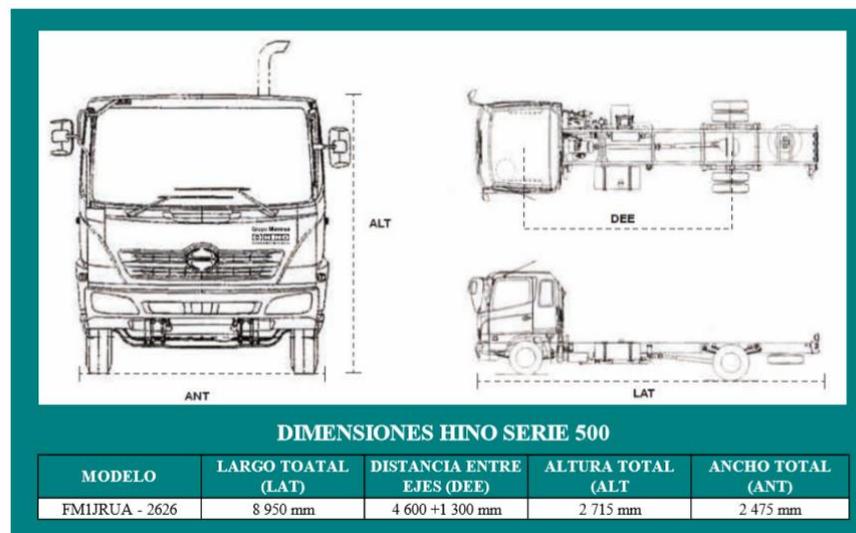


Figura 4.0.6 Camión Hino serie 500.

Fuente: (Mavesa, 2016).



MODELO FM1JRU -2626

Configuración	6 X 4	Embrague	Monodisco seco
CAPACIDADES		TRANSMISIÓN	
Capacidad carga eje delantero	6 500 Kg.	Transmisión / Tipo	Manual (EATON 7209)
Capacidad carga eje posterior	20 000 Kg.	Número de velocidades	9 Velocidades + 1 reversa
Peso Bruto	26 500 Kg.	EJES	
Peso Vacío	6 885 Kg.	Delantero	Tipo Viga Elliot "I"
Capacidad de Carga	19 615 Kg.	Trasero	Enteramente flotante reforzado
Neumáticos	295/80 R. 22.5	SUSPENSIÓN	
MOTOR		Delantera	Ballesta semielíptica con amortiguadores
Tipo	Diesel Turbo Intercooler	Trasera	Eje Tandem con ballestas semielípticas
Sistema de Inyección	Inyección electrónica en riel común	Dirección	Hidráulica (Bolas recirculantes)
Norma de control de emisiones	Euro 3	FRENOS	
Potencia máxima	260 HP / 2 500 rpm	De servicio	100% Aire
Torque máximo	76 KgM / 1 500 rpm	De estacionamiento	De resorte actuando sobre eje delantero y posterior
Cilindraje	7,961 cm ³	De motor	Electroneumático de restricción al escape

Figura 4.0.7 Especificaciones de camio Hino serie 500.
Fuente: (Mavesa, 2016).

4.4.3. Bulldozer D8T

Los Bulldozer, son máquinas versátiles que permiten realizar diversos trabajos en sectores como la construcción, la minería, (Saguay, 2016).

Se usa principalmente para:

- Roturación del terreno.
- Empuje de materiales sueltos.
- Nivelación y recebo de pistas.
- Excavaciones en línea recta.
- Extendido de tierras por capa y compactación superficial.
- Rellenos.
- Formación de pilas o montones.
- Realización de terraplenes.
- Remolque de grandes cargas o de otras máquinas

BULLDOZER D8T		
MOTOR	Modelo	C15 CAT
	Potencia ISO 9249	310 HP
PESOS	P. Operacional	38 488.0 kg
	P. de embarque	29 553.0 kg
CAPACIDADES DE LLENADO	Tanque de combustible	170 gal
	Aceite del motor	10.0 gal
	Sistema de enfriamiento	20.3 gal
MANDO	Fuerza Max. Tracción	127.3 kN
	Max. Velocidad	10.6 km/h
MECANISMO DE ROTACIÓN	Vel. De Rotación	10 rpm
	Par de Rotación	108kN*m
HOJAS	Tipo	8SU
	Capacidad (SAE J1265)	8.7 m ³
	Ancho	3.9 m
	Altura	1.69 m

Figura 4.8 Bulldozer D8T.
Fuente: (Caterpillar, 2016)

4.5. Fases de explotación

Para el diseño de las fases de explotación se tomó en cuenta los factores geométricos, operativos y de seguridad, ubicando la zona con mayor presencia de material de interés en lo perfiles para la elaboración de los bancos descendentes. Teniendo en cuenta una explotación anual de 50.000 Tn.

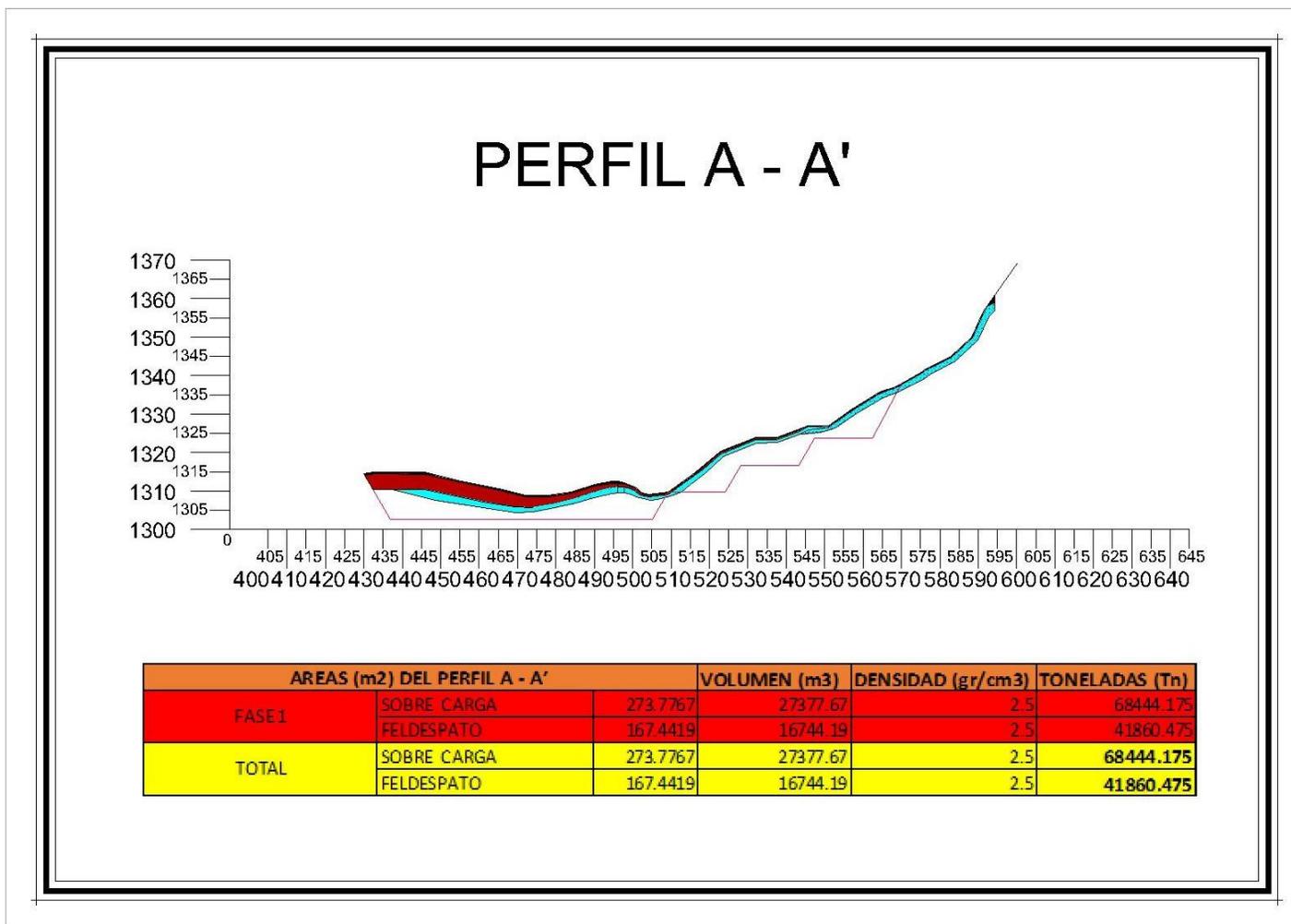


Figura 4.9 Fase de explotación del perfil A – A'.
 Fuente: Realizada por el autor.

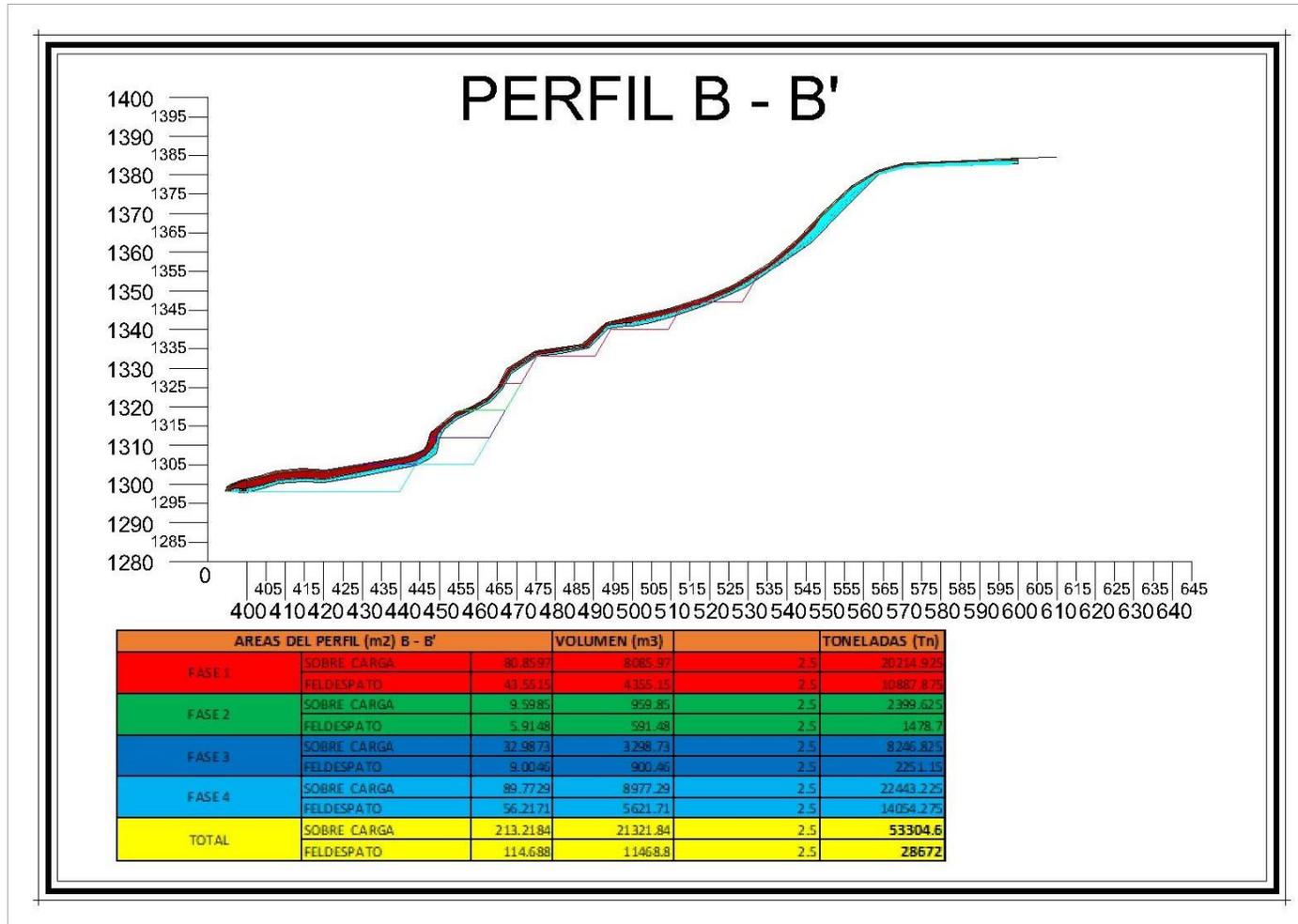


Figura 4.10 Fases de explotación del perfil B – B'.
Fuente: Realizada por el autor.

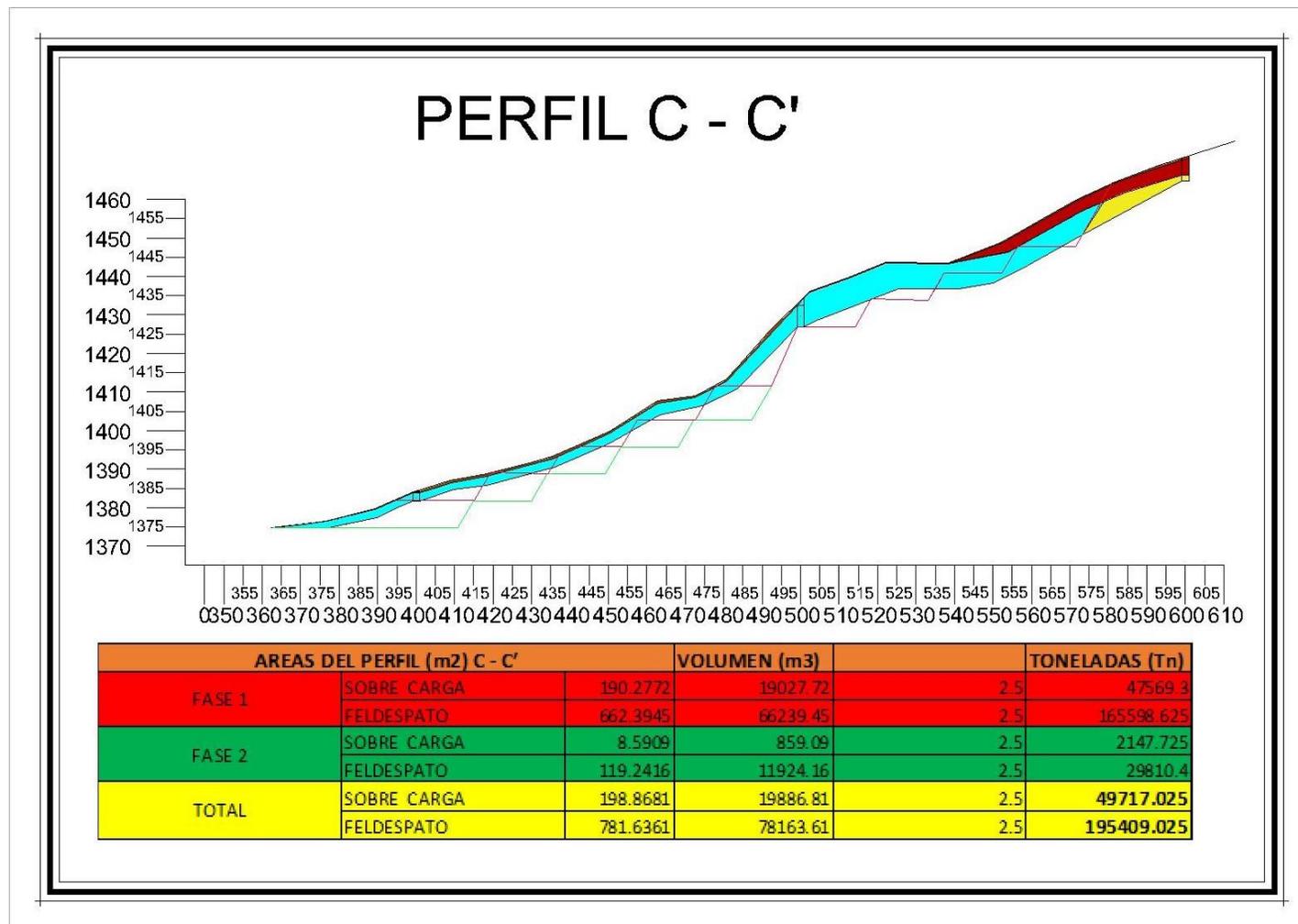


Figura 4.11 Fases de explotación del perfil C – C'.

Fuente: Realizada por el autor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En la zona de estudio se pudo determinar, en base a la etapa de exploración, la presencia de una capa de feldespatos en una superficie de 6 Ha, que se encuentra dentro de la concesión minera Nahima.
- Se evaluó una reserva total de 265.941,5 toneladas de feldespatos, por medio del método de perfiles, siendo este procedimiento el mejor que se acopló a las características de yacimiento y la información recolectada.
- Se determinó una vida útil de 5 años de explotación para la mina, en base a una producción de 50.000 toneladas anuales, requeridas por la empresa.
- Se definió que el método de explotación a utilizarse será el de bancos descendentes, facilitando así los parámetros operativos, geométricos y de seguridad.
- Para el diseño de explotación, se realizarán bancos de 15 metros de ancho y 7 metros de altura, el ángulo del talud será de 60° y un ángulo de liquidación de la cantera de 19° , además de esto se realizarán bermas de seguridad con un ancho de 3.5 metros en función de la altura de los bancos de explotación.

Recomendaciones:

- Se debe realizar una exploración de mayor detalle del yacimiento, con una malla de muestreo más reducida para obtener una mayor cantidad de información estratigráfica.
- Realizar un estudio a detalle de la geomecánica de rocas y macizo rocoso, para obtener información del comportamiento global de la zona de estudio.
- Ejecutar estudios de factibilidad económica del yacimiento para analizar si el proyecto tiene rentabilidad.
- Se recomienda establecer zonas para la ubicación del campamento, rampas de acceso, oficinas, zona de stock, letrinas, escombrera, etc.
- Realizar reuniones con la comunidad de influencia directa sobre cómo se llevaría a cabo el proyecto y los distintos beneficios que tendrán a lo largo de la vida útil de la mina.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, A. (2013).

Anonimo. (07 de Agosto de 2013). *Wordpress*. Obtenido de <https://fannsn.files.wordpress.com/2013/09/metodos-de-exploracion.pdf>

ARKAPP. (2015).

BERNIS, J. M. (2010). *NIVELACIÓN DE TERRENOS POR REGRESIÓN TRIDIMENSIONAL*.

Calle, L. (2014).

Caterpillar. (2016).

Caterpillar. (2019).

Caterpillar, C. d. (2019).

Ecuared. (2013). *Ecuared*.

Fernandez, R., & Tessone, M. (2015). *Actividades de exploracion minera*.

Herbert, J. H. (Octubre de 2006). *Metodos de mineria a cielo abierto*. Madrid: Universidad politecnica de Madrid.

INAMHI. (2016). *INAMHI*.

Insights, A. (2019).

JACKSON, B. &. (1984).

Jimenez, L. (1997). *MANUAL DE EVALUACION Y DISEÑO DE EXPLOTACIONES MINERAS*.

Jimeno, L. (1997).

Mavesa, G. (2016).

Ulacco, H. (2009). *Universidad de San Luis*.

ANEXOS

Anexo 1 Georreferenciación de pozos de exploración



Anexo 2 Balizada de la malla para exploración



Anexo 3 Elaboración de los pozos de exploración



Anexo 4 Muestreo de los pozos



Anexo 5 Medición de pozos



Anexo 6 Exploración de área de intervención

