



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

“Evaluación de reservas, estudio de pre factibilidad económica y
diseño de explotación en un depósito aluvial”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MINAS

Autor:

JUAN ANDRÉS ZHUNIO MOROCHO

Director:

ERNESTO PATRICIO FEIJOO CALLE

CUENCA – ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación está dedicado a mi familia que siempre me ha apoyado en los momentos que siempre los necesite a mi madre, padre y hermanos que son pilar fundamental para mi desarrollo como futuro profesional.

Juan Andrés Zhunio Morocho

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por el apoyo para la realización de este trabajo de titulación y de manera especial a los Ingenieros Patricio Feijoo, Fernando Valencia y Federico Auquilla por su apoyo en el desarrollo de este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	2
1.1. Datos Generales.....	2
1.1.1. Ubicación del área a ser investigada.....	2
1.1.2. Descripción del trabajo de investigación	4
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación.....	5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Malla de Exploración	6
2.2. Red cuadrada	7
2.3. Evaluación de reservas métodos clásicos	7
2.4. Fórmulas básicas de estimación	8
2.5. Método de los perfiles o cortes.....	10
2.6. Método de los polígonos	10
2.7. Método de los triángulos	11
2.8. Método de las matrices de bloques.....	12
2.9. Método de los contornos	12
2.10. Método del Inverso a la distancia.....	13
2.10.1. Definición de los bloques de evaluación	14
2.10.2. Establecimiento del factor de ponderación.....	14
2.10.3. Definición del área de búsqueda.....	14
2.11. Evaluación de reservas métodos geo estadísticos	16
2.12. Variograma.....	16
2.13. Kriging.....	16
2.14. Prefactibilidad Económica.....	17
2.15. Dimensionamiento Financiero	17
2.16. Minería a cielo abierto.....	18
2.17. Tipos de explotación en minería a cielo abierto.....	19
2.18. Aluviones o placeres	19
2.19. Exploración	21
2.20. Muestreo de la estratificación.....	22

2.21.	Informe de laboratorio	22
2.21.1.	Preparación de la muestra	22
2.21.2.	Agua Regia	22
2.21.3.	Sistemas de Digestión Acelerada por Microondas, CEM, Mars 6	23
2.22.	Absorción Atómica.....	24
2.22.1.	Instrumentos.....	25
2.23.	Diseño de mapa de isoclinas para la evaluación del yacimiento.....	25
2.24.	Geología	26
2.24.1.	Geología regional.....	26
2.24.2.	Geología de placeres	26
2.24.3.	Grupo Zamora.....	28
2.24.4.	Formación Chapiza	28
2.24.5.	Formación Hollín	29
2.25.	Geología Local	29
2.25.1.	Geología del yacimiento	29
2.25.2.	Depósitos aluviales	30
2.25.3.	Terrazas.....	30
2.25.4.	Formación y evolución de terrazas	30
2.26.	Mineralización.....	31
2.27.	Características del oro	31
CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE RESERVAS		34
3.1.	Topografía.....	34
3.2.	Parámetros del diseño de Exploración	36

3.3.	Cateo mecánico mediante calicatas de exploración	38
3.3.1.	Columnas estratigráficas.....	42
3.4.	Análisis de las muestras	43
3.5.	Evaluación de reservas	54
CAPÍTULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO.....		63
4.1.	Estudio de pre factibilidad económico	63
4.2.	Inversión.....	63
4.3.	Operacionales	64
4.3.1.	Inversión necesaria para el monitoreo y control ambiental	64
4.3.2.	Costos Unitarios.....	64
4.4.	Rubros de remoción de la grava aurífera.....	65
4.5.	Personal	68
4.6.	Egresos	69
4.7.	Ingresos	69
4.7.1.	Producción minera	70
4.8.	Utilidad.....	71
4.9.	Egresos e Ingresos del proyecto de investigación y explotación	71
CAPÍTULO V: DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.....		73
5.1.	Características del depósito aluvial	73
5.2.	Método de explotación	74
5.3.	Sistemas de explotación	75

5.3.1.	Preparación del bloque a explotar.....	75
5.3.2.	Estabilidad de taludes	79
5.4.	Maquinaria y equipos	81
5.4.1.	Rendimiento de la Komatsu PC 200.....	81
5.5.	Capacidad del cucharón.....	82
5.5.1.	Capacidad a ras	82
5.5.2.	Capacidad colmada	82
5.6.	Eficiencia de trabajo	82
5.7.	Coeficiente de esponjamiento.....	83
5.8.	Procesamiento de las gravas auríferas	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFÍA.....		87
ANEXOS		88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación del proyecto.....	3
Figura 2.1 Métodos de muestreo (etapas sucesivas en una campaña de sondeos)	6
Figura 2.2 Método de muestreo de la red cuadrada regular	7
Figura 2.3 Método de las secciones	10
Figura 2.4 Método de los polígonos.....	11
Figura 2.5 Método de los triángulos.....	12
Figura 2.6 Método de los bloques, datos lineales, espaciado irregular.....	12
Figura 2.7 Efecto que se produce al utilizar el método del inverso a la distancia	15
Figura 2.8 Prospección superficial en el área de investigación	20
Figura 2.9 Calicata de exploración para obtención de muestras.....	20
Figura 2.10 Punto de orientación con GPS para ubicación de la calicata en el diseño de malla.....	21
Figura 2.11 Microondas, CEM, Mars 6	24
Figura 2.12 Instrumento de absorción atómica.....	25
Figura 2.13 Formación de placeres Auríferos.....	27
Figura 3.1 Topografía de la zona de estudio.....	34
Figura 3.2 Relieve de la zona de estudio	35
Figura 3.3 Ortofoto de ubicación del depósito aluvial.....	36
Figura 3.4 Ubicación de la malla regular de muestreo.	37
Figura 3.5 Excavación de la calicata de exploración para la toma de muestras.....	39
Figura 3.6 Medición de los estratos, para su estratigrafía.....	39
Figura 3.7 Ubicación de cada calicata en la malla diseñada para la exploración con sus respectivas coordenadas UTM WGS84.....	40
Figura 3.8 Calicata de exploración elaborada.....	40
Figura 3.9 Maquinaria utilizada para la excavación de calicatas.....	41

Figura 3.10 Muestreo tomado de los estratos	44
Figura 3.11 Columna estratigráfica promediada de todas las calicatas de estudio.....	43
Figura 3.12 Secado de las muestras con su código de identificación	45
Figura 3.13 Secado de las muestras de diferente estrato con su código de identificación	44
Figura 3.14 Secado de las muestras de diferente calicata tomada de la malla de exploración con su código de identificación.....	46
Figura 3.15 Molido de la muestra por medio de un mortero	48
Figura 3.16 Tamizado de las muestras por medio de la malla No 30 y No 200	49
Figura 3.17 Pesado de la muestra (10gr) para su proceso de digestión	49
Figura 3.18 Muestra en la balanza para su pesado exacto posterior al análisis	48
Figura 3.19 Muestras pesadas con su diferente código previo al proceso de digestión de Au.....	48
Figura 3.20 Muestreo con su código para el análisis	49
Figura 3.21 Muestras empaquetadas para el envío al laboratorio previo a su análisis	49
Figura 3.22 Pesaje de la muestra de 5 gr para el envío a la digestión de Au	53
Figura 3.23 Muestra aforada a 100 ml con agua regia para la digestión	53
Figura 3.24 Diferentes muestras en solución para su análisis.....	55
Figura 3.25 Tubos para la puesta de soluciones para su posterior digestión en el microondas	58
Figura 3.26 Tubos con las muestras de diferente calicata para su previo análisis.....	59
Figura 3.27 Puesta de las soluciones en los respectivos tubos con sus códigos de identificación.....	53
Figura 3.28 Microondas SEM, Mars 6 con sus tubos para la digestión Métodos de extracción de oro aluvial	53
Figura 3.29 Diagrama del proceso para la evaluación de reservas del depósito aurífero Labores de desbroce	54

Figura 3.30 Volumen de grava aurífera mediante el uso del software RECMIN.....	55
Figura 3.31 Método del inverso a la distancia para la evaluación de reservas.....	58
Figura 3.32 Evaluación de reservas en una hectárea prospectada.....	59
Figura 3.33 Evaluación de reservas en una hectárea de la terraza aluvial.....	60
Figura 5.1 Labores de desbroce.....	76
Figura 5.2 Labores de destape de la sobrecarga.....	77
Figura 5.3 Esquema de extracción de la grava aurífera	77
Figura 5.4 Minado de la grava aurífera por bloques	78
Figura 5.5 Extracción de la grava aurífera por bloques	78
Figura 5.6 Vista perspectiva axonométrica del bloque de explotación de la grava aurífera.....	79
Figura 5.7 Geometría del Talud	80
Figura 5.8 Diferencia entre capacidad de cucharón colmada y ras.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas de ubicación	3
Tabla 3.1 Pozos de muestreo con sus coordenadas de ubicación UTM WGS84.....	38
Tabla 3.2 Columnas estratigráficas.....	42
Tabla 3.3 Cálculo de volumen del estrato enriquecido.....	56
Tabla 3.4 Calicatas de exploración con su respectiva ley.....	57
Tabla 3.5 Evaluación de las muestras obtenidas en gr/m ³	61
Tabla 3.6 Bloques con sus respectivas reservas.....	62
Tabla 4.1 Costos unitarios de maquinaria.....	65
Tabla 4.2 Costo total por día de trabajo producido.....	65
Tabla 4.3 Costos unitarios por 1 m ³ de material producido.....	66
Tabla 4.4 Costo total de metros cúbicos diarios producidos.....	66
Tabla 4.5 Costo total de extracción de la sobrecarga y la grava aurífera	68
Tabla 4.6 Tiempo de extracción del mineral.....	68
Tabla 4.7 Sueldos de personal.....	68
Tabla 4.8 Egreso Total.....	69
Tabla 4.9 Reservas Explotables.....	70
Tabla 4.10 Reservas.....	70
Tabla 4.11 Utilidad del proyecto.....	71
Tabla 4.12 Déficit en nuestro proyecto en caso que se ejecute la extracción del mineral	71
Tabla 4.13 Ley aproximada de 0.579 gr/ m ³ para llegar a un punto de equilibrio.....	72
Tabla 4.14 Ley aproximada de 0.78 gr/ m ³ para tener un TIR del 20% de la inversión para que el proyecto sea viable	72
Tabla 5.1 Factores de seguridad.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Perfil A1-D1.....	99
Anexo 2 Perfil A2-D2.....	100
Anexo 3 Perfil A3-D3.....	101
Anexo 4 Perfil A4-D4.....	102
Anexo 5 Perfil A5-D5.....	103
Anexo 6 Comportamiento estratigráfico.....	104
Anexo 7 Grilla de exploración.....	105
Anexo 8 Perfil A1-A5.....	106
Anexo 9 Perfil B1-B5.....	107
Anexo 10 Perfil C1-C5.....	108
Anexo 11 Perfil D1-D5.....	109
Anexo 12 Perfil E1-E5.....	110
Anexo 13 Vista Frontal de exploración calicatas.....	111
Anexo 14 Convenio Marco de cooperación interinstitucional entre la Universidad del Azuay y el ministerio de minería.....	112
Anexo 15 Mapa Geológico de la zona de exploración.....	114
Anexo 16 Leyenda mapa geológico Gualaquiza.....	115

**EVALUACIÓN DE RESERVAS, ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
ECONÓMICA Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN EN UN DEPÓSITO ALUVIAL.**

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la evaluación de reservas de una terraza aluvial, su estudio económico y diseño de explotación. Para la consecución del objetivo se usó una malla regular de exploración obteniendo así, muestras a diferentes niveles de la terraza en profundidad de cada pozo propuesto en la malla, se cuantificó la recopilación de datos y análisis geológico que presenta la zona así como su topografía. Los resultados demuestran que existe una reserva de Au de 3432.80 gr, por lo cual se verificó en el estudio de pre factibilidad financiera que no es viable.

Palabras clave: terraza aluvial, diseño de explotación, malla regular, evaluación de reservas, topografía.



Ernesto Patricio Feijoo Calle

Director del Trabajo de Titulación



Jaime Alfonso Ampuero Franco

Director de Escuela



Juan Andrés Zhunio Morocho

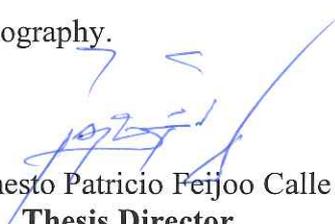
Autor

**EVALUATION OF RESERVES, ECONOMIC PRE-FEASIBILITY STUDY AND
EXPLOITATION DESIGN IN AN ALLUVIAL RESERVOIR.**

ABSTRACT

This work dealt with the evaluation of reserves of an alluvial terrace, its economic study and its exploitation design. In order to achieve the objective, a regular sampling grid was used to obtain samples at different terrace levels at each well's depths proposed in the grid. The data collection and the geological analysis of the area as well as its topography, were quantified. The results showed that there is an Au reserve of 3432.80 grams; therefore, the financial pre-feasibility study verified that the project is not viable.

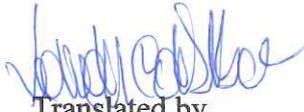
Keywords: alluvial terrace, exploitation design, regular grid, reserve evaluation, topography.


Ernesto Patricio Feijoo Calle
Thesis Director


Jaime Alfonso Ampuero Franco
School Director


Juan Andrés Zhunio Morocho
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Juan Andrés Zhunio Morocho

Trabajo de Titulación

Ing. Ernesto Patricio Feijoo Calle

Noviembre, 2017

EVALUACIÓN DE RESERVAS, ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN EN UN DEPÓSITO ALUVIAL.

INTRODUCCIÓN

Los distritos mineros en el Ecuador contienen importantes yacimientos minerales de origen primario, los que han sido meteorizados, erosionados, transportados y acumulados en las riberas de los ríos, dando lugar a los llamados depósitos secundarios.

En la provincia de Morona Santiago existen concesiones en fase de explotación con yacimientos alto contenido mineral, a través de los cuales cruzan ríos y quebradas que van arrancando parte de ellos y depositan sus minerales en los bordes y zonas adyacentes, son conocidas geológicamente como terrazas aluviales, en esta zona, el río Cuchipamba ha dado origen a la formación de terrazas aluviales con contenido aurífero, siendo el objetivo del presente trabajo de investigación, dirigido a realizar la prospección y exploración para la posterior explotación de un yacimiento mineral, son etapas fundamentales para el desarrollo correcto y técnico de una minería responsable, por lo cual el análisis de muestras lo realizaremos por medio de obtención en pozos, en una malla previamente diseñada, con el fin de obtener las leyes de oro, con estos datos de siguiente manera podremos determinar parámetros para nuestro estudio de pre factibilidad económica y posteriormente a diseñar la explotación en la hectárea en la cual se ha enfocado el trabajo de investigación

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

En el presente trabajo de investigación se ha planteado el objetivo general que consiste en realizar una evaluación de recursos, estudio de pre factibilidad económica y diseño de explotación acorde a los parámetros que presente el depósito aluvial, dentro del estudio previamente se han programado tres objetivos específicos que se fundamentan en la caracterización geológica del terreno, prospección del área de estudio, exploración y evaluación de reservas en una hectárea, se espera, mediante la elaboración del siguiente trabajo de investigación conjunto con la recopilación de datos, poder realizar la evaluación de recursos de un depósito aluvial, su estudio de pre factibilidad económica y su diseño de explotación.

Además, se busca alcanzar que los resultados obtenidos en este trabajo de investigación sirvan como guía no solo para este estudio, sino para que proyectos aledaños tengan en cuenta la información técnica con respecto al área investigada.

1.1. Datos Generales

1.1.1. Ubicación del área a ser investigada

El desarrollo del siguiente trabajo de investigación se realizará en la parroquia rural el ideal del cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago, al momento el terreno está concesionado pero la situación actual de la concesión está en archivo por incumplimiento de no presentar las actas administrativas por lo que se procederá a la desgraficación de los vértices para la nueva petición de concesión a continuación se describen las coordenadas PSAD 56 del punto de partida. (Anexo 14)

Tabla 1.1 Coordenadas de ubicación

	ESTE	NORTE
PP	763295.54	9622802.00
P2	763403.17	9622803.48
P3	763403.66	9622696.84
P4	763294.06	9622696.34



Figura 1.1 Ubicación del proyecto

Fuente: <https://www.google.com/maps>

1.1.2. Descripción del trabajo de investigación

Para poder realizar la caracterización de la terraza aluvial, se realizó un levantamiento topográfico, así mismo mediante mapas y cartografía en GIS se determinó la ubicación exacta del lugar en donde se realizó el estudio de investigación, mediante un estudio de malla de prospección se definió la morfología, estratigrafía, hidrología y litología.

- Diseño de la malla de prospección.

Teniendo el resultado de todos los análisis geológicos de la terraza, se realizará el diseño de la malla de prospección tomando en cuenta el orden a continuación redactado:

- Un perfil longitudinal del área a prospectar.
- Diseño de la malla de exploración.
- Por el método del inverso a la distancia podremos realizar la caracterización y evaluación del yacimiento.

Luego de obtener la evaluación del depósito aluvial, procederemos realizar un estudio económico que demuestre viabilidad al proyecto para su vida útil y puesta en marcha y de esta forma poder diseñar el método de explotación que garantice técnica y sostenimiento ambiental, la extracción será a cielo abierto y por corte de bloques, previamente a al método seleccionado ya sea por dragas o por buldóceres.

1.2. Antecedentes

El desarrollo de la minería en el Ecuador ha dado un impulso notable a nuevas técnicas de explotación de recursos minerales, que hasta hace pocos años podía ser evidenciado como denigración a una minería responsable.

El instituto ecuatoriano de minería ha realizado estudios en depósitos aluviales con el fin de encontrar lugares de interés, realizando investigaciones técnico-económicas.

A partir de 1982, el gobierno ecuatoriano, consiente de la necesidad de incentivar la industria minera, tomando la decisión de promover el proyecto de placeres auríferos, con

el propósito de promover nuevas fuentes de trabajo e incrementar los ingresos al estado, según Jorge Barragán, Carlos Ortiz y Michel Merlyn (1991) con su tema de investigación para el Simposio internacional sobre yacimientos aluviales en la Paz, Bolivia, se han clasificado 5 distritos, el cual tenía como finalidad conocer el potencial aurífero existente, el trabajo se basó en la búsqueda de indicios de oro en los principales ríos de cada provincia, el resultado importante fue la elaboración del mapa del potencial aurífero aluvial en el Ecuador, los cinco distritos son: Esmeraldas-Santiago, Daule-Quevedo, Puyango-Balao, Zamora-Chinchipec-Upano y Napo-Pastaza-Aguarico.

En la actualidad la explotación de oro (Au) en terrazas aluviales no ha sido caracterizada de manera técnica, lo cual ha caracterizado muy severamente a la minería en el Ecuador, puesto que la contaminación y afectaciones al ambiente han sido evidenciadas. Estamos en una era en la cual la minería tiene un mayor enfoque en nuestro país, y por eso tenemos la misión y obligación como futuros ingenieros en Minas de realizar un cambio, y es por eso que mediante un riguroso análisis y la implementación de técnica, realizaremos un eficiente muestreo de la terraza aluvial con el fin de poder gestionar a futuro la explotación de oro sin dejar evidenciados daños al ambiente.

Se ha planteado el objetivo principal en realizar la evaluación de reservas, estudio de pre factibilidad económica y diseño de explotación acorde a los parámetros que presente el depósito aluvial, como objetivos secundarios tenemos la caracterización geológica del terreno, prospección del área de estudio, exploración y evaluación de reservas del área de estudio.

1.3. Justificación

La explotación a cielo abierto de placeres aluviales han sido denigradas por no realizar con técnica y responsabilidad minera, la zona de investigación tiene concesiones que realizan la explotación de terrazas con métodos de explotación que garantizan la viabilidad responsable al proyecto, por el cual el presente estudio de investigación establecerá las mejores condiciones para una adecuada exploración, evaluación y explotación de los depósitos secundarios en formación de terrazas aluviales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Malla de Exploración

El reconocimiento de un depósito mineral mediante construcción de calicatas, para proceder a su evaluación, constituye uno de los métodos más comunes. Es muy importante la disposición geométrica ya que es muy compleja para la toma de decisiones que conlleva al diseño que nuestra malla vaya a tener, ya que en el cual intervienen factores de tipo geológico, económico y estadístico.

La malla de exploración será óptima cuando ésta nos proporcione la mayor cantidad posible de información con el menor gasto económico al momento de realizar los sondeos.

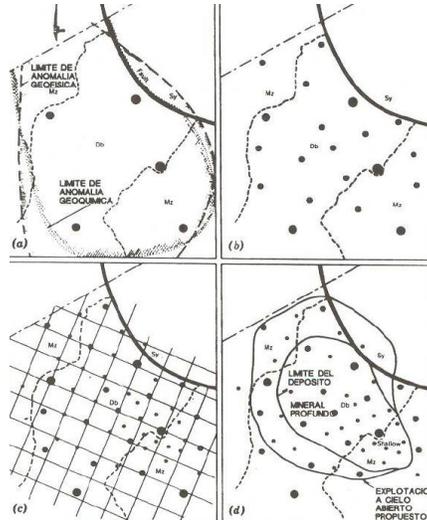


Figura 2.1 Métodos de muestreo (Etapas sucesivas en una campaña de sondeos para detectar, delimitar y muestrear un yacimiento de sulfuros masivos)

Fuente (López Jimeno, 1997)

2.2. Red cuadrada

Las mallas de sondeo regulares son aquellas que en proyección horizontal presentan un esquema geométrico compuesto, generalmente por cuadrados, rectángulos, polígonos, rectángulos.

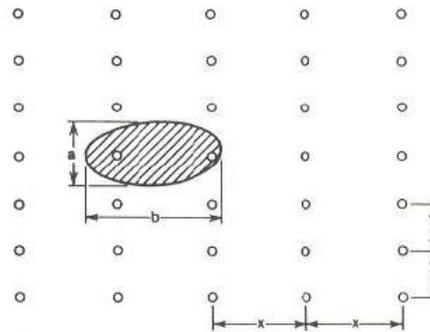


Figura 2.2 Método de muestreo de la red cuadrada regular

Fuente (López Jimeno, 1997)

2.3. Evaluación de reservas métodos clásicos

Como se sabe las labores de muestreo y determinación de la ley media tienen mucha importancia al momento de evaluar los recursos minerales, la cubicación de las reservas, es decir, definir, donde y como están dispuestos estos recursos, es la tarea que adquiere una representación más crítica, de esta manera se podrá definir características generales que presente el yacimiento, así como las toneladas de metal/mineral útiles, también su morfología que es muy importante lo que llevara posteriormente en la selección del método a usar en la explotación.

Al momento de evaluar un yacimiento se suelen definir, normalmente, dos tipos de reservas: geológicas o in situ y mineras, siendo las geológicas las que constituyen a grandes atributos, siendo así la que se presenta a condicionantes determinados, como una ley mínima a ser explotada, en cambio las mineras presenta condiciones de selección de método de explotación necesaria para la extracción adecuada del recurso mineral

Selección del método de evaluación.

Existen dos grandes grupos de métodos a la hora de llevar a cabo la estimación de las reservas de un yacimiento:

- Métodos Clásicos o geométricos.
- Métodos Geo estadísticos.

2.4. Fórmulas básicas de estimación

A la hora de llevar a cabo la evaluación de un yacimiento por cualquiera de los métodos clásicos que a continuación serán descritos, es muy importante no perder nunca de vista de lo que se realiza es un proceso de cubicación, siendo así que se construirán varias representaciones geométricas en las cuales se estimaran los recursos existentes en el cuerpo mineral, para esto el desarrollo de este proceso se lleva consigo 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 del yacimiento (m^2)

e = Espesor del yacimiento (m)

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

$$Q = V \times d$$

Dónde:

Q = reservas de mineral (ton)

d = densidad aparente media del mineral (ton/m^3)

Existen diversas formas de calcular la densidad aparente de la mineralización. Por ejemplo, conocer el volumen que desplaza un determinado trozo de mineralización y relacionarlo con su peso. Aquí no es válido utilizar valores aproximados en función de las fases minerales presentes, pues la mineralización suele estar constituido por un complejo entramado de fases minerales de interés económico, estéril, porosidades, etc., por lo que el método experimental siempre debe suplir al teórico. (López, et al 1993)

- Reservas de un componente mineral: se necesita saber cuántas toneladas existen de determinado metal, en toda la mineralización por lo que se necesita saber el valor de la ley media para esta evaluación de recursos.

$$T = Q \times g$$

Dónde:

T = Reservas de un componente (t)

g = Ley media

Los métodos de evaluación de recursos más utilizados son los siguientes.

- Método 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

2.5. Método de los perfiles o cortes

Este método junto con el de los polígonos son los más usados en los métodos clásicos, son aplicables a cuerpos mineralizados irregulares, que han sido explorados con sondeos cuyas direcciones han permitido establecer secciones. La distancia entre secciones no va a definir la exactitud del cálculo, pues secciones que estén separadas por distancias mayores podrían generar errores importantes debido al cambio de la mineralización.

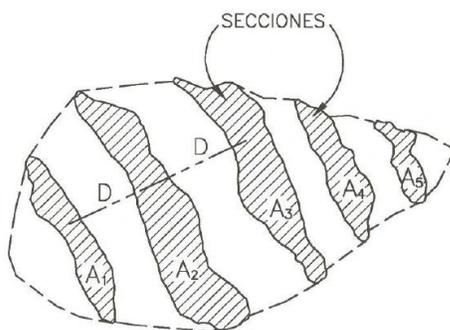


Figura 2.3 Método de las secciones

Fuente (López, 1997)

2.6. Método de los polígonos

Este método es utilizado cuando los sondeos se encuentran distribuidos irregularmente, si se obtienen mayor número de sondeos se obtienen una excesiva cantidad de polígonos, si el número es pequeño se asigna un espesor y ley media determinada para un área grande.

Este método consiste en la construcción de polígonos en cuyos centros tiene un sondeo, asignando a cada polígono la ley y espesor del sondeo, siendo constante la ley y espesor en todo el polígono.

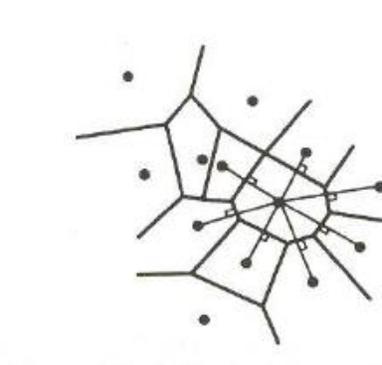


Figura 2.4 Método de los polígonos

Fuente (López, 1997)

2.7. Método de los triángulos

El método de los triángulo consiste en una proyección en un plano horizontal o vertical, de todas las intersecciones del cuerpo mineralizado con una morfología más o menos tabular, es un método muy útil en las fases de exploración y permite agregar nuevos valores a la estimación general sin que haya que hacer cambios a los cálculos anteriores, además evita la sobrestimación como lo hace el método de los polígonos.

Este método consiste en ir uniendo los sondeos adyacentes y así obtener triángulos, para cada cual se calcula su espesor y su ley media, se debe asegurar que los triángulos tengan ángulos cercanos a los 60 grados y evitar los ángulos agudos.

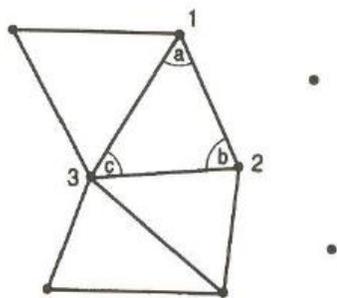


Figura 2.5 Método de los triángulos

Fuente (López, 1997)

2.8. Método de las matrices de bloques

Este método consiste en que los sondeos deben estar distribuidos a lo largo de direcciones lineales, y de esta manera se puede establecer bloques por ajuste entre los sondeos, es parecido al método 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.

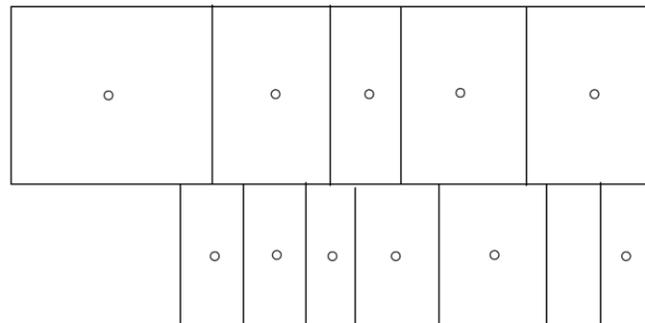


Figura 2.6 Método de los bloques, datos lineales, espaciado irregular.

Fuente (López, 1997)

2.9. 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.

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

2.10. 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 , que suele tomar valores entre 1 y 3. Solo las muestras que entran dentro de una determinada zona de búsqueda son ponderadas de la citada forma. Puesto que el método es laborioso y repetitivo, la presencia de un ordenador (ARCGIS) simplifica notablemente su elaboración. De hecho, fue una de las primeras técnicas de evaluación que se incorporaron a los ordenadores.

El inverso de la distancia 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. Por el contrario, si es aplicable a yacimientos con transito mineralización-estéril graduales, tratándose, en este caso, del método de evaluación clásico más recomendable. Conceptualmente podría considerarse un método de estimación más parecido a los métodos geo estadísticos que a los clásicos. (M. Bustillo Revuelta et al., 1997)

El método en si opera de forma semejante a todos los restantes, es decir se establecen unos bloques de evaluación, se evalúan en ellos el valor de variables como el espesor y la ley y , a partir del volumen, se obtienen las reservas de la materia prima. Los aspectos específicos a considerar son los siguientes.

1. Definición de los bloques de evaluación.
2. Establecimiento del factor de ponderación.
3. Definición del área de búsqueda.

2.10.1. Definición de los bloques de evaluación

El tamaño y la forma de los bloques sobre los cuales se va a llevar a cabo el proceso de evaluación es un tema que, en gran medida, se aleja del proceso evaluador en sí, pues son otros factores, principalmente de carácter minero (tipo de explotación, producción anual, etc.), los que van a definir qué medidas deben tener los bloques. Por tanto, el técnico recibirá las instrucciones pertinentes sobre este aspecto.

2.10.2. Establecimiento del factor de ponderación

El establecer el valor del índice de ponderación que va a afectar al inverso de la distancia es uno de los factores claves del proceso. Además, su selección es arbitraria, pues no existen métodos que permitan conocer el valor más adecuado, tanto a nivel particular (yacimientos) como en general. Como se comentó anteriormente, se suelen utilizar valores que oscilan entre 1 y 3.

2.10.3. Definición del área de búsqueda

Dos factores inciden en la selección del área de búsqueda: el tamaño y la forma. En cuanto al primer factor, el tamaño, de nuevo aparecen, los criterios arbitrarios, pues tampoco existe un método concreto que permita conocer el valor más adecuado. Áreas de búsqueda de gran tamaño puede incluir un número exagerado de datos que hagan el proceso muy extenso y, a la vez, generen un suavizado muy fuerte, por el contrario, una zona de búsqueda muy pequeña puede producir un número de datos insuficiente. Por ellos, siempre es recomendable que se establezcan áreas de búsqueda que incluyan un número de sondeos (datos) que oscile, en sentido amplio, entre 6 y 12. En este sentido, existen programas de ordenador que permiten dividir la zona de búsqueda en sectores, de tal manera que si un determinado de sectores está vacío, la estimación no se realiza de igual

forma, la creación de sectores permite evitar un problema común con los métodos geo estadísticos, que es el agrupamiento excesivo de muestras en determinadas zonas del yacimiento. Este problema se resuelve asignando un número máximo de datos para cada factor.

El otro factor, la forma, puede ser tomado en cuenta con criterios más científicos. Dos son las morfologías, a priori, más aconsejables: el círculo o la elipse (en tres dimensiones serían la esfera y la elipsoide). Cuando se trata de variables que presentan un comportamiento isótropo (leyes, espesor), es decir, una variabilidad más o menos semejante en todas las direcciones, la esfera es la morfología más adecuada, mientras que comportamientos anisótropos de la variable hacen más adecuada la selección de la elipse.

Una vez seleccionada la zona de búsqueda, por ejemplo un círculo, todos los sondeos incluidos en el entran a formar parte del proceso de estimación, a través de la fórmula.

$$z_b = \frac{\sum \frac{Z}{d_1^n}}{\sum \left(\frac{1}{d_1^n}\right)}$$

Donde Z_b es la estimación de la variable (ley, acumulación de metal, espesor, etc.) en el bloque basada en los valores de esta Z_1 en cada punto incluido en el área de búsqueda y separados una distancia d . El exponente n , como ya se comentó suele tomar el valor de 2.

(M. Bustillo Revuelta et al., 1997)

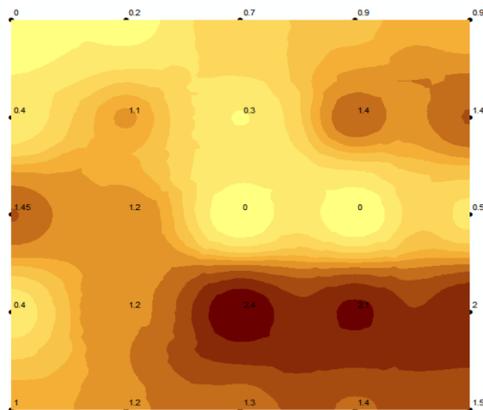


Figura 2.7 Efecto que se produce al utilizar el método del inverso a la distancia

2.11. Evaluación de reservas métodos geo estadísticos

Estos métodos se aplicaron a comienzos de los sesenta por Matheron y la escuela de minas de Paris, estos métodos ofrecen una óptima evaluación de las reservas de un cuerpo mineralizado. En particular, la estimación del valor de la variable en un punto o bloque a partir de un número determinado de valores conocidos (Kriging), estos métodos son los más utilizados en minería por su complejidad al momento de evaluar un yacimiento, particularmente este método es utilizado cuando se trata de yacimientos de alto valor económico.

2.12. Variograma

El variograma permite cuantificar la continuidad o nivel de correlación entre las muestras que se localizan en una zona del cuerpo mineralizado dado. La correlación ha sido frecuentemente utilizada para la clasificación de los recursos y reservas del cuerpo mineralizado. Existen tres clases de clasificación:

- Bloques en el área muestreada que se ubican dentro del radio de la zona de influencia definido por el alcance del variograma.
- Bloques en el área muestreada que se ubican más allá del radio de influencia definido por el alcance del variograma
- Bloques dentro del yacimiento ubicados a una distancia grande de los pozos Froidevaux (1982)

2.13. Kriging

El kriging permite obtener, además de la estimación del valor de un bloque, un indicador de la precisión local a través de la varianza kriging (V_k). Desde el inicio del desarrollo del Kriging la V_k ha sido empleada para determinar los intervalos de confianza de las

estimaciones. Para esto es necesario asumir que esta se ajusta a un modelo normal o lognormal. Para el cálculo de la varianza kriging se emplea solamente la configuración de las muestras en el espacio y no sus valores locales, esta no debe ser interpretada como una medida de la variabilidad local. Por otra parte como V_k es calculado a partir del variograma medio del yacimiento no es solo un índice de la disposición espacial de las muestras sino también caracteriza las varianzas medias globales permitiendo la discriminación entre las clases o categorías de recursos.

2.14. Prefactibilidad Económica

Se centra en la determinación del valor de las inversiones y los beneficios que arroja el negocio. La evaluación del negocio se establece sobre la base de los parámetros económicos usuales, tales como:

- Diagrama de equilibrio económico
- Tasa Interna de retorno (TIR)

2.15. Dimensionamiento Financiero

Establece las fuentes de financiación del proyecto, que pueden ser de origen interno (capital propio de la empresa, amortizaciones, beneficios no distribuidos) y externo aportes accionarios y otras figuras del mercado de capitales, créditos bancarios y demás operaciones del mercado financiero.

El dimensionamiento financiero continúa al dimensionamiento económico aportando la estructura de financiación que quiera adoptar el inversor. Se destaca que si el inversor no da participación a fuentes externas de financiación y toma a su cargo el total de las inversiones del proyecto, tiene asegurada la TIR para el capital aportado con su recupero

a través de los años de análisis. En cambio, si participan otros terceros en la estructura financiera del proyecto, reconociéndoles a ellos tasas de renta inferiores a la TIR.

El análisis planteado en la formulación y evaluación de proyectos mineros se enfoca desde el punto de vista de la Inversión Total, en la que se tienen en cuenta los precios de mercado y apunta a determinar, exclusivamente, la rentabilidad del Proyecto en sí mismo, más allá del esquema de financiamiento que se emplee. Por tal razón, en la presente situación se desarrolla sólo el dimensionamiento técnico y el económico, sin incluir el financiero, y considerando los niveles de explotación del negocio o proyecto en una hipótesis de máximos rendimiento (capacidad real instalada) y complejidad (estudio de factibilidad). En la Guía de Presentación, para los Proyectos de pre factibilidad se exponen los aspectos técnicos y económicos, exclusivamente. Por tal motivo se ha eliminado todo tipo de financiación, como por ejemplo, no incluir el pasivo de trabajo.

En los casos que los estudios geológicos se encuentren en un nivel de prospección, exploración inicial y/o los estudios económicos sean sectoriales o globales, se utilizará la guía de Perfiles de Proyecto.

2.16. Minería a cielo abierto

Se llaman minas a cielo abierto, a las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno.

Para la explotación de una mina a cielo abierto, a veces, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento. Estos materiales se denominan, genéricamente, estéril, mientras que a la formación a explotar se le llama mineral. El estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupará la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina una vez terminada su explotación.

Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en superficie, se encuentran cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño o la

competencia del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos (como ocurre con la arena o la grava). Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye en favor de la explotación mediante minería subterránea.

2.17. Tipos de explotación en minería a cielo abierto

- Canteras
- Cortas
- Descubiertas
- Aluviones o placeres

2.18. Aluviones o placeres

La explotación artesanal de las terrazas aluviales auríferas de ríos, se la realiza a cielo abierto mediante cortes paralelos al eje del río mencionado, aplicando los pasos siguientes: desbroce, desencape, destape, extracción de grava aurífera, lavado de la grava aurífera, concentración gravimétrica y recuperación de las terrazas explotadas; se procede a la preparación del terreno, un corte cuadrado de 25 x 25 metros o más, con el fin de recoger la vegetación y colocarla a un costado.

Posteriormente, se extrae la grava estéril que no contiene oro y después el material de gravas aurífera para su lavado; la descarga del material de lavado se coloca en otro sitio hasta donde alcanza el brazo de la excavadora, el nivel freático de agua de estas terrazas está a 1,0 metro de profundidad, con bombas de absorción se utiliza esta agua, se recircula, con piscinas de sedimentación, decantación y clarificación del agua.

El objetivo de esta etapa es el reconocimiento del mineral con interés económico y delimitar el área a investigar, para una futura campaña de exploración. (Guerrero, s. 1986)



Figura 2.8 Prospección superficial en el área de investigación



Figura 2.9 Calicata de exploración para obtención de muestras



Figura 2.10 Punto de orientación con GPS para ubicación de la calicata en el diseño de malla

En la interpretación de datos geoquímicos es fundamental la preparación de mapas y diagramas y el establecimiento de los valores del background, y anomalía. (Cruzat, a. 2010).

2.19. Exploración

Esta es una etapa muy importante en la cual realizaremos un estudio más a fondo sobre los posibles indicios que se han encontrado, mediante la exploración podremos definir los valores que se presenten en cada estrato para su previo análisis al momento que realicemos la evaluación del yacimiento, a diferencia de la prospección, la etapa de exploración busca delinear el depósito mineral para una futura evaluación económica, en esta etapa se obtienen datos como las leyes y su distribución, tamaño, geometría, densidad, tamaño etc. En esta etapa se aplicara el método geológico, que es un método directo que nos ayudara a obtener los datos mencionados anteriormente, para luego ser interpretados mediante la ayuda de un software minero.

2.20. Muestreo de la estratificación

El muestreo tomado de los cateos se realizara mediante calicatas previamente diseñadas en una malla de muestreo, con el fin de obtener muestras significativas in situ de cada horizonte con el fin de mandar el muestreo al laboratorio para su análisis y obtención de la ley con más valor para su posterior evaluación, este muestreo es muy importante ya que si no se hace con técnica, puede alterar los datos que el laboratorio nos brinde.

2.21. Informe de laboratorio

2.21.1. Preparación de la muestra

Para la preparación de nuestra muestra es necesario que hagamos una digestión en este caso del oro, para el cual necesitaremos el agua regia para poder realizar esta combinación química.

2.21.2. Agua Regia

Es un reactivo que es capaz de disolver el oro, el platino y el resto de los metales. Se llama así porque tiene la capacidad de disolver los metales regios, reales, o metales nobles. El agua regia no es muy estable, por lo que debe ser preparada justo antes de ser utilizada.

Aunque el agua regia disuelve dichos metales, ninguno de sus ácidos constituyentes puede hacerlo por sí solo. El ácido nítrico, es un potente oxidante, que puede disolver una cantidad minúscula (prácticamente indetectable) de oro, formando iones de oro. El ácido clorhídrico, por su parte, proporciona iones cloruro, que reaccionan con los iones de oro.

Composición

Agua Regia: Una mezcla formada por tres volúmenes de HCl y por una de HNO₃ se la llama “Agua Regia” por atacar al Oro.

2.21.3. Sistemas de Digestión Acelerada por Microondas, CEM, Mars 6

El completamente renovado CEM Mars 6 no es una evolución de su antecesor, el Mars 5, sino que ha sido totalmente rediseñado con una combinación innovadora de funciones y capacidades de última generación que ofrecerá una experiencia única y hará que la preparación de muestras para el análisis elemental se realice prácticamente sin esfuerzo.

En química analítica, la espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

Aunque la espectrometría de absorción atómica data del siglo XIX, la forma moderna fue desarrollada en gran medida durante la década de los 50 por un equipo de químicos de Australia, dirigidos por Alan Walsh.

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector.



Figura 2.11 Microondas, CEM, Mars 6

2.22. Absorción Atómica

En química analítica, la espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tiene lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.



Figura 2.12 Instrumento de absorción atómica.

2.22.1. Instrumentos

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector.

2.23. Diseño de mapa de isolíneas para la evaluación del yacimiento

Una curva de contorno que conecta puntos de igual espesor. Comúnmente, las isópacas, es decir las curvas de nivel que componen un mapa isopáquico, muestran el espesor estratigráfico de una unidad de roca en contraposición al espesor vertical verdadero. Las isópacas corresponden a espesores estratigráficos verdaderos; es decir, son perpendiculares a las superficies de estratificación (Annels, e. 1990)

2.24. Geología

2.24.1. Geología regional

La geología regional de la zona incluye depósitos aluviales, las rocas más antiguas reconocidas en la área de estudio corresponden a rocas metamórficas del grupo Zamora de posible edad paleozoica, comprende rocas volcánicas que pertenecen a la formación Chapiza, conjuntamente con rocas sedimentarias de la formación Hollín, Tena y del Cuaternario constituidos por grandes depósitos glaciares, coluviales, aluviales y terrazas, las unidades geológicas estratigráficas están instruidas por rocas dioríticas asignadas a un intrusivo emplazado durante el periodo Cretácico a terciario inferior, además cuenta con la presencia de rocas del tipo granito (Litherland, 1988).

2.24.2. Geología de placeres

Los placeres auríferos se localizan en las cuencas de los Arcos frontal y trasero de la cordillera de los Andes, con una mayor favorabilidad a alturas entre 100 y 1200 metros. Se presentan también ríos auríferos en el valle interandino pero no tienen tamaño; igualmente son básicamente del tipo fluvio-glacial por lo tanto muy erráticos. Las rocas metamórficas que conforman la cordillera Real, Larga y Tahuín principalmente, son duras con planos de esquistosidad fuertes, forman el bedrock de ríos auríferos como el Puyango, Zamora, Bomboiza, Yacuambi, Negro, Paute, Aguarico, Cofánes, actúan como rifles naturales y favorecen la concentración de minerales pesados, y muchas veces bonanzas. Las rocas plutónicas principalmente ácidas y medias, afloran en los flancos de la cordillera formando cuerpos alargados, constituyen el bedrock de ríos como el Mayo, Nangaritza, parte del Yacuambi, Jatunyacu, Guayllabamba, acumulándose los minerales pesados entre la juntas y fracturas, son importantes en los contactos ya que dan origen a los yacimientos primarios que contienen oro como en Nambija, río Abanico, Napo, Cofánes, Cuellaje; también oro diseminado en los ápices y pórfidos, muchos de los cuales se han erosionado.

Rocas plutónicas básicas y ultra básicas aportan platino al río Santiago en la provincia de esmeraldas. Las formaciones cretácicas Hollín, Napo y Tena en el oriente, constituyen el bedrock de muchos ríos, y por estar en la mayor parte con buzamientos medios, forman buenos rifles naturales para la concentración del oro, la Tena además facilita la explotación mediante dragado. La formación Tiyuyacu concentra oro reabajado y además aporta oro en la actualidad por la erosión, en varios sectores como río Jatunyacu, Aguarico, Bermejo, río Cusuimi, se puede aprovechar la topografía para trabajos mediante monitoreo hidráulico. Las formaciones Arajuno y Chambira en igual forma estarían aportando oro como sucede en los ríos Villano y Bobonaza, la formación Azogues contiene indicios de mercurio en areniscas. La formación Borbón en el sector de Flavio Alfaro constituye el bedrock del río aurífero pescadillo, en el noroccidente de Ecuador provincia de Esmeraldas la Formación Canoa (Cachabí), cubre una gran extensión de terreno y a la vez que constituye el bedrock de ríos auríferos, también aporta oro re trabajado debido a que actualmente se encuentra levantada y por lo tanto sujeta a la erosión. (Pillajo Edgar et al., 1993)

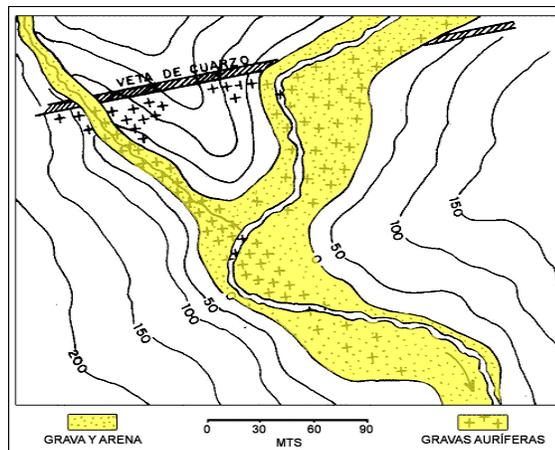


Figura 2.13 Formación de placeres Auríferos

Fuente (López, 1981)

2.24.3. Grupo Zamora

Esta serie de rocas que forman parte del núcleo metamórfico de la cordillera Real, se trata de una secuencia semipelítica, generalmente impura de cuarcitas de grano medio a grueso, filitas, pizarras y ocasionalmente metagrauvas, hacia el oriente existe un cambio a lo largo del rumbo de cordillera, marcado por la presencia de rocas meta volcánicas lo que indicaría que existe un incremento en el grado de metamorfismo, el rumbo de foliación es de aproximadamente norte-sur indicando una inclinación del clivaje.

2.24.4. Formación Chapiza

La formación Chapiza se presenta extensamente a lo largo de los flancos Oriental y occidental de la cordillera Flor de los Andes. En general el conjunto pre cretácico y Cretácico inferior conocido como formación Chapiza, se ha subdividido en tres niveles, constituidos de abajo hacia arriba por una alternancia de lutitas y areniscas intercaladas por evaporitas, el segundo nivel similar al anterior, pero sin la intercalación de evaporitas y el nivel superior constituida por lutitas y conglomerados de color rojo, tobas verdes y violetas, brechas tobáceas pertenecientes al miembro Misahualli.

La formación Chapiza alcanza espesores de más de 100 metros en afloramientos observados y está integrado por lavas andecíticas o intrusiones porfiriticas, lutitas rojas, areniscas y conglomerados, macroscópicamente las andesitas y lavas se presentan como roca compacta con tinte verdoso, las lavas son de textura afanítica con fenocristales de feldespatos y plagioclasas, de coloración gris verdoso, cabe señalar que las rocas contienen sulfuros en vetillas y diseminadas en sectores.

Esta formación sobre yace a la formación Santiago y a su vez subyace a la formación Hollín, tratándose de un contacto concordante en este caso, existiendo así mismo una posible interdigitación de contacto entre el miembro Misahualli y la formación Hollín en el área de la Florida.

2.24.5. Formación Hollín

Formación que consiste principalmente de areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, compactas de textura azucarada y de coloración blanca amarillenta tiene una dirección predominante de estratificación N 50 W con buzamiento de 18 grados W, las areniscas blancas presentan una clasificación de moderada a pobre, presentando estratificación cruzada y en ocasiones vetillas de carbón, se observa lutitas de color negro las que se presentan interestratificados con las areniscas y tienen una potencia de 50 cm, también se observa cierta cantidad de asfalto.

En la faja subandina esta formación ha sido metamorfizada, encontrándose cuarcitas donde se observa que el cemento se ha recristalizado alrededor de los granos de cuarzo.

El espesor de la formación es de 80-240 m (Hoffstetter R, 1977), la formación Hollín sobreyace discordantemente sobre la formación Chapiza en el área de Pangui es posible que se erosiono la formación Napo, razón por la cual se encuentra en contacto la formación Hollín con la Tena. (Anexo 15) y (Anexo 16)

2.25. Geología Local

2.25.1. Geología del yacimiento

El tipo de yacimiento existente en el lugar a ser explorado, es la denominada terraza aluvial o placer de terraza, el cual está sometido en antiguos cauces de ríos como el Cuchipamba y río Cuyes que han presenciado varios eventos geológicos jóvenes relativamente, dando como resultado depósitos auríferos, se encuentran en terrazas que están paralelas a la corriente actual del río Cuchipamba y bajo algunas capas de materia orgánica o capas de diferente composición a las gravas existentes.

2.25.2. Depósitos aluviales

Estos depósitos que pertenecen al periodo cuaternario constan precisamente de arenas, gravas, limos y cantos rodados de diferentes tamaños, que han sido depositados justo en los cauces del río Cuchipamba.

2.25.3. Terrazas

Dentro del área a ser evaluada se puede presenciar algunas terrazas de pequeña extensión, que también pertenecen al periodo cuaternario, generalmente que han sido formadas en la base de las montañas, y consisten de cantos rodados, gravas y arcillas que no presencian clasificación.

2.25.4. Formación y evolución de terrazas

Las zonas mineralizadas que ocurren en vetas, disseminación y/o Stock Works dentro del área y sus alrededores, se han originado por la actividad magmática y volcánica que tuvo lugar del Cretácico Superior-Terciario

Posteriormente y aproximadamente dentro del Plioceno, se produjo un sobre levantamiento del área como resultado de la falla Jubones, lo que dio lugar a una extensa y rápida erosión, en un ambiente de gran energía y gradientes fuertes, que originó la depositación de gravas con poca clasificación, y donde los minerales pesados fueron depositados a gran distancia de su origen, como ocurre en el valle que se extiende entre Santa Rosa y Pasaje.

El condicionante más importante para la formación de este depósito, ha sido originado por la destrucción de los yacimientos primarios aislados de alta concentración, así como por la destrucción de campos extensos con gran cantidad de cuerpos auríferos, a veces

pequeños y minúsculos; en la zona del proyecto se ha identificado principalmente tres fuentes de origen, disgregación, transporte y sedimentación.

2.26. Mineralización

En base de los datos sobre geología de placeres, muestreo mineralométrico por el método de la batea, estudios de fotografías aéreas, en el Ecuador se determinan cinco distritos auríferos, los mismos que se encuentran ubicados en los flancos oriental y occidental de la Cordillera de Los Andes. Para nuestro estudio se analizará solo el Distrito No. 4 conocido como Zamora Chinchipe-Upano. (Lucero, 2014)

El origen del oro aluvial proviene de la erosión, meteorización, transporte y depositación ocasionada por el hielo, viento, agua, gravedad, de las rocas metamórficas y verdes de la cordillera de los Andes a sus dos flancos, de depósitos minerales preexistentes, a partir de ápices de intrusivos mineralizados y también a partir de Formaciones conglomeráticas terciarias auríferas antiguas. Se determina aproximadamente 6500 kilómetros de longitud sobre 228 ríos que presentan indicios de oro aluvial, muchos de los cuales con alto potencial para mediana y gran minería. (Pillajo, 1999)

Los tipos de placeres que se encuentran son principalmente aluviales y placeres auríferos terciarios colgados, también lacustres y glaciales. El origen del oro es a partir de las rocas metamórficas de la Cordillera Real, intrusivo con yacimientos preexistentes hoy erosionados, a partir de la erosión de la Formación Mera como es el caso del río Yunganza.

2.27. Características del oro

El oro se caracteriza por ser un metal noble que se encuentra en estado natural en la mayoría de los yacimientos y en este caso depósitos aluviales, su símbolo químico en la tabla periódica es Au, su peso atómico es 192.7

Peso Específico

Es uno de los metales más pesados de la naturaleza, siendo esta propiedad física la que se aprovecha en la explotación de placeres auríferos (recuperación gravimétrica), su peso específico varía de 15,6 a 19,3 gr. /cm³ cuando está puro, de tal manera que un decímetro cúbico de oro de “24” quilates pesa alrededor de 42 libras o lo que es lo mismo 19,3 kg.; comparado con otros minerales su peso específico es mayor en el orden de 6 a 10 veces.

Forma y tamaño

La forma del oro es muy variada, raras veces se encuentra cristalizado (cúbico, hexaquisoctaedro, dodecaedro), siendo lo más común en forma de pepitas, escamas, láminas, hebras, clavos, pajuelas, agregados dendríticos, esqueléticos o arborescentes y más abundante en polvo o harina.

La mayor parte del oro de placeres tiene una forma redondeada y laminada, debido al desgaste que sufre al ser transportado, siendo las pepitas más grandes y más angulosas cuando más cerca del origen se encuentran y más fino, laminado y redondeado cuanto más distante ha sido transportado.

Raya

Se debe frotar el metal sobre porcelana y por efecto de la dureza del oro de 2,5 y de la porcelana 7, quedará impregnado un polvo fino que será de color amarillo a dorado.

Brillo

El oro debe observarse a la luz del sol, para que los rayos incidan sobre la muestra, si es oro se advertirá un brillo metálico, si es moscovita o flogopita tendrá un brillo perlado, sedoso o vítreo.

Dureza

El oro tiene una dureza de 2,5 se lo puede rayar con la uña cuando es puro, la pirita tiene una dureza de 6 a 6,5 la calcopirita de 3,5 a 4, minerales con los que usualmente se

confunde. Cuando se raya al oro con la punta de una navaja quedan surcos estriados como huellas.

Tenacidad

En mineralogía la tenacidad es la resistencia que opone un elemento, mineral o material a ser roto, molido, doblado, desgarrado o suprimido, siendo una medida de su cohesión. El oro al golpearlo con otro material más duro no se rompe sino que se deforma (expande) formando láminas o planchas. El oro puro se lo puede cortar con un cuchillo y se puede transformar en hilos.

Maleable (maleabilidad)

Cualidad del oro, relativa a la facilidad de convertirse en hojas delgadas, debido a efectos de percusión sin que se rompa.

Dúctil (ductilidad)

Cualidad del oro relativa a la facilidad de estirarlo en forma de hilos finos.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE RESERVAS

3.1. Topografía

La topografía del lugar se levantó mediante un dron para la obtención de la información con el uso de softwares topográficos y para la respectiva localización de los pozos de exploración que serán diseñados.

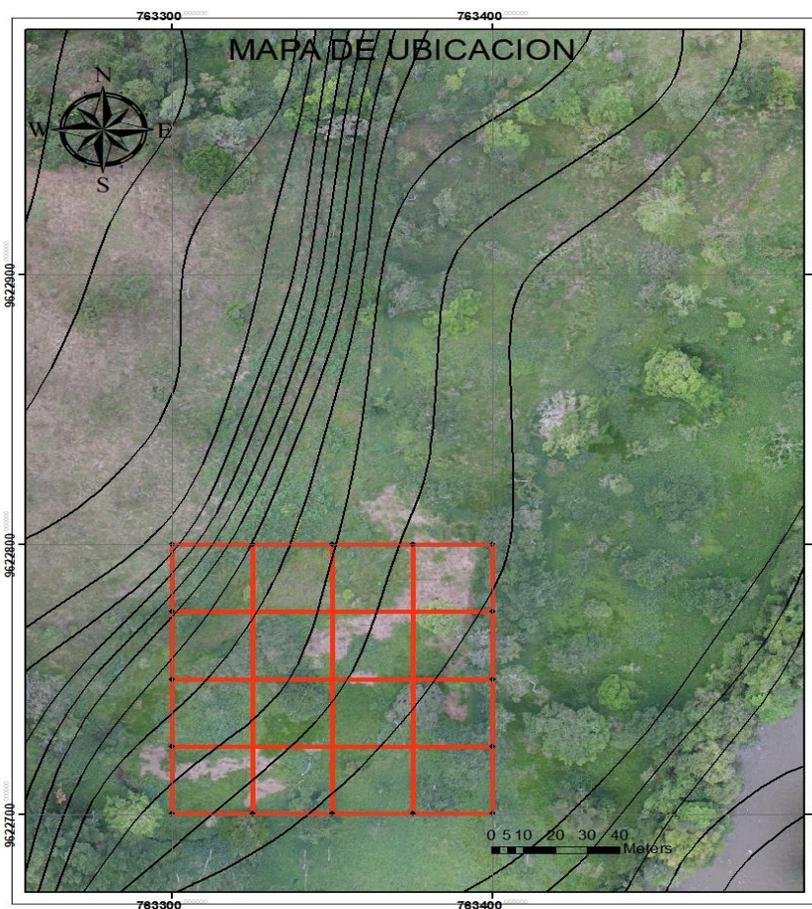


Figura 3.1 Topografía de la zona de estudio

La topografía de la zona de estudio se caracteriza por su relieve casi plano, y forma terrazas que han sido cortadas por el cauce del río Cuchipamba, y mientras más se acercan a la cordillera la gradiente topográfica aumenta considerablemente.

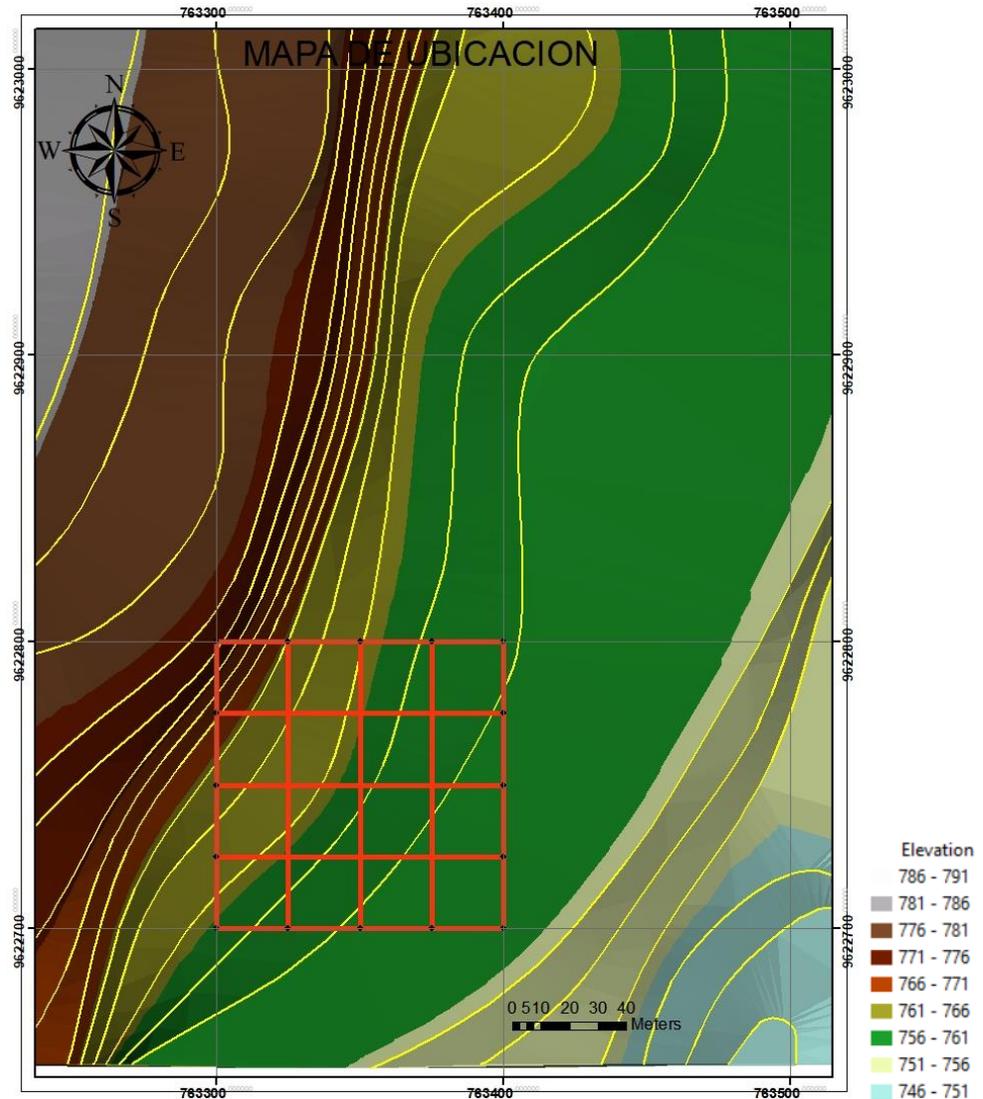


Figura 3.2 Relieve de la zona de estudio

En esta figura podemos ver un modelo digital del terreno que nos ayuda a apreciar la geomorfología de la zona de estudio, distinguida por colores siendo la zona de color verde el área de estudio intervenida.

3.2. Parámetros del diseño de Exploración

Para la construcción de las calicatas y la obtención de las muestras para el análisis en el laboratorio de una terraza aluvial, se estableció el área de investigación correspondiente a una hectárea con separación entre calicatas de 25 metros con un total de 25 muestras para su evaluación respectiva.



Figura 3.3 Ortofoto de ubicación del depósito aluvial



Figura 3.4 Ubicación de la malla regular de muestreo.

Para el diseño de nuestra malla de exploración se realizó una regular cuadrada en una hectárea de 100*100 cada 25 metros.

3.3. Cateo mecánico mediante calicatas de exploración

La exploración se realizó mediante la excavación de calicatas, ya que estas son fáciles de ejecutar y tienen un costo económico bajo, dicha excavación puede ser manual o utilizando maquinaria, en nuestro caso se realizó con gallineta llegando a los 3 metros de profundidad, mediante este método se puede observar de forma directa el interior de los pozos, sin embargo por la naturaleza del terreno la toma de muestras fue un poco inaccesible, pero se obtuvo buenos resultados, precisando el espesor de cada estrato, identificando de manera in situ el terreno, extracción de las muestras alteradas e inalteradas para ensayos de clasificación de suelos en los respectivos laboratorios. (Anexo 7)

Tabla 3.1 Pozos de muestreo con sus coordenadas de ubicación UTM WGS 84

POZOS DE MUESTREO										
	A		B		C		D		E	
1	9622700	763300	9622700	763325	9622700	763350	9622700	763375	9622700	763400
2	9622725	763300	9622725	763325	9622725	763350	9622725	763375	9622725	763400
3	9622750	763300	9622750	763325	9622750	763350	9622750	763375	9622750	763400
4	9622775	763300	9622775	763325	9622775	763350	9622775	763375	9622775	763400
5	9622800	763300	9622800	763325	9622800	763350	9622800	763375	9622800	763400

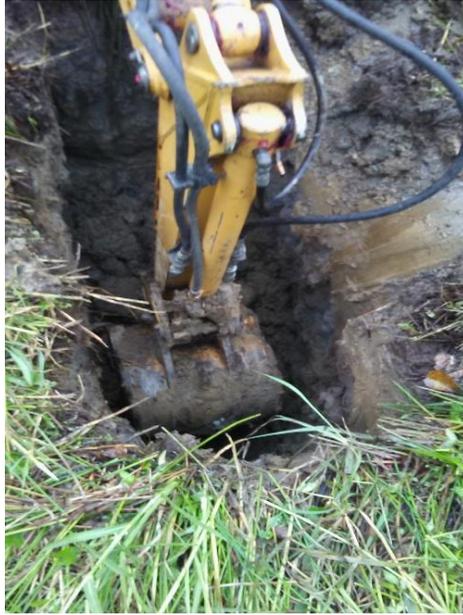


Figura 3.5 Excavación de la calicata de exploración para la toma de muestras

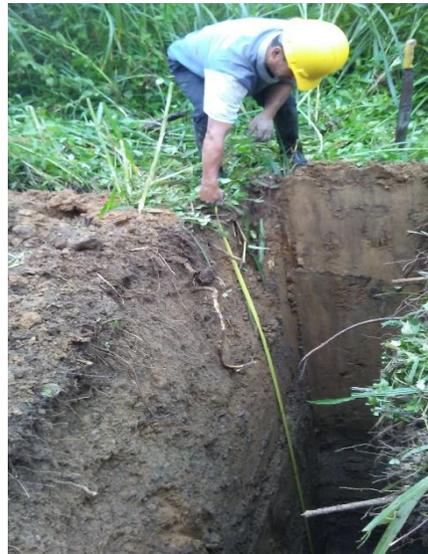


Figura 3.6 Medición de los estratos, para su estratigrafía



Figura 3.7 Ubicación de cada calicata en la malla diseñada para la exploración con sus respectivas coordenadas UTM WGS84



Figura 3.8 Calicata de exploración elaborada

La obtención de las muestras se cogió a partir de cada estrato con diferentes pesos en cada pozo con su respectivo código de coordenadas, cada estrato se midió para su interpretación al momento de modelar la evaluación del yacimiento.



Figura 3.9 Maquinaria utilizada para la excavación de las calicatas



Figura 3.10 Muestreo tomado de los estratos.

3.3.1. Columnas estratigráficas

La columna estratigráfica la utilizamos para representar geológicamente la ubicación vertical de unidades de roca o material en un área específica. Una típica columna estratigráfica muestra una secuencia de rocas sedimentarias, con las rocas más antiguas en la parte inferior y las más recientes en la parte superior. (Anexo 6).

Tabla 3.2 Columnas estratigráficas

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
capa vegetal	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.35
arcilla	2.7	1.5	1.3	0.7	0.65	2	1	1.8	0.7	0.5
gruesos	0	0.8	0.7	1.2	0.9	0.3	0.6	0.6	0.7	0.7
finos	0	0.2	0.7	0.9	0.95	0.4	1.1	0.3	1.4	1.45
TOTAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5
capa vegetal	0.25	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
arcilla	0.7	0.5	2.1	1.6	1	1	0.7	0	0.2	0.2
gruesos	0.6	1	0.7	1.1	1.3	1.3	0.7	0.3	0.4	0.5
finos	1.45	1.2	0	0	0.5	0.4	1.2	2.4	2.1	2
TOTAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

	E1	E2	E3	E4	E5
capa vegetal	0.3	0.4	0.3	0.35	0.5
arcilla	1	0.6	0.7	0.5	0.8
gruesos	0.7	0.8	0.7	0.75	0.6
finos	1	1.2	1.3	1.4	1.1
TOTAL	3	3	3	3	3

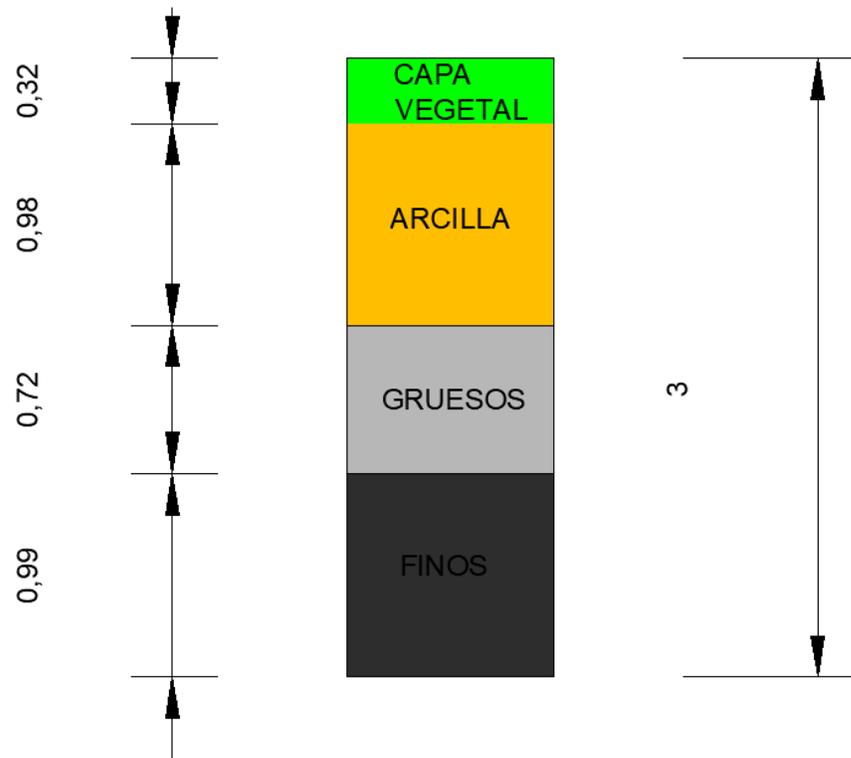


Figura 3.11 Columna estratigráfica promediada de todas las calicatas de estudio.

3.4. Análisis de las muestras

Una vez obtenido las muestras se han pesado y empacado cada una con su código de identificación para su respectivo análisis en el laboratorio, el material al momento de la extracción estaba en estado húmedo por lo que se realizó el respectivo secado de las muestras para su tamizado.



Figura 3.12 Secado de las muestras con su código de identificación



Figura 3.13 Secado de las muestras de diferente estrato con su código de identificación



Figura 3.14 Secado de las muestras de diferente calicata tomada de la malla de exploración con su código de identificación



Figura 3.15 Secado de las muestras de diferente calicata tomada de la malla de exploración con su código de identificación



Figura 3.16 Molido de la muestra por medio de un mortero



Figura 3.17 Tamizado de las muestras por medio de la malla No 30 y No 200

Luego de que las muestras se han secado procedemos a tamizar por la malla No 30 y la malla No 200 para proceder al cuarteo y tener una cantidad considerable de muestra para su previo análisis.

Una vez cuarteada la muestra obtenemos 10 gr de cada estrato de interés de la calicata y previamente la numeramos con códigos para poder distinguir el análisis de cada muestra.



Figura 3.18 Pesado de la muestra (10 gr) para su proceso de digestión



Figura 3.19 Muestra en la balanza para su pesado exacto posterior al análisis



Figura 3.20 Muestras pesadas con su diferente código previo al proceso de digestión de Au



Figura 3.21 Muestreo con su código para el análisis



Figura 3.22 Muestras empaquetadas para el envío al laboratorio previo a su análisis

Una vez obtenido los 10 gr de muestra procedemos a sacar 5 gr para el respectivo ataque químico con agua regia.



Figura 3.23 Pesaje de la muestra de 5 gr para el envío a la digestión de Au

El agua regia es una solución altamente corrosiva y fumante, de color amarillo, formada por la combinación de ácido nítrico concentrado y ácido clorhídrico concentrado en la proporción de una a tres partes en volumen.

Es una de las pocas mezclas capaces de disolver el oro, el platino y el resto de los metales. Fue llamada de esa forma porque puede disolver aquellos llamados metales regios, reales, o metales nobles. Es utilizada en el aguafuerte y algunos procedimientos analíticos. El agua regia no es muy estable, por lo que debe ser preparada justo antes de ser utilizada.



Figura 3.24 Muestra aforada a 100 ml con agua regia para la digestión



Figura 3.25 Diferentes muestras en solución para su análisis



Figura 3.26 Tubos para la puesta de soluciones para su posterior digestión en el microondas.



Figura 3.27 Tubos con las muestras de diferente calicata para su previo análisis



Figura 3.28 Puesta de las soluciones en los respectivos tubos con sus códigos de identificación



Figura 3.29 Microondas, CEM, Mars 6 con sus tubos para la digestión

Por medio de la técnica de espectrometría de absorción atómica se obtuvo la concentración de Au en la muestra en PPM.

3.5. Evaluación de reservas

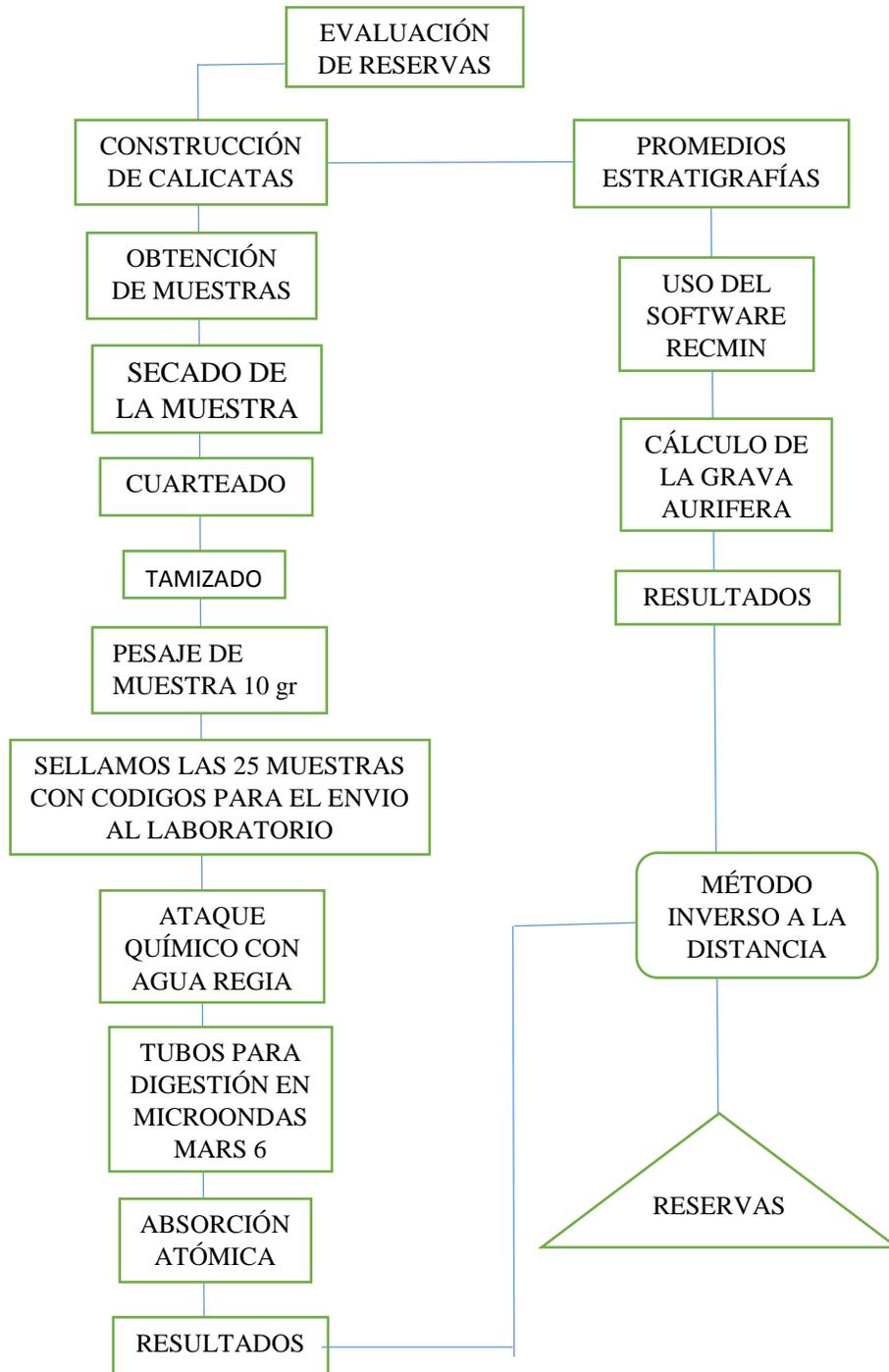


Figura 3.30 Diagrama del proceso para la evaluación de reservas del depósito aurífero.

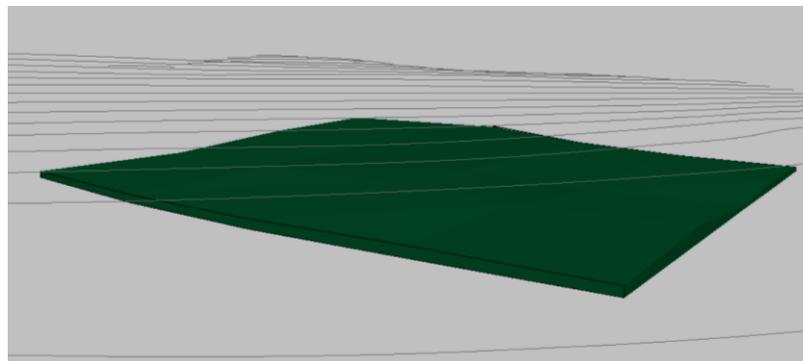


Figura 3.31 Volumen de grava aurífera mediante el uso del software RECMIN

Mediante el uso del software RECMIN se pudo hacer un modelamiento del bloque con el estrato enriquecido (Anexo 1) y previamente el cálculo de la grava aurífera por medio de su función cálculo de volumen en T3 cerrado, lo que nos dio un resultado de 23480.92 m^3 de material, la sobrecarga contiene un volumen correspondiente a 12.000 m^3 dando un cálculo de grava aurífera de 11480.92 m^3 correspondiente a la hectárea investigada (Anexo 13)

Para la evaluación de reservas hemos sacado las leyes de cada sondaje y previo a esto se ha hecho por el método del inverso cuadrado a la distancia entre cada calicata con el fin de sacar la evaluación de las reserva en el programa ARCGIS, a continuación presentamos una tabla con los cálculos correspondientes al volumen del estrato más enriquecido y de nuestro interés. (Anexo 2)

Uso del software RECMIN para el cálculo de la grava aurífera por medio de su función cálculo de volumen en T3 cerrado. (Anexo 4)

Tabla 3.3 Cálculo de volumen del estrato enriquecido

Coordenadas Este					
Mínimo	3300	Máximo	3400		
Coordenadas Norte					
Mínimo	2700	Máximo	2800		
Coordenadas Z					
Mínimo	751.6	Máximo	763.75		
	Sección	Área	Paso	parcial	Total
	2,700.00	122.88			
	2,705.00	135.9	5	646.95	646.95
	2,710.00	147.23	5	707.82	1,354.77
	2,715.00	157.3	5	761.32	2,116.09
	2,720.00	165.15	5	806.12	2,922.21
	2,725.00	172.88	5	845.07	3,767.28
	2,730.00	154.89	5	819.43	4,586.71
	2,735.00	141	5	739.72	5,326.43
	2,740.00	129.42	5	676.05	6,002.48
	2,745.00	119.5	5	622.3	6,624.78
	2,750.00	112.75	5	580.62	7,205.40
	2,755.00	107.25	5	550	7,755.40
	2,760.00	102.41	5	524.15	8,279.55
	2,765.00	98.37	5	501.95	8,781.50
	2,770.00	95.11	5	483.7	9,265.20
	2,775.00	92.5	5	469.03	9,734.23
	2,780.00	82.02	5	436.3	10,170.53
	2,785.00	72.55	5	386.42	10,556.95
	2,790.00	65.23	5	344.45	10,901.40
	2,795.00	57.35	5	306.45	11,207.85
	2,800.00	51.88	5	273.07	11,480.92
	2,800.00	0	0	0	11,480.92

Tabla 3.4 Calicatas de exploración con su respectiva ley

POZOS	ESTE	NORTE	COTA	Ley (gr/m³)	Ley media aproximada gr/m³
A1	763300	9622800	772.24	0	0.2992
A2	763325	9622800	764.03	0.026	
A3	763350	9622800	760.03	0.243	
A4	763375	9622800	757.72	0.29	
A5	763400	9622800	756.34	0.157	
B1	763300	9622775	766.35	0.054	
B2	763325	9622775	762.17	0.071	
B3	763350	9622775	759.44	0.687	
B4	763375	9622775	757.3	0.578	
B5	763400	9622775	755.9	0.504	
C1	763300	9622750	763.2	0.384	
C2	763325	9622750	760.93	0.026	
C3	763350	9622750	758.51	0.069	
C4	763375	9622750	756.45	0.077	
C5	763400	9622750	755.53	0.463	
D1	763300	9622725	761.05	0.052	
D2	763325	9622725	759.07	0.188	
D3	763350	9622725	757.06	0.304	
D4	763375	9622725	755.74	1.15	
D5	763400	9622725	755.06	0.543	
E1	763300	9622700	759.24	0.022	
E2	763325	9622700	757.07	0.148	
E3	763350	9622700	755.79	0.505	
E4	763375	9622700	755.16	0.465	
E5	763400	9622700	754.6	0.474	

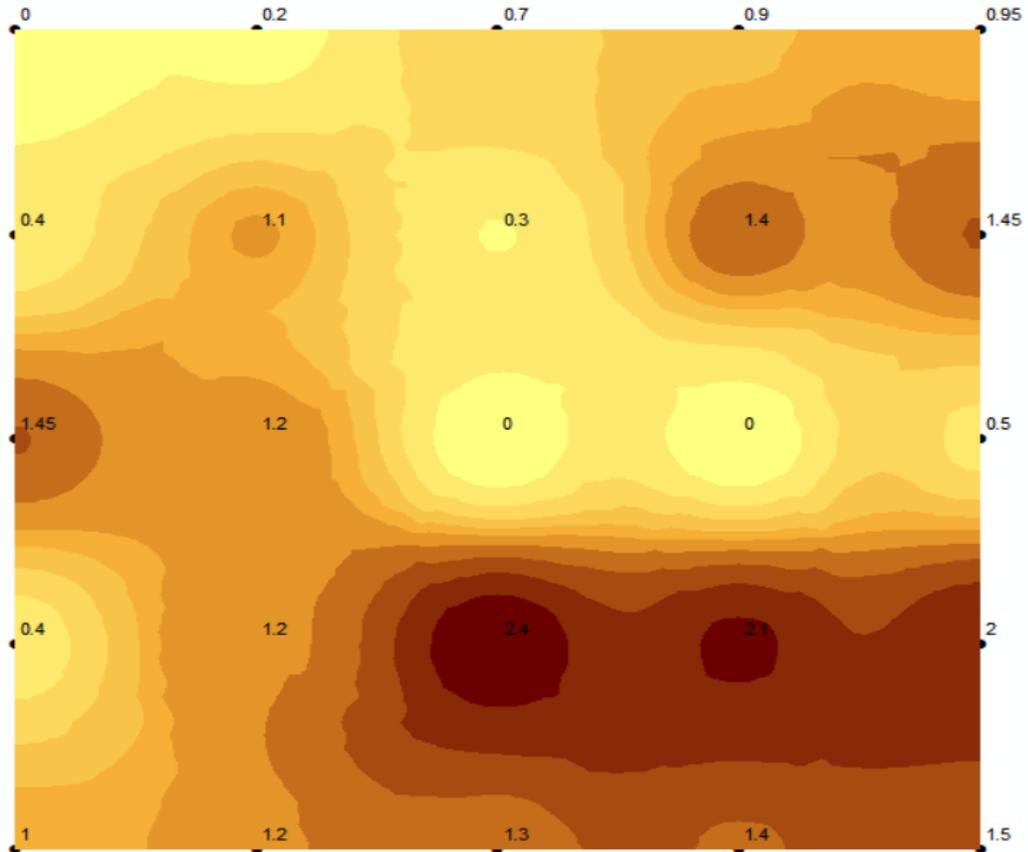


Figura 3.32 Método del inverso a la distancia para la evaluación de reservas

El estrato de interés ha sido interpolado para poder sacar un promedio aproximado en función a su topografía.

Hemos realizado pixeles de 10x10 para concentrar mayor la exactitud de las reservas, previo a esto se ha hecho un modelo de bloques, para la evaluación general de la terraza, para su posterior cálculo se han realizado operaciones entre el shape con leyes y el shape de la estratigrafía.

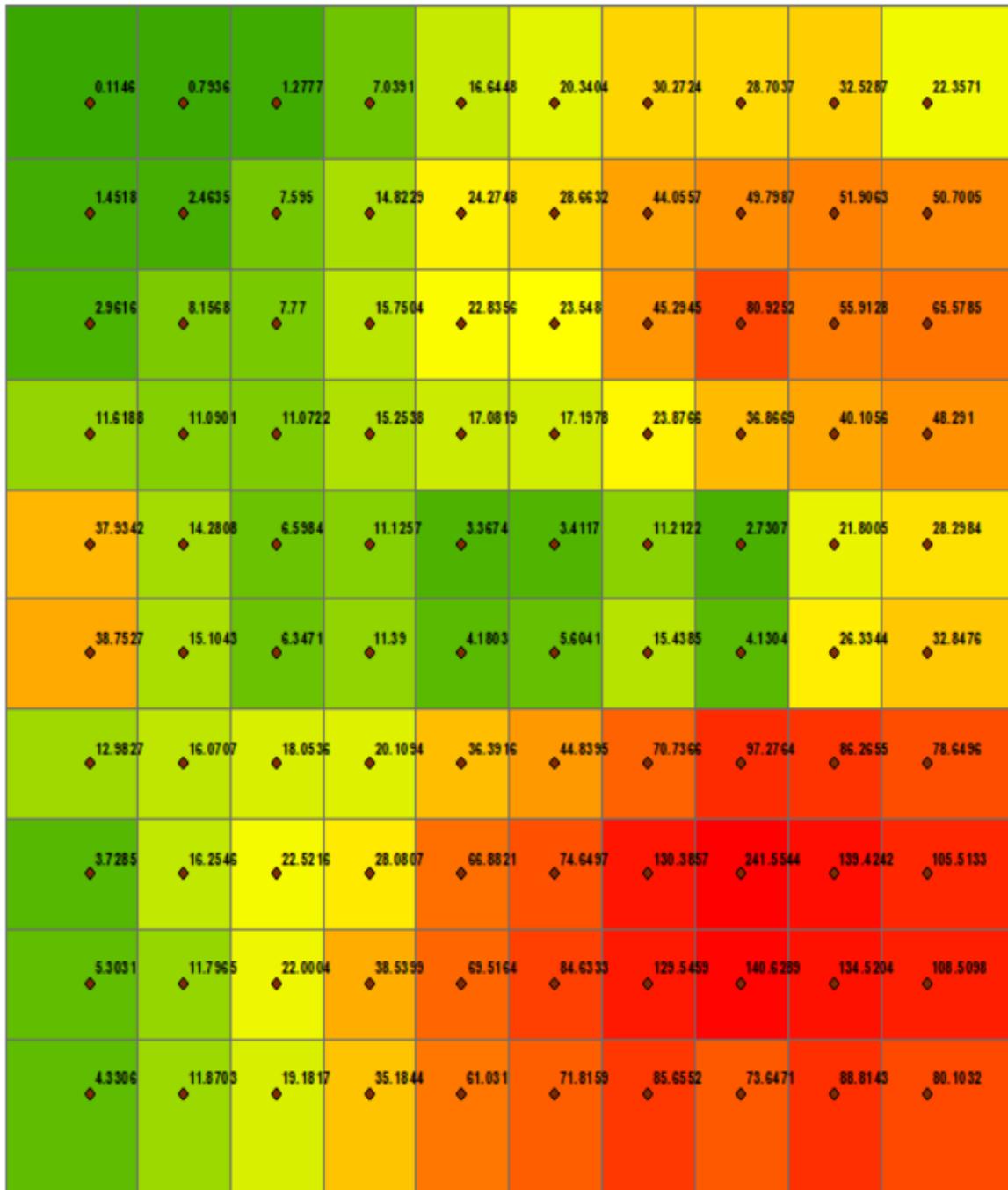


Figura 3.33 Evaluación de reservas en una hectárea prospectada

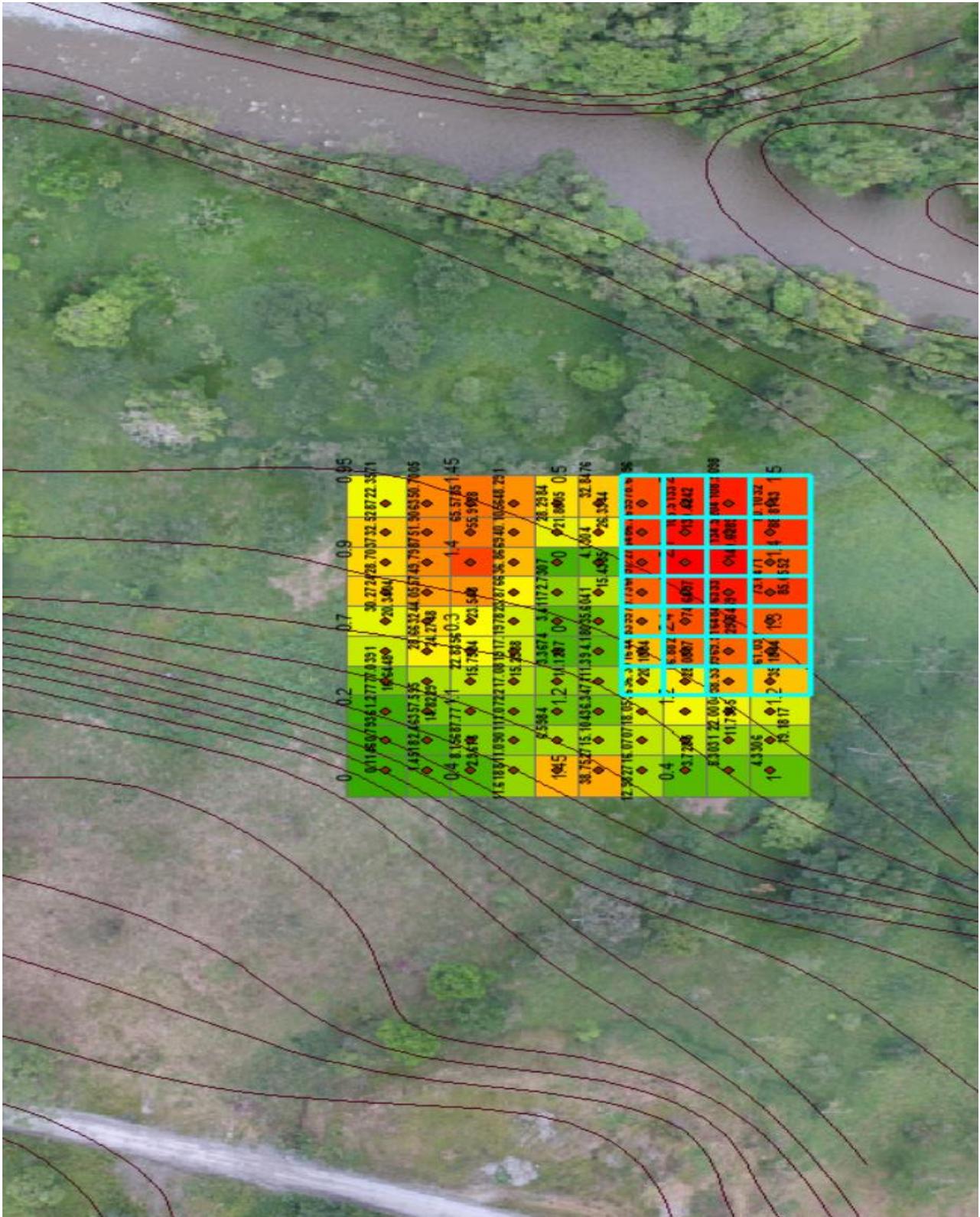


Figura 3.34 Evaluación de reservas en la hectárea de la terraza aluvial

Tabla 3.5 Evaluación de las muestras obtenidas en gr/m³

POZOS	LEY (gr/ton)	Ley (mg/ 5kg)	Ley (mg/ Kg)	Muestra In situ (kg)	Muestr a Lab (Kg)	Ley (gr/20Kg)	Ley (gr/ton)	Ley (gr/m3)	Densidad (ton/m3)
A1	0.000	0.000	0.00	10	0.5	0.000	0.0000	0.000	1.5
A2	0.248	0.025	4.96	12	0.5	0.207	0.0172	0.026	
A3	2.335	0.234	46.70	12	0.5	1.946	0.1622	0.243	
A4	3.267	0.327	65.34	13	0.5	2.513	0.1933	0.290	
A5	2.355	0.236	47.10	15	0.5	1.570	0.1047	0.157	
B1	0.522	0.052	10.44	12	0.5	0.435	0.0363	0.054	
B2	0.570	0.057	11.40	11	0.5	0.518	0.0471	0.071	
B3	4.578	0.458	91.55	10	0.5	4.578	0.4578	0.687	
B4	3.121	0.312	62.43	9	0.5	3.468	0.3854	0.578	
B5	2.152	0.215	43.03	8	0.5	2.690	0.3362	0.504	
C1	1.256	0.126	25.11	7	0.5	1.794	0.2562	0.384	
C2	0.248	0.025	4.96	12	0.5	0.207	0.0172	0.026	
C3	0.554	0.055	11.08	11	0.5	0.504	0.0458	0.069	
C4	1.152	0.115	23.03	15	0.5	0.768	0.0512	0.077	
C5	5.219	0.522	104.3 7	13	0.5	4.014	0.3088	0.463	
D1	0.421	0.042	8.43	11	0.5	0.383	0.0348	0.052	
D2	1.251	0.125	25.02	10	0.5	1.251	0.1251	0.188	
D3	1.643	0.164	32.87	9	0.5	1.826	0.2029	0.304	
D4	6.211	0.621	124.2 3	9	0.5	6.902	0.7668	1.150	
D5	5.215	0.521	104.2 9	12	0.5	4.346	0.3621	0.543	
E1	0.252	0.025	5.05	13	0.5	0.194	0.0149	0.022	
E2	1.425	0.143	28.50	12	0.5	1.188	0.0990	0.148	
E3	4.073	0.407	81.47	11	0.5	3.703	0.3366	0.505	
E4	3.102	0.310	62.03	10	0.5	3.102	0.3102	0.465	
E5	3.158	0.316	63.16	10	0.5	3.158	0.3158	0.474	

Tabla 3.6 Bloques con sus respectivas reservas

BLOQUE	RESERVAS (gr)
82	11.7965
86	84.6333
90	108.5098
50	28.2984
46	3.4117
42	14.2808
2	0.7936
6	20.3404
10	22.3571
8	28.7037
4	7.0391
22	8.1568
24	15.7504
26	23.548
28	80.9252
30	65.5785
48	2.7307
44	11.1257
62	16.0707
64	20.1094
66	44.8395
68	97.2764
70	78.6496
88	140.6289
84	38.5399
93	19.1817
92	11.8703
91	4.3306
83	22.0004
81	5.3031
73	22.5216
72	16.2546
71	3.7285
95	61.031
94	35.1844
85	69.5164

BLOQUE	RESERVAS (gr)
43	6.5984
41	37.9342
33	11.0722
32	11.0901
31	11.6188
45	3.3674
35	17.0819
75	66.8821
74	28.0807
97	85.6552
96	71.8159
87	129.5459
77	130.3857
76	74.6497
99	88.8143
98	73.6471
89	134.5204
79	139.4242
78	241.5544
100	80.1032
80	105.5133
60	32.8476
69	86.2655
59	26.3344
58	4.1304
67	70.7366
57	15.4385
56	5.6041
65	36.3916
55	4.1803
54	11.39
63	18.0536
61	12.9827
53	6.3471
52	15.1043
51	38.7527

BLOQUE	RESERVAS (gr)
34	15.2538
47	11.2122
37	23.8766
36	17.1978
49	21.8005
39	40.1056
38	36.8669
40	48.291
20	50.7005
29	55.9128
19	51.9063
18	49.7987
27	45.2945
17	44.0557
16	28.6632
25	22.8356
15	24.2748
14	14.8229
23	7.77
21	2.9616
13	7.595
12	2.4635
11	1.4518
3	1.2777
1	0.1146
5	16.6448
7	30.2724
9	32.5287

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

4.1. Estudio de pre factibilidad económico

En este capítulo haremos un análisis de pre factibilidad económica que defina la inversión necesaria que necesite el trabajo de investigación, dando como resultado si la explotación a futuro tendría viabilidad o caso contrario se dé una respuesta negativa al avance del trabajo.

4.2. Inversión

En el trabajo de investigación se ha definido gastos de inversión que se efectúa antes de la fase de extracción y se caracterizan por ser gastos fijos, cualquiera sea el volumen de producción, inversiones en la exploración, implementación de la mina, implementación de la planta de lavado y capital de operación para la adjudicación del proyecto.

En una inversión inicial pre operacional de las primeras actividades antes de dar paso al diseño de explotación se ha estimado un aproximado de 27500 USD que cubren la inversión de compra total del terreno, actividades de exploración y contrato de operación que corresponde a la ejecución del proyecto.

Entre las actividades pre operacionales se encuentra la adquisición del terreno, por ser el rubro más alto la compra del terreno puede ser financiado por entidades bancarias o por parte de los socios que participen en la ejecución del proyecto.

4.3. Operacionales

Para la ejecución de las actividades operacionales, la inversión ha sido detallada para cada operación que se vaya a ejecutar en nuestro trabajo de investigación.

4.3.1. Inversión necesaria para el monitoreo y control ambiental

La propuesta presentada con el fin de que se lleve a cabo el cumplimiento del control ambiental, para mitigar, prevenir y compensar, los impactos que podrían llegar a ser ocasionados por las actividades mineras extractivas que presentase el proyecto a futuro serán expuestos en este capítulo.

En el área intervenida para la investigación, se ha calculado un costo de inversión aproximado de 10.000 USD que serán provisionadas por las siguientes actividades como son: monitoreo del agua, monitoreo del suelo, plantación de especies forestales, rehabilitación de áreas explotadas, mantenimiento de maquinaria, adecuación de tachos para residuos, construcción de cunetas para aguas pluviales, construcción de galpón para la maquinaria, fosas sanitarias, piscinas de sedimentación entre otras.

4.3.2. Costos Unitarios

Para el proyecto no se consideró la compra de maquinaria nueva, pero se tomó en cuenta el alquiler de maquinaria que cumpla los parámetros que han sido establecidos para el proyecto. Los egresos efectuados por la mina se resumen en los costos unitarios para el funcionamiento del proyecto de investigación, a continuación se describe el costo operacional de maquinaria.

En la siguiente tabla se tomó en consideración los costos unitarios por hora de producción de maquinaria para el desarrollo operacional de la explotación del minado aurífero en nuestra área intervenida.

Tabla 4.1 Costos unitarios de maquinaria.

DESCRIPCION EQUIPOS Y MAQUINARIA	COSTO MAQUINARIA POR HORA		CANTIDAD	VALOR (USD)
Excavadora Komatsu pc 200	45	USD	1	45
Bulldozer Komatsu d65	55	USD	1	55
Volqueta Hino GH 500	27	USD	1	27
Planta de lavado mp100	100	USD	1	100
Bomba de succión	3	USD	1	3
Generador	4	USD	1	4
			TOTAL	234

Tabla 4.2 Costo total por día de trabajo producido

	HORAS DE TRABAJO	COSTO HORA DE TRABAJO (USD)	TOTAL (USD)
PRODUCCIÓN DIARIA	8	234	1872

4.4. Rubros de remoción de la grava aurífera

En el proceso de extracción de la grava aurífera hay que tomar en cuenta cuatro factores importantes para el movimiento de volumen de la grava, en las cuales tenemos el destape, la carga, transporte, cargado a la planta de lavado y escombrera.

Tabla 4.3 Costos unitarios por 1 m^3 de material producido

Rubros	Costo m³/usd
Destape	0.43
Carga	
Transporte	0.33
Lavado planta MPP 100	0.92
Escombrera (carga-transporte-tendido)	0.81
TOTAL	2.49

El costo unitario para la producción de 1 m^3 de material producido esta alrededor de los 2 dólares con 49 centavos.

Según las especificaciones técnicas de la planta de lavado MP100 mencionadas en el numeral 5.9, la capacidad de producción es de 100 m^3/h y como la jornada de trabajo son 8 horas por día la producción de la planta de lavado es de 800 $m^3/día$, pero la eficiencia de la planta es del 80% dando como resultado la producción real de 640 $m^3/día$.

Tabla 4.4 Costo de metros cúbicos diarios producidos

	VOLUMEN DIARIO PRODUCIDO (m³)	COSTO m³ PRODUCIDO (USD)	TOTAL (USD)
PRODUCCIÓN DIARIA	640	2.49	1593.6

El rendimiento de la excavadora que pudo ser analizada en el capítulo 5 numeral 5.4.1 nos da un cálculo de $104.65 \text{ m}^3/\text{h}$ con el cual se dio a proceder el análisis unitario de los costos operacionales, como bien sabemos el precio del alquiler de maquinaria esta alrededor de los 45 USD la hora, dándonos un valor de 0.43 centavos el m^3 de material removido, el alquiler de la volqueta se la hizo mediante un contrato por hora de 27 USD, lo que nos da un precio por m^3 de 0.33 centavos.

Como se ha mencionado en el capítulo 3 numeral 3.5 de la evaluación de reservas se pudo determinar el volumen total de material a extraer dándonos como resultado 23933.30 m^3 , incluida la sobrecarga y material con el contenido aurífero.

Tabla 4.5 Costo total de extracción de la sobrecarga y grava aurífera.

	VOLUMEN TOTAL A REMOVER (m^3)	COSTO m^3 PRODUCIDO (USD)	TOTAL (USD)
PRODUCCIÓN TOTAL	23933.30	2.49	59593.49

Para el cálculo del tiempo de extracción del mineral se tiene en consideración parámetros que establecen el tiempo necesario para la extracción total del mineral de interés, tenemos en cuenta la cantidad de grava aurífera y la cantidad de m^3 por día que se va a extraer, en base a esta relación de parámetros podemos obtener el tiempo necesario para la extracción del mineral de interés.

El procesamiento diario de la grava será de $640 \text{ m}^3/\text{día}$ y el volumen total de la grava aurífera es de 11480.92 m^3 como se puede ver en la tabla 4.6

Tabla 4.6 Tiempo de extracción del mineral

EXTRACCIÓN DIARIA (m³/día)	VOLUMEN TOTAL (m³)	TIEMPO DE EXTRACCIÓN MINERAL (días)	MESES
640	23933.30	30.68	1

4.5. Personal

Para el personal se ha tomado en cuenta la contratación de la siguiente nomina que se presenta a detalle en la tabla a continuación, cabe recalcar que la maquinaria que desarrollará las operaciones de minado para el trabajo de investigación será alquilada, lo que para la contratación del personal no estará incluido los operadores de la maquinaria encargada de las actividades de extracción y procesado, como son las excavadoras, bulldozer, volqueta y planta de lavado.

Tabla 4.7 Sueldos de personal

PERSONAL	SUELDO usd/mes	APORTE IESS	SUBTOTAL usd/mes
Contador	550	113.3	663.3
Ingeniero	1200	247.2	1447.2
Ayudante	375	77.25	452.25
			2562.75

En vista de que la explotación está planificada para un mes los pagos correspondientes al décimo tercero y décimo cuarto se excluyen por no ser contratos permanentes.

4.6. Egresos

Una vez identificado todos los gastos pre operacionales, operacionales y de contratación de personal se ha determinado los costos económicos totales para el tiempo de extracción de mineral, a continuación en una tabla se dará los cálculos en su totalidad para obtener las utilidades que la mina puede presentar en caso de que el proyecto sea viable.

En la siguiente tabla podemos observar los egresos pre operacionales, plan de manejo ambiental, operacionales y contratación de personal que se necesita para dar procedimiento a la actividad de extracción del mineral.

Tabla 4.8 Egreso Total.

ACTIVIDADES	USD
Pre operacionales	27500
PMA	10000
Operacionales	59593.49
Personal	2562.75
TOTAL	99656.24

4.7. Ingresos

Los ingresos económicos para darle autonomía al proyecto estarán dados por la producción minera que se va a realizar en base a la evaluación pertinente que se realizó en el área de investigación.

4.7.1. Producción minera

En la etapa de exploración se determinó que las reservas probadas llegan a los 11480.92 m^3 de grava aurífera, en vista de que la zona presenta anomalías, no toda la terraza tiene la misma caracterización, por lo cual el estrato de interés con potencia de 1.7 metros comprendida entre 1.3 hasta 3 metros de profundidad nos dio un cálculo de 3432.79 gr de oro. Tomando en consideración el volumen total a extraer en el diseño de explotación de 11480.92 m^3 con la ley aproximada de oro que es 0.299 gr tenemos el siguiente resultado. Ver en Tabla 4.2

Tabla 4.9 Reservas explotables

RESERVAS EXPLOTABLES					
	Área (m²)	Sobrecarga (m³)	Grava Aurífera (m³)	Ley de Au (gr/m³)	Total Au (gr)
Terraza	10000	12452.20	11480.92	0.299	3432.79

Tomando en cuenta la ley aproximada con respecto del volumen total de la grava aurífera tenemos 3432.79 gr de oro, en la recuperación final tenemos un 40% de pérdida (1373.11 gramos) dándonos un total de 2059.67 gr en el concentrado y como bien se sabe el precio del oro aluvial está a 25 dólares nos da un ingreso de 51491.93 dólares, siendo imposible que se efectúe el trabajo de investigación, dando como resultado que los egresos sean mayores a los ingresos.

Tabla 4.10 Reservas

Reservas (gr)	Recuperación 60% (gr)	gr/Au USD	TOTAL (USD)
3432.79	2059.68	25	51491.93

4.8.Utilidad

Una vez realizado el estudio de pre factibilidad económico procedemos a realizar el cálculo de la utilidad para analizar y observar si el proyecto puede ser viable o caso contrario no sería conveniente que se ejecute.

$$\text{Utilidad total} = \text{Ingreso Total} - \text{Costo Total}$$

Tabla 4.11 Utilidad del proyecto

INGRESOS (usd)	EGRESOS (usd)	DÉFICIT (usd)
51491.93	99656.24	-48164.31

4.9.Egresos e Ingresos del proyecto de investigación y explotación

Una vez realizada la evaluación del depósito aluvial y el estudio de pre factibilidad económica del proyecto de investigación se pudo determinar que el proyecto no es viable, porque presenta un déficit de 48164.31 USD.

Tabla 4.12 Déficit en nuestro proyecto en caso que se ejecute la extracción del mineral

LEY (gr/m³)	Volumen Grava aurífera (m³)	gr de Au	Au (gr) 60% recuperación	Costo gr de Au (USD)	Total (USD)	Total Egresos (USD)	Deficit (USD) INGRESO-EGRESO
0.299	11480.92	3432.80	2059.68	25	51491.93	99656.24	-48164.31

Para un análisis económico se ha realizado un punto de equilibrio para tener en consideración como se podría comportar el depósito aluvial en caso de que hubiese presentado diferente contenido aurífero (ley) para que haya podido ser viable el trabajo de investigación.

Tabla 4.13 Ley aproximada de 0.579 gr/ m³ para llegar a un punto de equilibrio

LEY (gr/m³)	Volumen Grava aurífera (m³)	gr de Au	Au (gr) 60% recuperación	Costo gr de Au (USD)	Total (USD)	Total Egresos (USD)	Equilibrio (USD) INGRESO-EGRESO
0.579	11480.92	6647.4527	3988.471608	25	99711.7902	99656.24	55.55

Como se pudo observar en la tabla anterior, el punto de equilibrio se dio con una ley de 0.579 gr/m³, para que el proyecto pueda ser viable y pueda tener ganancias representativas con el 20% de la inversión total se ha hecho una simulación de cuál podría ser la ley mínima para que el proyecto pueda ser tomado en cuenta como viable.

Tabla 4.14 Ley aproximada de 0.788 gr/ m³ para tener un TIR del 20% de la inversión para que el proyecto sea viable

LEY (gr/m³)	Volumen Grava aurífera (m³)	gr de Au	Au (gr) 60% recuperación	Costo gr de Au (USD)	Total (USD)	Total Egresos (USD)	Utilidad (USD) INGRESO-EGRESO
0.788	11480.92	9046.965	5428.178976	25	135704.474	99656.24	36048.23

CAPÍTULO V

DISEÑO DE EXPLOTACIÓN

En este capítulo podremos hacer referencia que el diseño de explotación no podrá ser aplicado debido a que el estudio económico no demuestra viabilidad al trabajo de investigación, por lo que se optó realizar un diseño previo si la ley aproximada de oro tomara valores como 0.788 gr/m^3 que representen un 20% de la inversión.

En caso de que el depósito aluvial presentase una ley mínima para que genere ganancias que representen el 20% de la inversión total se ha realizado un diseño de explotación que pueda cumplir con los parámetros que presente el depósito aluvial, para que el trabajo se pueda realizar se necesita una ley mínima de 0.788 gr/m^3 generando ganancias que cubran los gastos pre operacionales, operacionales y sueldos a trabajadores.

Una vez realizado el estudio de pre factibilidad económica en el capítulo anterior se pudo observar el déficit, el punto de equilibrio y la utilidad total, tomando en consideración los cálculos que se aprecian en las tablas 4.12, 4.13 y 4.14 se pudo realizar un diseño de explotación que pueda satisfacer al proyecto en caso de que hubiera contenido mayor contenido aurífero el depósito aluvial.

5.1. Características del depósito aluvial

La formación de los placeres aluviales es el resultado de la fracturación, meteorización y el transporte de los minerales que han sido arrancados de los yacimientos primarios, que son concentrados a lo largo de ríos, bajo características específicas para la formación de bancos muy variados, según las condiciones que presenta el placer se ha logrado establecer criterios técnicos para la elección del sistema de explotación que se aplicará en la zona de

estudio, tomando en cuenta que el deposito es isométrico, lo que quiere decir que es regularmente plano con su morfología, consta de ángulos de buzamiento que van desde los cero grados hasta los 15 grados, por lo que es definido como horizontal, el deposito no es uniforme debido a que su formación presenta estratos de grava aurífera con baja ley, y estratos que contienen valores con mayor ley, pero que no representa valores generales que den viabilidad al proyecto, se procede a extraer el estrato con mayor contenido aurífero, el volumen total a extraer para su procesamiento ubica a la explotación como pequeña minería.

5.2. Método de explotación

Las condiciones geológicas que ha presentado la zona de estudio, han definido parámetros para la selección del método de explotación.

El sistema de explotación en seco a cielo abierto se ha establecido para la extracción de las gravas auríferas basado también en las características minero-técnicas que presenta el depósito. (Anexo 3)

Para la extracción de la grava se ha utilizado la metodología de explotación de avance por franjas, con taludes de 65° y bancos de 1 metro de altura, la cobertura vegetal será establecida en zonas temporales para su protección y su posterior colocación al momento de que finalice la extracción de la grava con contenido de oro, también se puede observar el contenido de agua que retiene la terraza, causada por filtraciones del río, y para el desarrollo del método de explotación en seco se usará una bomba de succión para evitar la pérdida del concentrado ocurridas por el lavado al momento de su extracción

5.3.Sistemas de explotación

Existen varios métodos para la extracción de la grava con contenido de oro, los cuales dependen mucho de las características geológicas que presenta el depósito aluvial.

La remoción de grandes cantidades de suelo y subsuelo es llamada minería a cielo abierto, el cual es una actividad industrial que da beneficios económicos, después que el mineral a extraer es procesado, este mineral puede estar presente en concentraciones muy bajas en relación con la cantidad de material removido, como resultado de estas actividades mineras realizadas en la superficie se forman diferentes labores que sirven para la explotación del depósito aluvial, sin la necesidad del uso de explosivos, y estos son denominados cortes, que consiste en bloques de explotación de grava aurífera, generalmente de 25 x 25 o 25 x 50 metros, dependiendo del criterio del ingeniero encargado de realizar el diseño de la explotación aluvial. (Anexo 8)

Cuando las operaciones mineras se efectúan a cielo abierto, la importancia de la selección del método de explotación es un factor muy importante, ya que el depósito puede presentar diferentes tipos de parámetros, tales como el espesor de la sobrecarga, potencia de la capa de grava aurífera, cantidad de reservas, tipo de bedrock, posición de las capas auríferas, volumen de producción, los depósitos aluviales pueden ser explotados, ya sea por un método seco, húmedo o combinados, si existiese el caso de que el depósito se encuentre sumergido o saturado por influencia del agua, este depósito puede ser explotado por una draga, si existe el caso de que el depósito es totalmente seco se hace el uso de equipos de arranque como excavadoras, buldóceres, palas cargadoras.

Como la mineralización no se encuentra de manera uniforme en toda la terraza, existen zonas que mantienen el enriquecimiento que proporcionan de valor al depósito aluvial.

5.3.1. Preparación del bloque a explotar

Para la preparación del bloque a ser extraído se necesita primeramente retirar la cobertura vegetal, para que no presente problemas operativos en la extracción de la grava aurífera,

mediante el uso de excavadoras se arrancara la cubierta vegetal, cuyo espesor varía desde los 1.20 a los 1.30 metros. (Anexo 10)

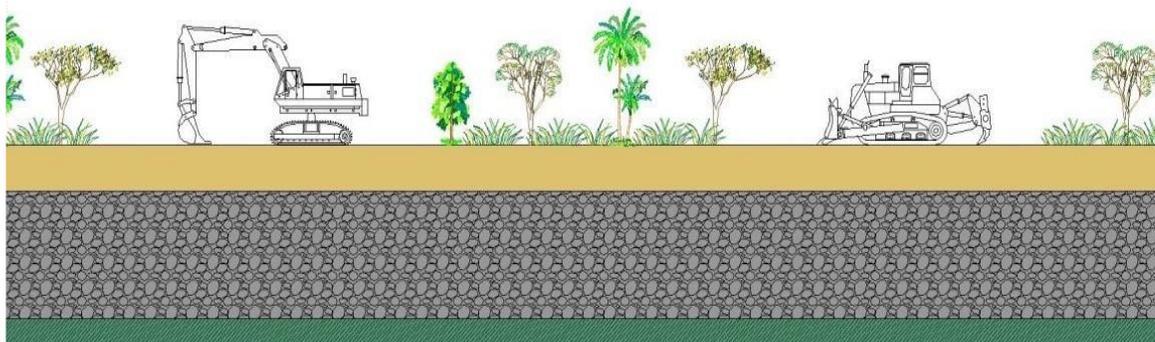


Figura 5.1 Labores de desbroce

Fuente (Lucero, 2014)

La terraza se encuentra paralela al río Cuchipamba y para su acceso se tiene una vía de primer orden que conecta las provincias del Azuay con Morona Santiago, se ha diseñado en este proyecto una vía de tercer orden que conecte la vía principal con la planta de lavado y en las instalaciones de la mina, que no tendrá una longitud mayor a los 1000 metros, previo a la construcción de las vías internas se realizara las plataformas para el acceso a los diferentes frentes de explotación.

Para el descapote se retirará la sobrecarga que consiste en capa vegetal, arcillas y las gravas estériles que no son rentables para el proyecto, se recomienda que al momento del minado el descapote del material estéril debe ir con un desfase de 1.5 metros como mínimo, debido a que la presencia de aguas superficiales pueden afectar directamente al bloque a ser minado, por eso se hace por fases de explotación para llevar un mejor control y avance, el material estéril será depositado en las escombreras temporales y luego dicho material será utilizado para el relleno de los bloques ya explotados. (Zúñiga 2013).

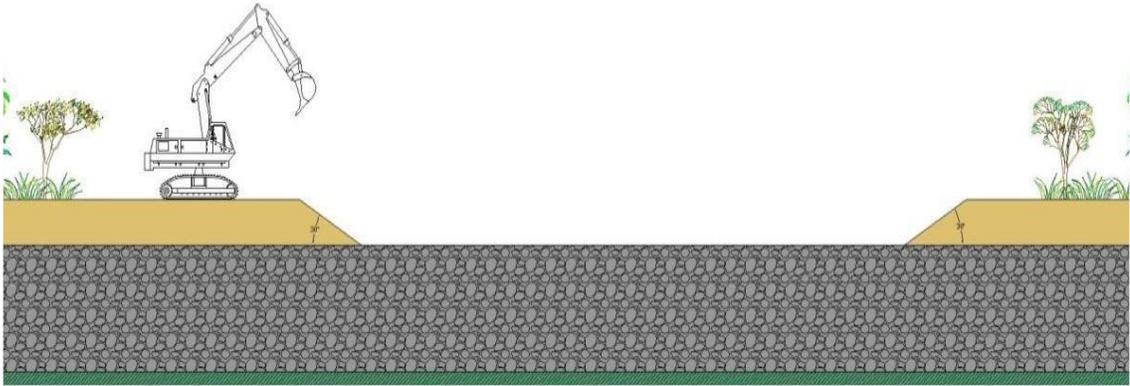


Figura 5.2 Labores de destape de la sobrecarga
Fuente (Lucero, 2014)

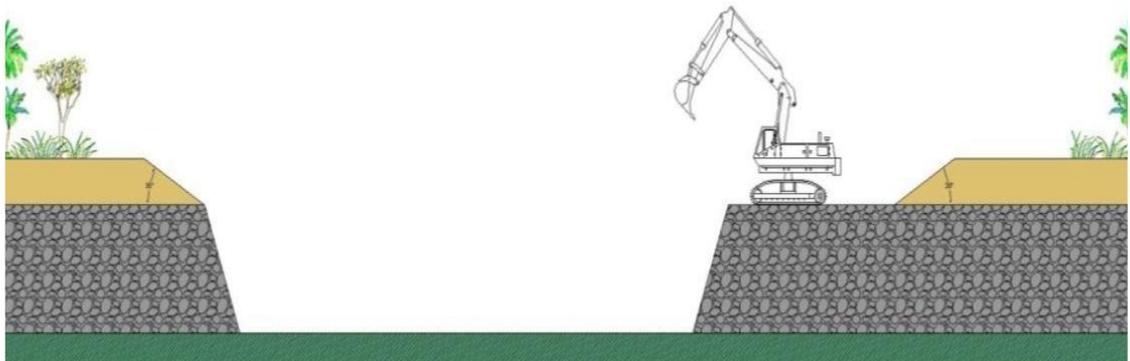


Figura 5.3 Esquema de extracción de la grava aurífera
Fuente (Lucero, 2014)

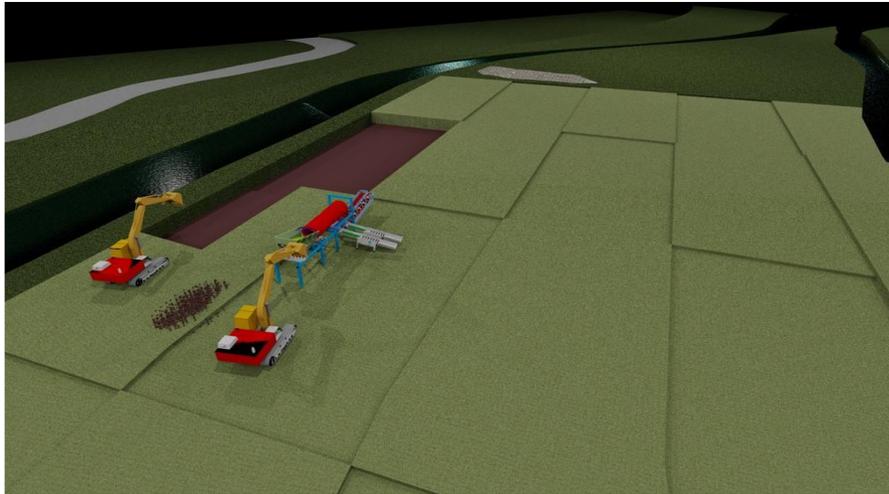


Figura 5.4 Minado de la grava aurífera por bloques
Fuente (Santos, 2015)

El sistema de minado consiste en la preparación de los estratos a ser extraídos por bloques de 25 x 25 metros.



Figura 5.5 Extracción de la grava aurífera por bloques
Fuente (Santos, 2015)

En la figura 5.3.1 se observa la extracción final de la hectárea de investigación con sus taludes finales, dando como resultado tres taludes definidos geoméricamente que puede observarse en la figura 5.4

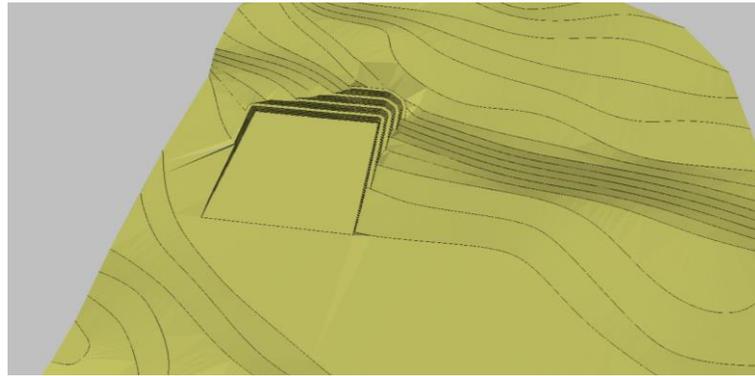


Figura 5.6 Vista Perspectiva axonométrica del bloque de explotación de la grava aurífera

5.3.2. Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes es un parámetro de vital importancia. Debe ser analizada desde las etapas iniciales del proyecto, ser comprobada y seguida con los datos obtenidos durante la explotación.

La importancia de los estudios geotécnicos será en función de los condicionantes geométricos (altura del talud general, de banco y ángulos de talud), así como de cualquier incidencia que los taludes diseñados puedan tener sobre las instalaciones existentes, además se incorporará la influencia del agua en la estabilidad de los taludes temporales.

En geotecnia, el riesgo de colapso de un talud se mide en términos del llamado factor de seguridad “F”, que es la relación entre el conjunto de las fuerzas resistentes y las desestabilizadoras que provocarían la rotura del talud. La selección de un valor de F mayor implica una disminución de riesgo, pero supone en general taludes más tendidos.

El valor de $F = 1$ señala el límite en la cual un talud es, o deja de ser, estable. La necesidad de utilizar valores de $F > 1$ surge como consecuencia de factores geológicos, posible

variabilidad de las propiedades de los materiales componentes de la grava y la cantidad estacional de agua presente en el talud.

Tabla 5.1 Factores de seguridad

CASO	FACTOR DE SEGURIDAD
Si puede ocurrir la pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.2
Si la falla puede producir la pérdida de más del 30 % de la inversión de la obra	1.3
Si se puede producir pérdidas económicas no muy importantes	1.5
Si la falla del talud no causa daños	1.7

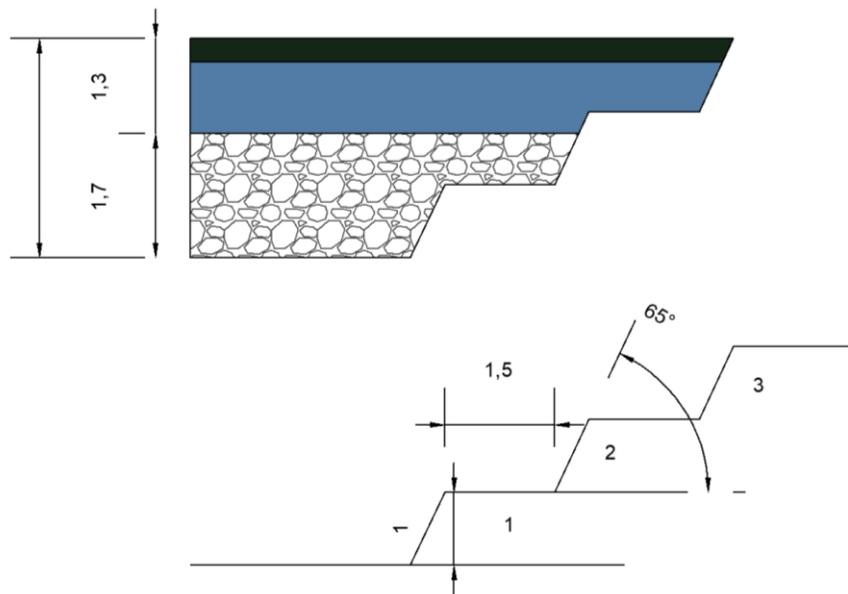


Figura 5.7 Geometría del Talud

5.4. Maquinaria y equipos

La selección de la maquinaria para las operaciones de extracción es muy importante, a partir de su selección podemos realizar el diseño, y los factores importantes para esta selección los detallamos a continuación para un óptimo rendimiento.

Para la elaboración del diseño de explotación se ha optado por la selección de la siguiente maquinaria:

- Una excavadora Komatsu PC 200,
- Un buldócer Komatsu D65
- Una volqueta HINO GH 500
- Planta de lavado MP100

Los mismos que servirán para las actividades de extracción, de la sobrecarga, grava, transporte hacia planta de lavado para su alimentación y tendido del material estéril en las escombreras.

5.4.1. Rendimiento de la Komatsu PC 200

$$QT=3600*(E/Tc)$$

$$QT= 3600 \times (0.75m^3/25.80)$$

$$QT= 104.65 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Dónde:

QT= Rendimiento

E= Capacidad del cucharón

Tc= Tiempo de ciclo

5.5. Capacidad del cucharón

5.5.1. Capacidad a ras

Volumen contenido en el cucharón después de nivelar la carga pasando un rasero que se apoye sobre la cuchilla y la parte trasera del cucharón.

5.5.2. Capacidad colmada

Es la capacidad a ras más la cantidad adicional que se acumule sobre la carga a ras a un Angulo de reposo 2:1, con el nivel a ras paralelo al sueldo.

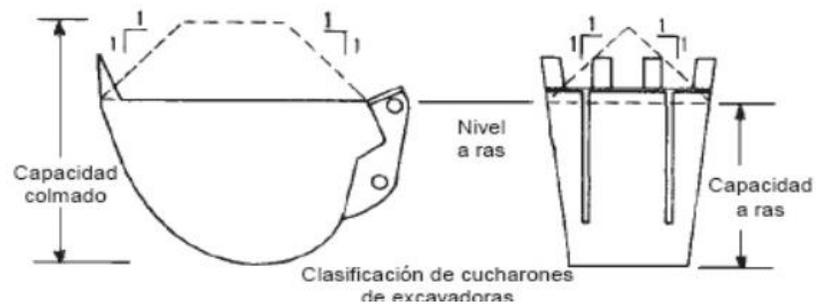


Figura 5.8 Diferencia entre capacidad de cucharón colmada y ras

5.6. Eficiencia de trabajo

La eficiencia en el trabajo (tiempo) se refiere a la pérdida del tiempo por esperas y demoras. El tiempo de espera es el período transcurrido mientras una unidad tiene que esperar a colocar otra palada en la tolva de recepción. El tiempo de demora es cualquier período que no sea tiempo de espera, cuando una máquina permanece inactiva en el sitio de trabajo.

5.7. Coeficiente de esponjamiento

El incremento de volumen, ocurre cuando un material se extrae al ser removido de su estado natural (volumen in situ) y es depositado en un sitio no confinado (volumen no confinado), a este fenómeno físico se denomina coeficiente de esponjamiento. El esponjamiento es un valor adimensional, factor importante en el análisis de movimiento de tierras, que se expresa por la relación del volumen de roca extraído para el volumen de roca en el macizo:

$$e = \frac{V_e}{V}$$

Donde,

e - Coeficiente de esponjamiento

V_e - Volumen del material después de ser arrancado, m^3

V - Volumen que la roca in situ, m^3

Para el presente estudio de investigación se consideró un coeficiente de 1,20 para la mezcla de arcilla y grava que contiene el depósito aurífero.

5.8. Procesamiento de las gravas auríferas

El proceso que se lo realiza con diferentes sistemas de clasificación y lavado de la grava aurífera mediante concentración gravimétrica. Para los depósitos de tipo aluvial las plantas de lavado han sido diseñadas para cumplir las características presentadas por el placer aluvial que se componen principalmente de arcillas, limos, arenas y gravas, en la zona de estudio se ha logrado determinar la presencia de metales en este caso el oro ha sido el metal a ser analizado y para su concentración se ha optado por la obtención de la planta de lavado MPP 100, el cual permite la recuperación de oro en grandes volúmenes de producción, y tiene una capacidad de procesamiento en tanto al lavado y clasificación de

la grava de 100m³/h, es un equipo óptimo para este tipo de operaciones mineras, diseñado para el fácil transporte dentro de las instalaciones de la concesión, se alimenta con 700 gal/h, la planta MPP100 está construida sobre un chasis remolque, su energía es producida por un motor de combustión, bomba de agua y electricidad, el cual disminuye los costos operativos y el uso de maquinaria innecesaria, la planta cuenta con 4 niveladores que posee para su fácil adaptación con el terreno, se compone de concentradores primarios por gravedad, dos centrifugadores horizontales de nombre Low-G, posee una tolva de alimentación vibratoria, clasificador por medio de una criba vibratoria, dos Low-G como concentradores primarios de oro libre, sistema de energía con paneles de control, y bomba de agua, todo montado en un remolque.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En la zona de estudio se pudo determinar las reservas de Au con una ley aproximada de 0.299 gr/m^3 dando como resultado que el proyecto no sea viable debido a que el volumen de grava aurífera a extraer sea económicamente elevado.
- Se determinó la evaluación del depósito aluvial con 3432.80 gr de Au por medio del método del inverso a la distancia, siendo el que mejor se acopló a los parámetros presentados por el depósito aluvial.
- Sabiendo que el gramo de oro aluvial esta alrededor de 25 USD por su grado de impureza y de recuperación, las reservas de Au han generado ingresos de 51491.93 USD.
- Las inversiones para las actividades pre operacionales y operacionales han generado egresos de 100048.19 USD dejando al proyecto con un déficit de 48556.26 USD por lo cual el proyecto no es viable.
- En el área de investigación no se detectaron niveles freáticos que puedan alterar el diseño de explotación por lo cual se seleccionó el método de extracción en seco.
- Los costos operacionales resultaron muy altos debido a que la cantidad de grava a producir es elevada, esto se da porque el estrato de interés se encuentra a una profundidad de 1.3 metros aproximadamente, dando así que la sobrecarga tenga un alto volumen en una hectárea.

Recomendaciones:

- El proyecto de investigación no es rentable debido al precio actual del oro, por lo que se recomienda esperar el incremento del precio.
- Se recomienda explorar mucho más las áreas aledañas al presente trabajo de investigación para poder determinar una evaluación más compleja.
- En la zona se pudo determinar un punto de equilibrio para la extracción del mineral de interés, por lo que se recomienda tener en cuenta la ley de equilibrio de 0.581 gr/m^3 para la toma de una decisión.
- Para que el proyecto sea viable, debería existir en la terraza una ley aproximada de 0.78 gr/m^3 dando de esta manera que la Tasa interna de retorno (TIR) sea del 20% que representa una utilidad óptima al momento de que la explotación se ejecute.
- Se recomienda para el proyecto aumentar el número de horas de trabajo de 8 a 10 para procesar más eficientemente las gravas auríferas y de esta manera reducir el tiempo de extracción del mineral, de esta manera se disminuyen los pagos mensuales a empleados.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Gordón, v. c. (2016). Explotación de gravas auríferas en el frente sardinas del área minera boardwalk 16, bajo el régimen de pequeña minería (bachelor's thesis, Quito: UCE.).

Annels, e. (1990), evaluación de Depósitos minerales. Ariel, Barcelona.

Barragán, g. Jorge; Carlos Ortiz; Michel z. Merlyn. “Gisements Alluviaux d’or”, la Paz, 1-5 de junio de 1991. Tomado de www.ird.fr

Cruzat, a. (2010). Prospección geoquímica aplicada a yacimientos de oro. *Andean Geology*, (21).

Guerrero, s. (1986). Búsqueda y exploración de yacimientos minerales. Llanganatis.

Jimeno, Lopez; Revuelta, Bustillo, (1997). Manual de Evaluacion y diseño de explotaciones mineras. Madrid.

Pazmiño, v. (2004). Proyecto de pre factibilidad de explotación y beneficio del mineral aluvial de “Playa rica”. Quito.

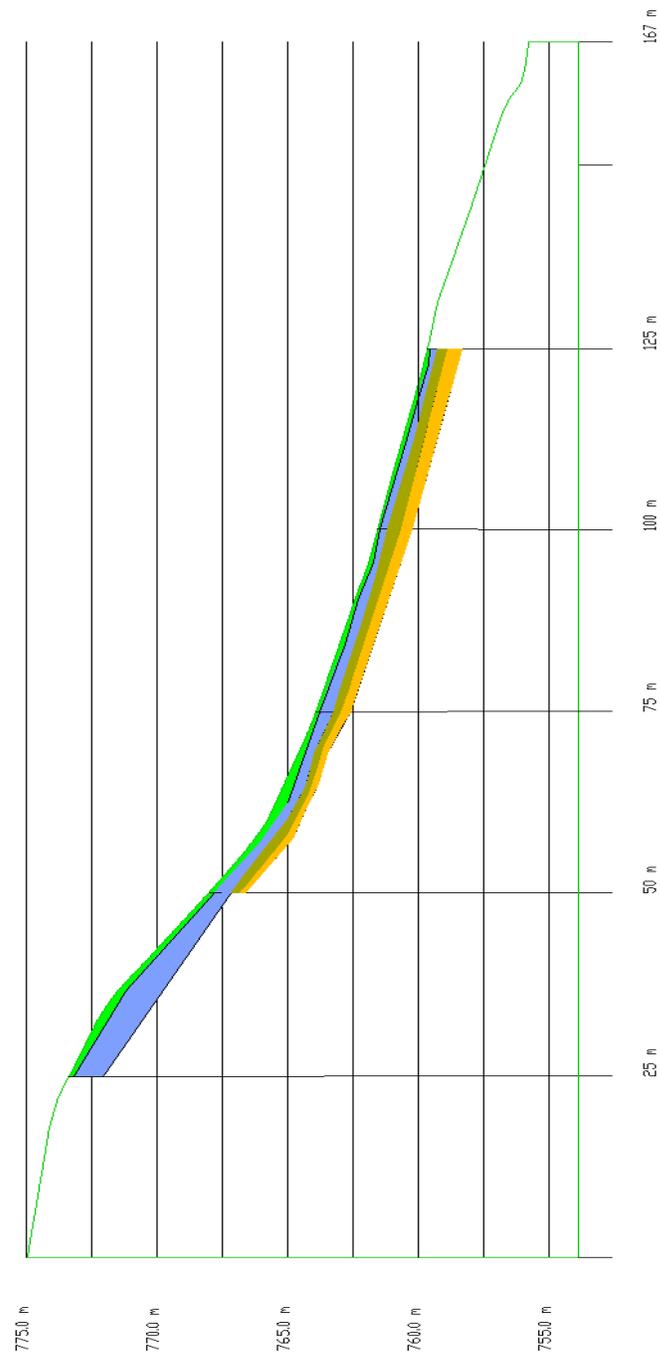
Pillajo Solórzano, a. o. (2016). Diseño de explotación del depósito aurífero aluvial río Huambuno, ubicado en la parroquia Ahuano, cantón tena, provincia de Napo (bachelor's thesis, Quito: UCE.).

Sarabia palacios, j. d. (2016). Diseño de explotación de los depósitos auríferos aluviales profundos del río Jatun yacu, área confluencia, tena (bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Zúñiga (2013), Diseño de explotación del depósito aurífero aluvial del río cachaví, frente San Antonio de la empresa nacional minera ENAMI E.P. (tesis de pregrado para la obtención de ingeniero de minas). Universidad Central de Ecuador, Quito-Ecuador.

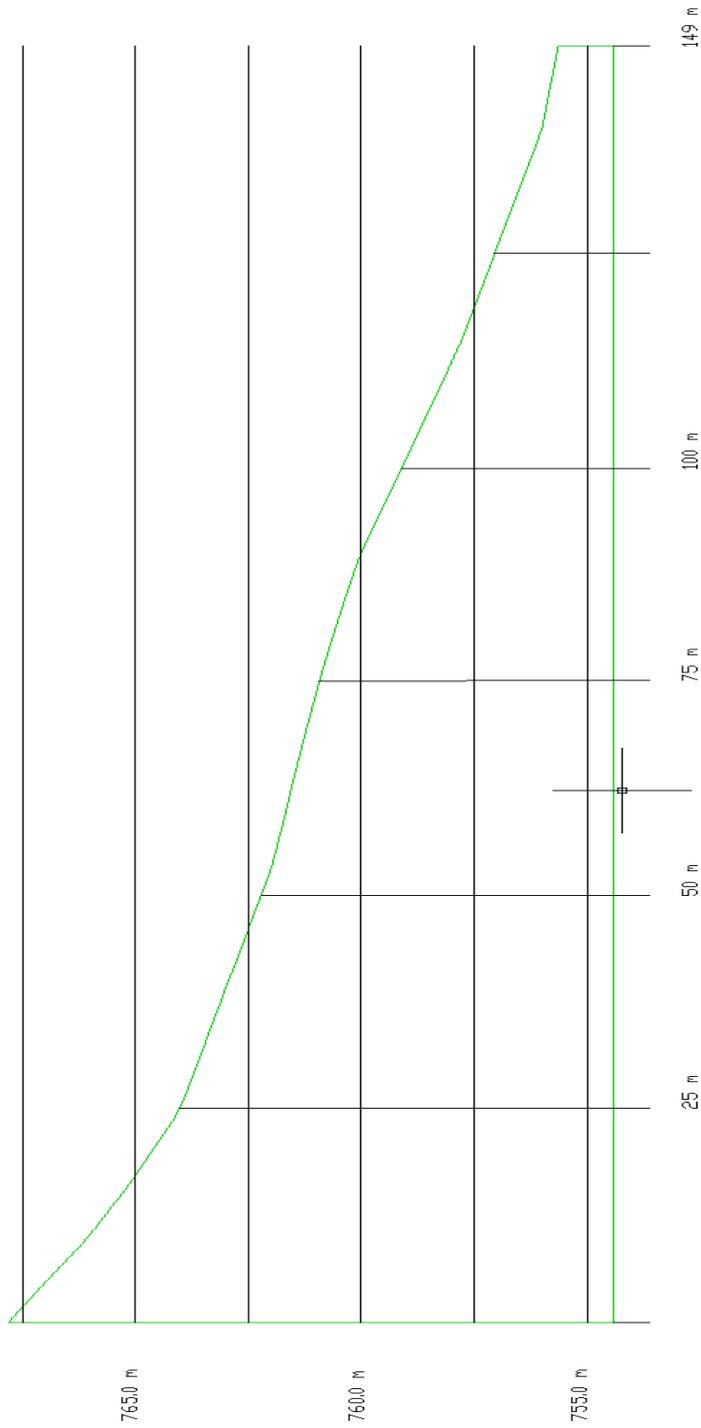
ANEXOS

Anexos 1 Perfil A1-D1



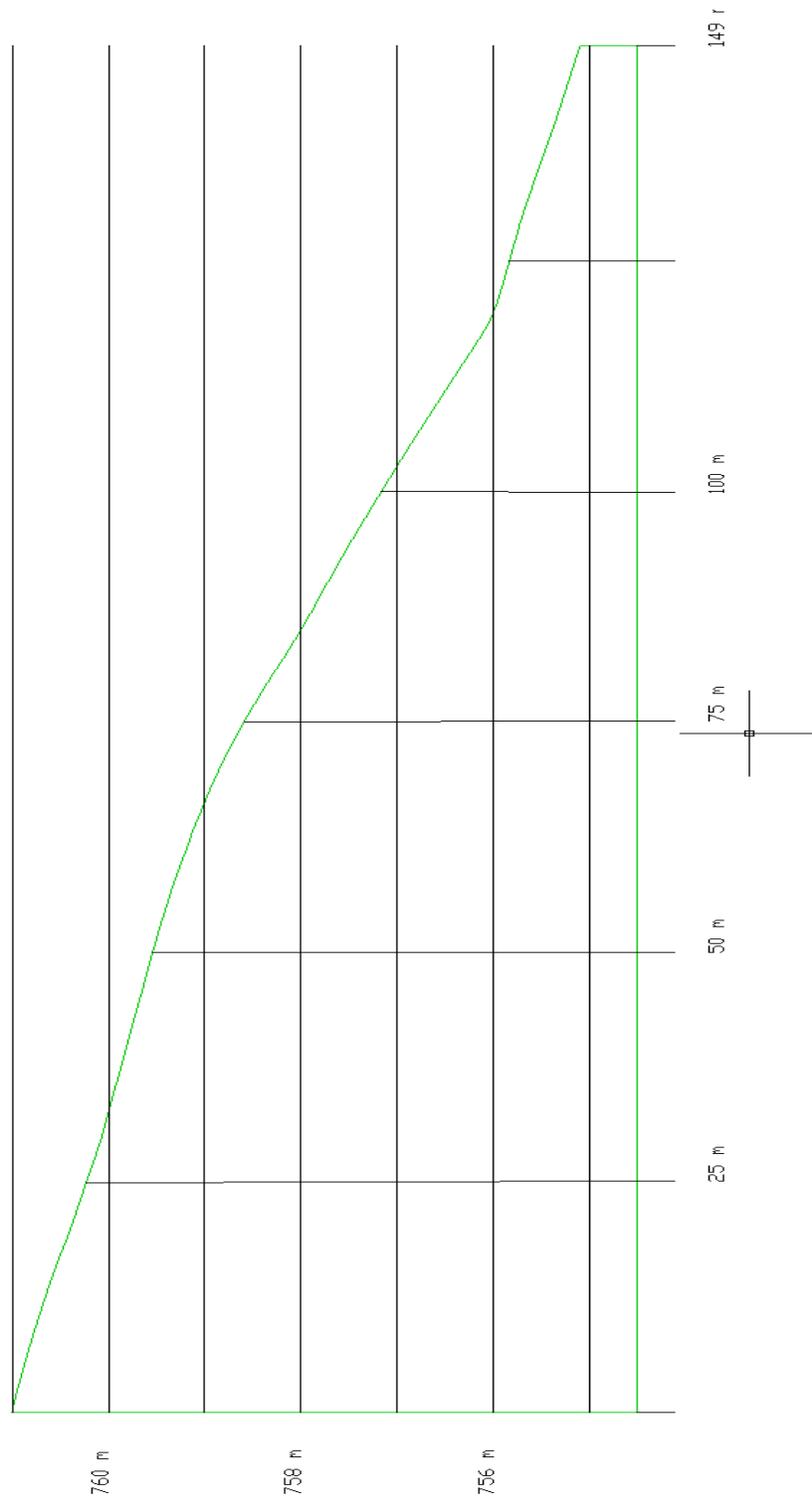
PERFIL A1-D1

Anexo 2 Perfil A2-D2



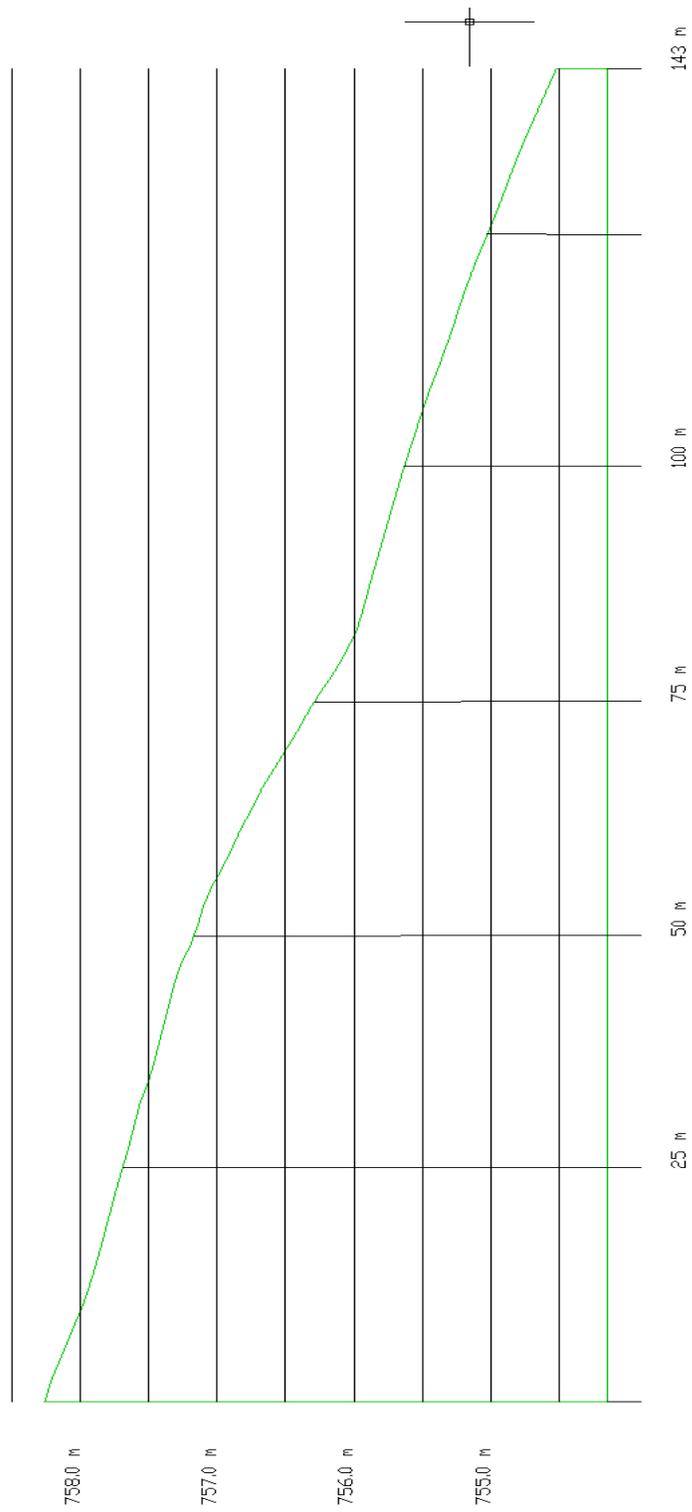
PERFIL A2-D2

Anexo 3 Perfil A3-D3



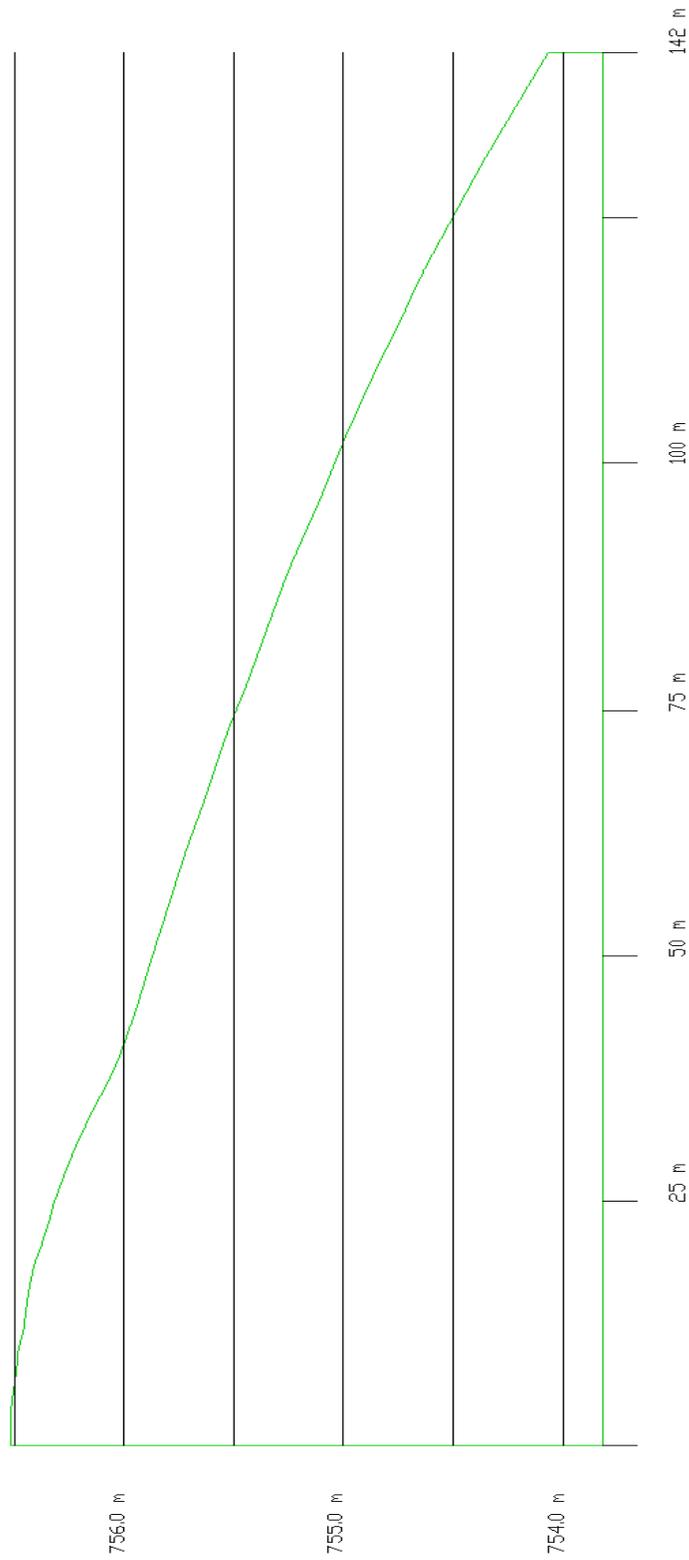
PERFIL A3-D3

Anexo 4 Perfil A4-D4



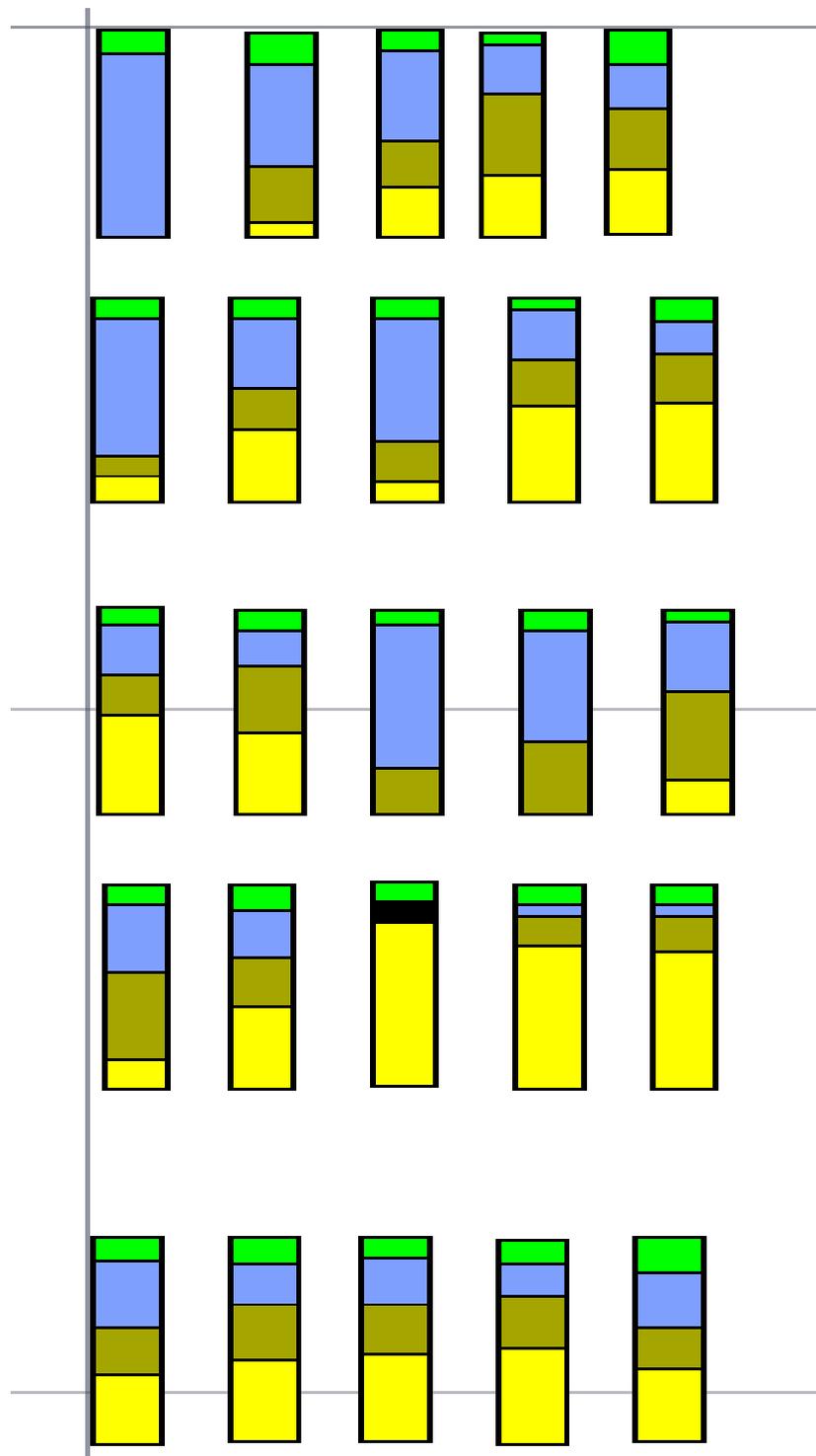
PERFIL A4-D4

Anexo 5 Perfil A5-D5

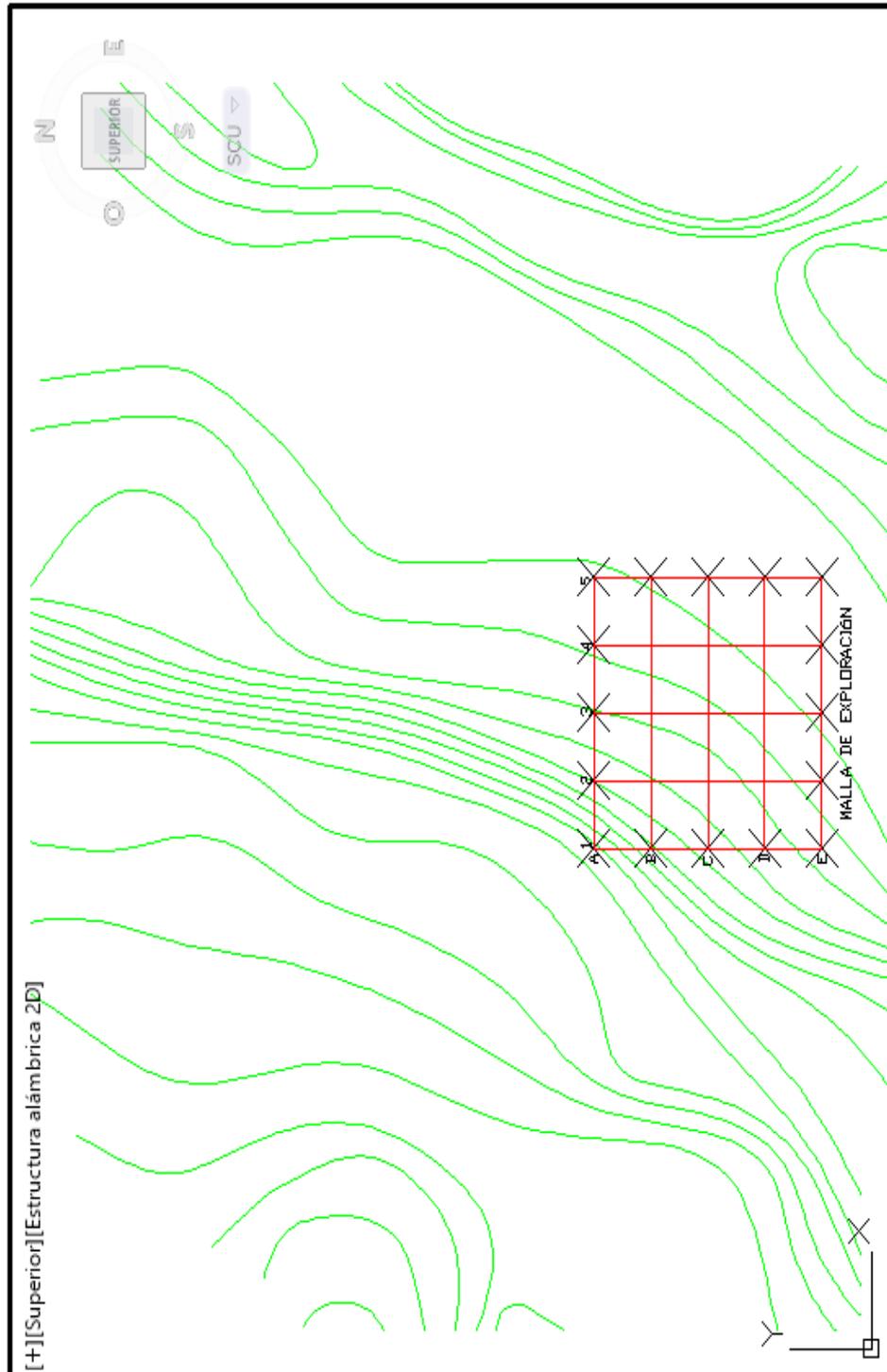


PERFIL A5-D5

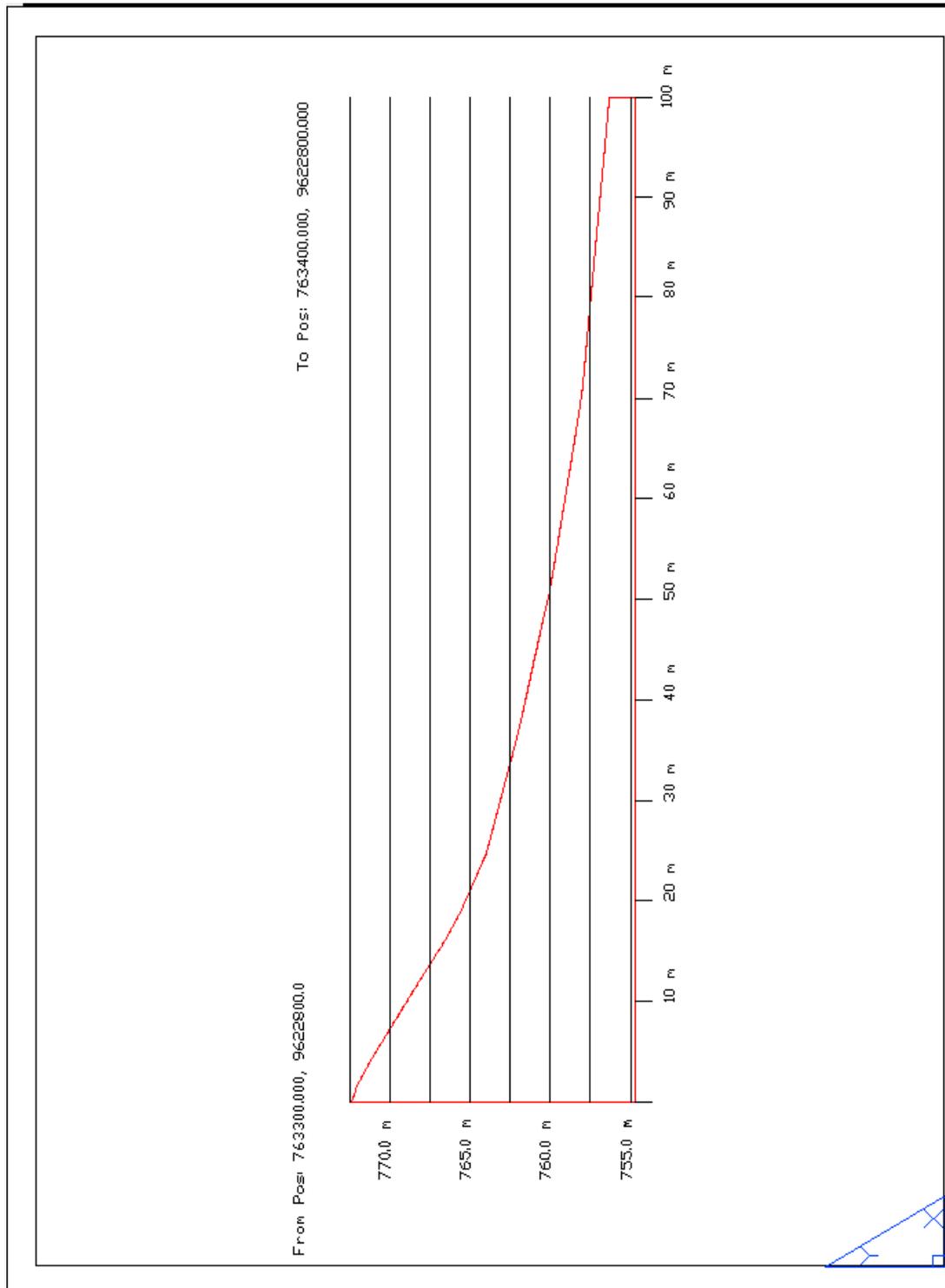
Anexo 6 Comportamiento estratigráfico



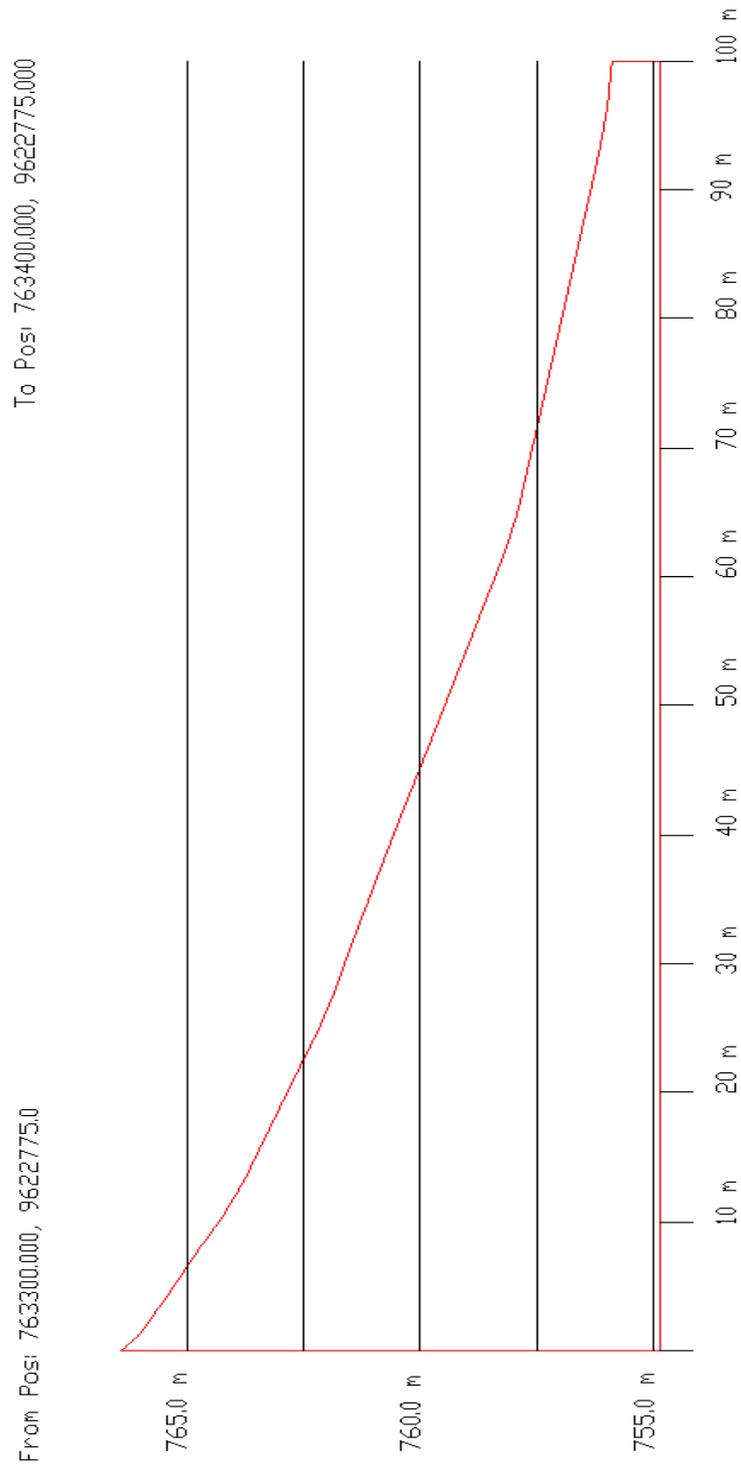
Anexo 7 Grilla de exploración.



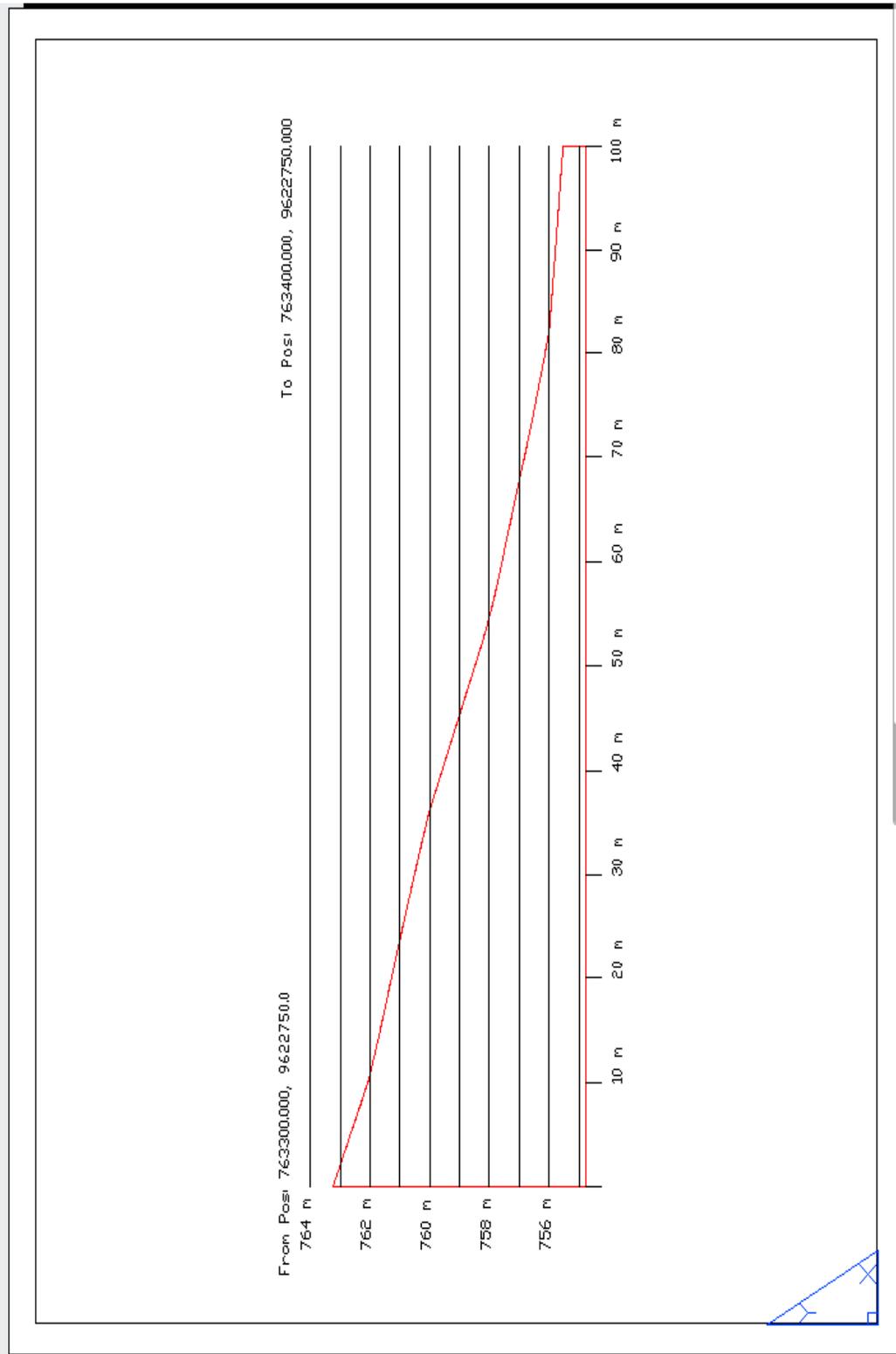
Anexo 8 Perfil A1-A5



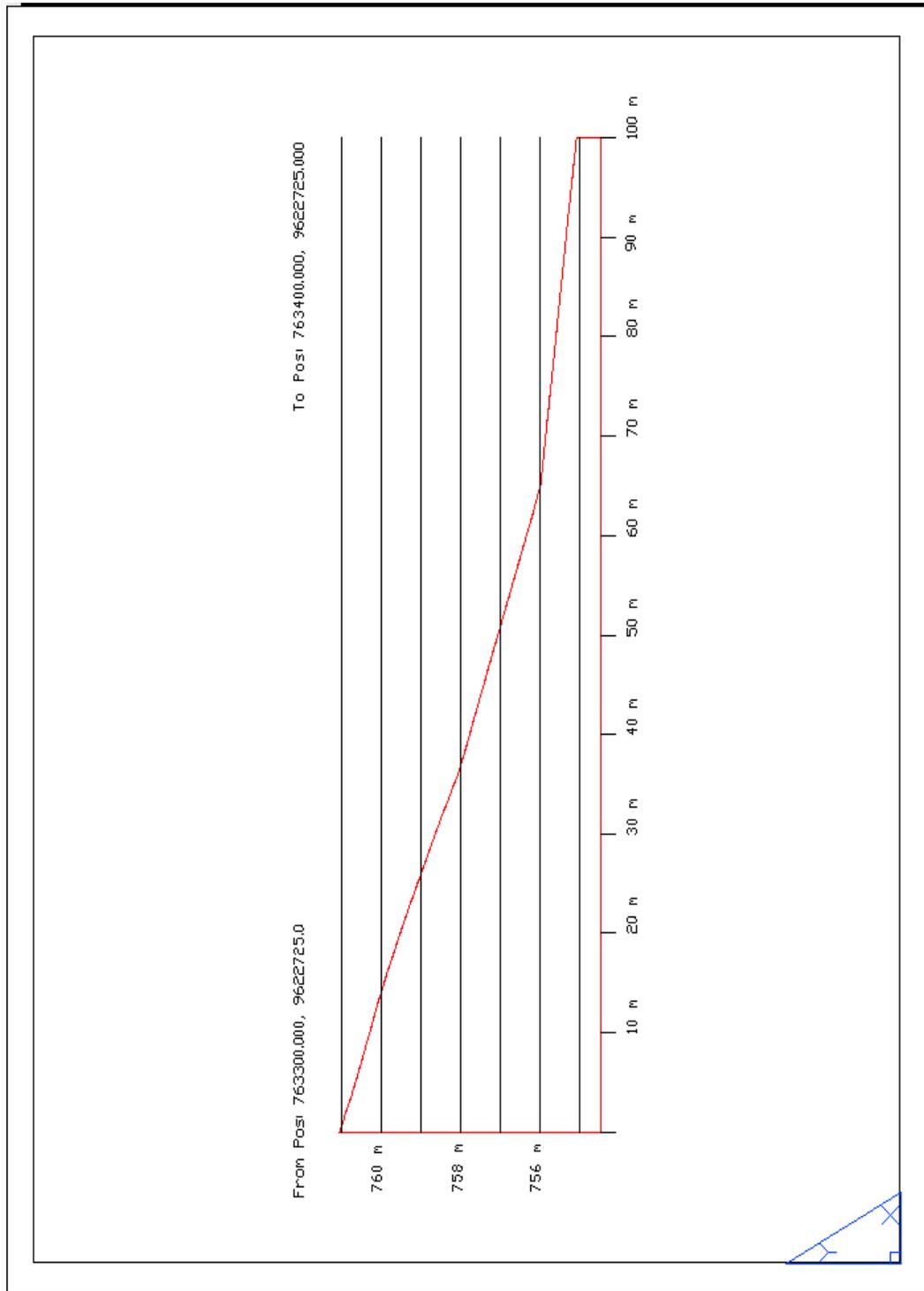
Anexo 9 Perfil B1-B5



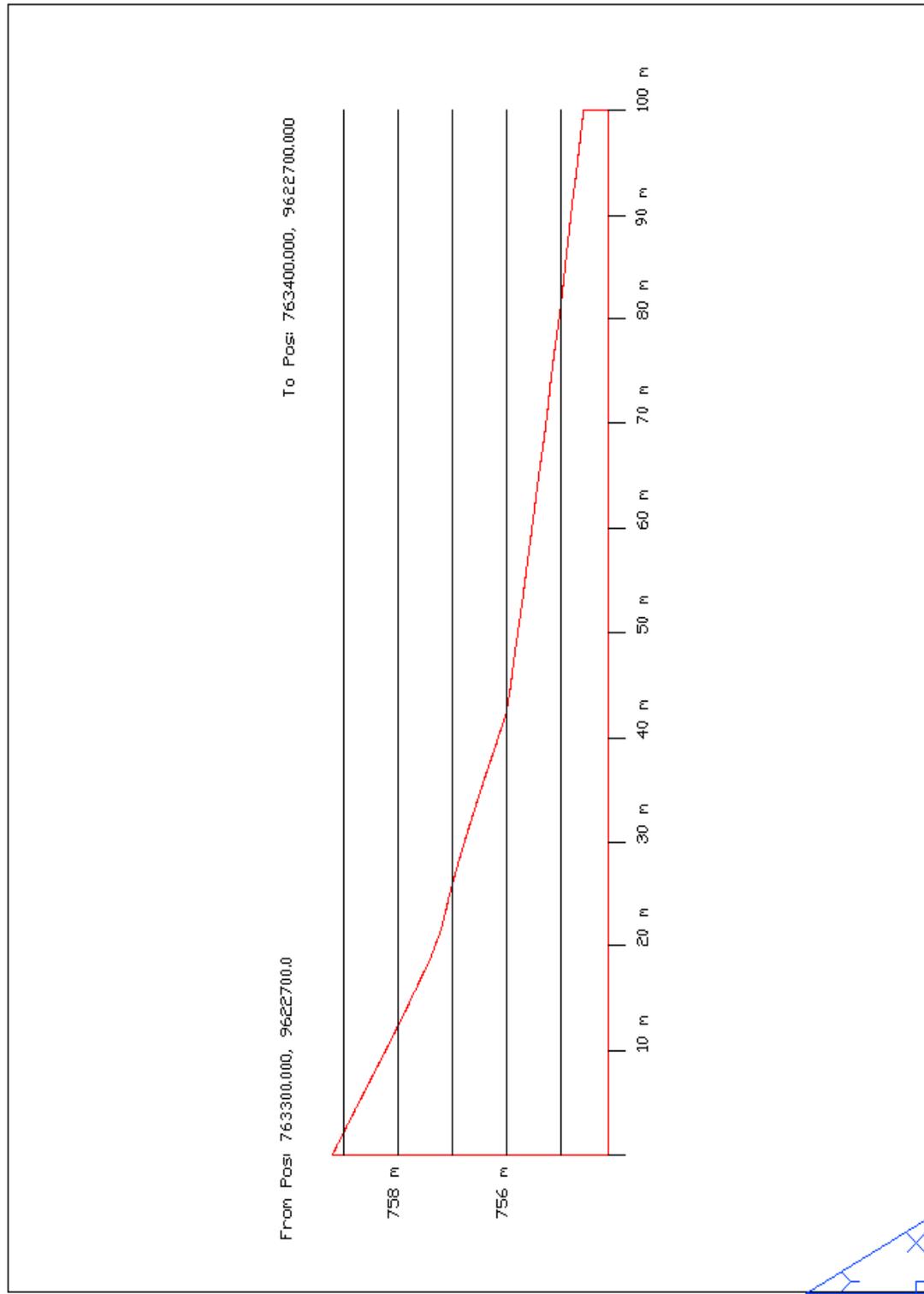
Anexo 10 Perfil C1-C5



Anexo 11 Perfil D1-D5



Anexo 12 Perfil E1-E5



Anexo 13 Vista Frontal de exploración Calicatas



Anexo 14 Convenio Marco de cooperación interinstitucional entre la Universidad del Azuay y el ministerio de minería



Ministerio
de Minería



MINISTERIO DE MINERIA

Oficio Nro. MM-SZM-CS-2017-0223-OF

Cuenca, 13 de febrero de 2017

Asunto: CONTESTACIÓN AL OFICIO S/N, SUSCRITO POR EL SR. JUAN ANDRES ZHUNIO MOROCHO, REFERENTE A LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE PROSPECCIÓN EN UNA SUPERFICIE DE UNA HECTÁREA CON FINES DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS.

Juan Andres Zhunio Morocho
En su Despacho

De mi consideración:

Con un cordial saludo, por medio del presente y en atención al Oficio S/N, suscrito por el Sr. Juan Andrés Zhunio Morocho e ingresado a esta Dependencia Ministerial con el trámite Nro. 000066, mediante el cual solicita la autorización de prospección en una hectárea con fines de investigación para el desarrollo del trabajo de tesis y previo a la obtención del título de Ingeniero de Minas, basado en el CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY Y EL MINISTERIO DE MINERÍA.

Esta Dependencia Ministerial luego del análisis de la solicitud referida, le comunica a usted lo siguiente:

- Con trámite Nro.0002607, el Sr. Juan Andrés Zhunio Morocho solicita a esta Subsecretaría Zonal de Minería Centro Sur el archivo del permiso de minería artesanal del área denominada CUCHIPAMPA código 990037, para lo cual se indica el punto de coordenadas PSAD 56 Este 763405.86; Norte 9623089.31, el mismo que se encuentra totalmente fuera del permiso artesanal antes indicado.
- Con trámite Nro. 000066, el Sr. Juan Andrés Zhunio Morocho solicita la autorización de prospección en una hectárea con fines de investigación, el punto de coordenadas manifestado en PSAD 56 Este 763400; Norte 9623000, el mismo se encuentra totalmente fuera del permiso artesanal denominada CUCHIPAMPA código 990037, por lo que se solicita la rectificación o ratificación del mismo.
- En caso de rectificar el punto de coordenadas, y el mismo encontrarse dentro del permiso de minería artesanal CUCHIPAMBA código 990037, las acciones a realizar son:
 - La Subsecretaría Zonal de Minería Centro Sur, procederá a la extinción del permiso de minería artesanal del área CUCHIPAMBA código 990037, por no cumplimiento de los Actos Administrativos previstos en el Art. 26 de la Ley de Minería, basado en los informes enviados por ARCOM-MACAS.
 - Al estar la solicitud de prospección, basada en el CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNIVERSIDAD



Ministerio
de Minería



MINISTERIO DE MINERÍA

Oficio Nro. MM-SZM-CS-2017-0223-OF

Cuenca, 13 de febrero de 2017

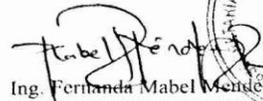
DEL AZUAY Y EL MINISTERIO DE MINERÍA, debe ser realizada por el administrador del contrato por parte de dicha universidad, con la finalidad de brindar un mayor soporte y asesoramiento al trabajo investigativo, adjuntando un resumen de las actividades prospectivas a realizar. En caso de pretender, la realización de la fase de exploración y explotación, deberá sujetarse a toda la normativa establecida para el efecto.

- Se autorizará la prospección en el área solicitada luego de la desgraficación del catastro minero del área CUCHIPAMBA código 990037, tomando en consideración el Art. 28 de la Ley de Minería y el Art. 32 del Reglamento Ambiental de Actividades Mineras; así como, el objeto del convenio que manifiesta: "(...) *El objeto del presente convenio consiste en la cooperación mutua para desarrollar proyectos y actividades de interés para ambas instituciones, en el ámbito académico, investigativo, social, científico, tecnológico y la vinculación de la comunidad en su región.* (...)”

Particular que comunico para los fines pertinentes de acuerdo a la normativa vigente.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,


Ing. Fernanda Mabel Méndez Rojas



SUBSECRETARIA ZONAL DE MINERÍA CENTRO SUR (ZONA 6)

Referencias:

- MM-SZM-CS-2017-0115-CD

Anexos:

- 0066_anexo.pdf

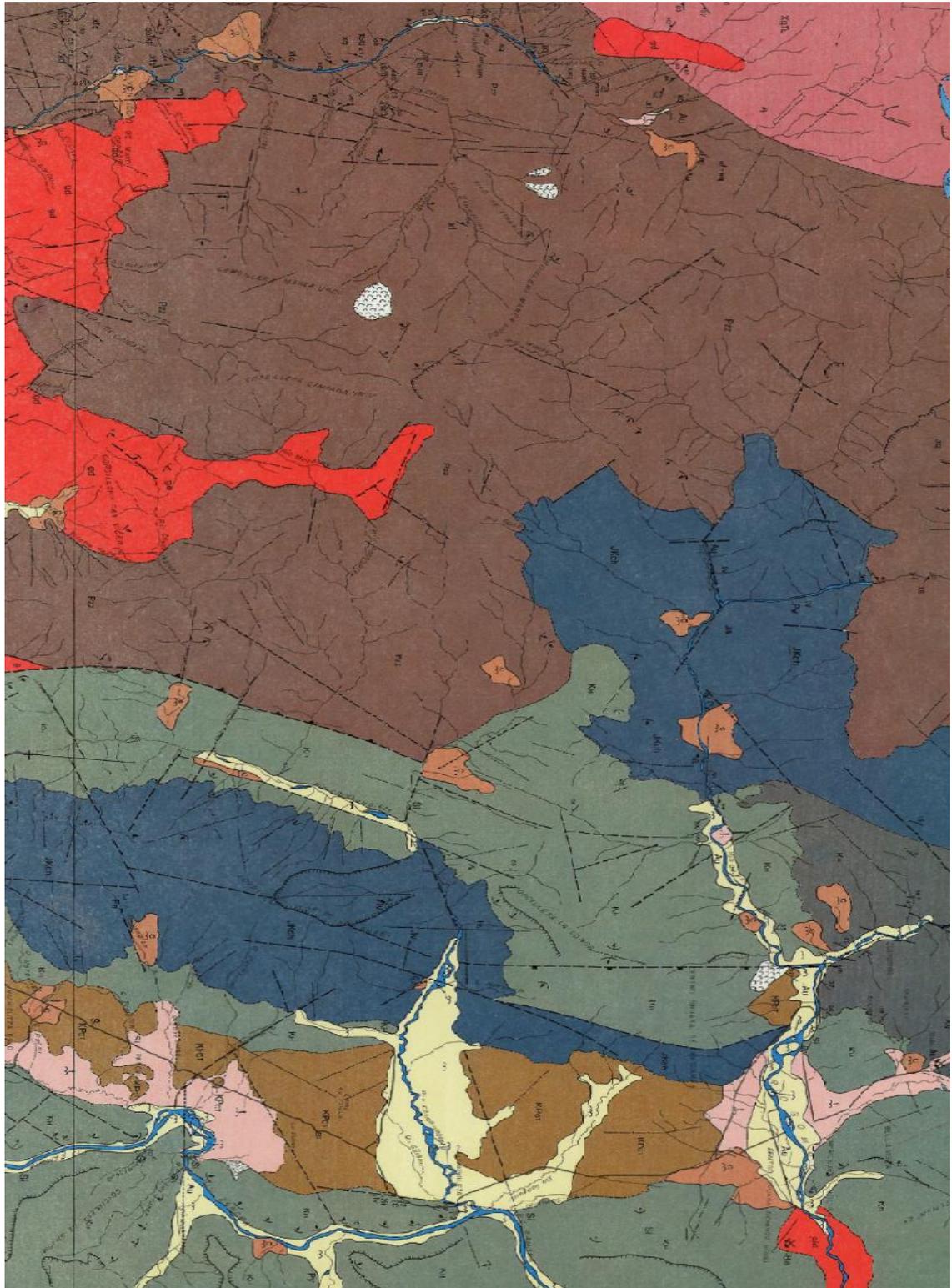
Copia:

Señor
Javier Felipe Córdova Unda
Ministro

Señor Máster
Galo German Armas Espinoza
Viceministro de Minería

re/fm

Anexo 15 Mapa Geológico Gualaquiza



Anexo 16 Leyenda Mapa Geológico Gualaquiza

