

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE
TALADROS LARGOS PARA LA RECUPERACIÓN DEL
RELLENO DETRÍTICO EN SIERRA ANTAPITE - 2019.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:
Bach. Cheldo CANALES DAVILA**

**ASESOR:
Mg. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO**

Ayacucho - Perú

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 058-2022-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 213-2022-FIMGC-D**, siendo los nueve días del mes de agosto del 2022, a horas 9:30 a.m.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO**, Jurado el **MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado Asesor el **Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada “**EVALUACION DEL METODO DE EXPLOTACION DE TALADROS LARGOS PARA LA RECUPERACION DEL RELLENO DETRITICO EN SIERRA ANTAPITE - 2019**”, sustentado por el Señor **Cheldo CANALES DAVILA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por Dr. Ing. Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2022.08.17 11:12:13 -09'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO
Jurado



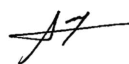
Firmado digitalmente por Mg. Ing. Roberto J. Gutierrez Palomino

Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO
Jurado - Asesor



Firmado digitalmente por Mg. Ing. Ccatamayo Barrios Johnny Henry
Fecha: 2022.08.09 11:23:00 -05'00'

MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado



Firmado digitalmente por LEZAMA CUELLAR CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

DEDICATORIA

*A nuestro Dios universal por darnos la
felicidad de estar vivos.*

*A papa y mama por su ejemplo de vida
y formarme como una persona de bien
a la sociedad.*

AGRADECIMIENTO

En definitiva, a mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, quienes con su experiencia y actitud formaron esa curiosidad y posterior profesionalización en los estudios de minería.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Fundamento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivo específicos	2
1.4. Justificación importancia del proyecto	2
1.5. Importancia.	2
1.6. Alcances y limitaciones de la investigación.	3
1.6.1. Alcances	3
1.6.2. Limitaciones.....	3
1.7. Hipótesis.....	3
1.7.1. Hipótesis general.....	3
1.7.2. Hipótesis específicas	3
1.8. Variables e indicadores	4
1.8.1. Variable dependiente.....	4
1.8.2. Variable independiente	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Información general	5
2.1.1. Ubicación	5
2.1.2. Acceso.....	6

2.1.3.	Clima y vegetación.....	6
2.1.4.	Hidrografía.....	6
2.1.5.	Geología.....	7
2.2.	Antecedentes de la investigación.....	13
2.3.	Definiciones de concepto.....	18
2.4.	Geomecánica.....	24
2.4.1.	Caracterización geomecánica de la masa rocosa.....	24
2.4.2.	Discontinuidades.....	25
2.4.3.	Macizo rocoso.....	25
2.4.4.	Resistencia rocosa.....	28
2.4.5.	Agua subterránea.....	30
2.4.6.	Esfuerzos.....	31
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		32
3.1.	Tipo de investigación.....	32
3.2.	Nivel de investigación.....	32
3.3.	Diseño de investigación.....	32
3.4.	Población y muestra.....	33
3.4.1.	Población.....	33
3.4.2.	Muestra.....	33
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5.1.	Técnicas.....	33
3.5.2.	Instrumentos.....	34
3.6.	Unidad de análisis.....	34
CAPÍTULO IV EVALUACIÓN DE MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....		35
4.1.	Plan piloto.....	35
4.2.	Caracterización de la variable de estudio.....	36
4.3.	Estadística descriptiva de las variables de investigación.....	36
4.3.1.	Probabilidad de ocurrencia.....	36
4.3.2.	Análisis distribución Gauss y Log Norm.....	38
4.4.	Análisis por Veta: Zorro Rojo.....	39
4.5.	Análisis por Veta: Antapite.....	41
4.6.	Análisis por Veta: Pampeñita.....	42

4.7.	Reinterpretación de los recursos	45
4.8.	Redimensionamiento de la operación	45
4.9.	Aspecto geomecánico	46
4.9.1.	Aspecto estructural.....	46
4.9.2.	Aspecto geológico.....	46
4.10.	Selección del método de minado con Nicholas	46
4.10.1.	Sub level stoping - SLS.....	47
4.10.2.	Prueba de hipótesis.....	48
 CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS		49
5.1.	Maximizar el valor de venta de la empresa.....	49
5.1.1.	Distribución de recursos.....	49
5.1.2.	V.A.N.....	50
5.2.	Modernizar los procesos de la empresa	50
5.3.	Métodos de explotación seguro.....	50
5.4.	Política de productividad y costos bajos	50
5.5.	Beneficio tras la implementación del método.....	51
5.6.	Interpretación de resultados	52
 CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES		55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		56
ANEXOS.....		57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Principales sistemas de discontinuidades veta Zorro Rojo25
Tabla 2.	Valoración de RQD a lo largo de la estructura26
Tabla 3.	Calidad masa rocosa veta Zorro Rojo27
Tabla 4.	Clasificación y calidad del Macizo Rocosó RMR27
Tabla 5.	Resultados de los ensayos de carga puntual.....29
Tabla 6.	Parámetros de resistencia de la masa rocosa Hoek y Bronw29
Tabla 7.	Parámetros de resistencia de la masa rocosa Morh Coulomb30
Tabla 8.	Muestreo.....35
Tabla 9.	Resultado de leyes.....45
Tabla 10.	Diferencia de método de explotación.....47
Tabla 11.	Correlaciones de los factores influyentes y la producción.....48
Tabla 12.	Distribución relleno 2019.....49
Tabla 13.	Distribución recursos in situ y relleno, julio 201949
Tabla 14.	VAN del proyecto50
Tabla 15.	Producción anual y costos por método.....50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación	5
Figura 2. Mapa mineralógico.....	12
Figura 3. Modelo de método de explotación	17
Figura 4. Ventanas	35
Figura 5. Porcentaje acumulado	37
Figura 6. Comportamiento de las leyes	37
Figura 7. Comportamiento estadístico.....	38
Figura 8. Comportamiento estadístico.....	38
Figura 9. Comportamiento estadístico.....	39
Figura 10. Evaluación de leyes.....	40
Figura 11. Evaluación de leyes.....	41
Figura 12. Evaluación de leyes.....	42
Figura 13. Evaluación de leyes.....	43
Figura 14. Evaluación de leyes.....	44
Figura 15. Redimensionamiento.....	45
Figura 16. Labores en Sierra Antapite.....	45
Figura 17. Selección de método	46
Figura 18. Estándar diseño de perforación en taladros largos.....	47
Figura 19. Recuperación de finos	51

RESUMEN

Sierra Antapite S.A.C. es una empresa minera que pertenece al grupo Sierra Sun Group, que es un holding de Perú que une a cuatro empresas de mediana minería Mina, en diciembre de 2016, Sierra Sun adquirió la mina que descubrió y operó Cía. de Minas Buenaventura. Esto cuando Cía. de Minas Buenaventura tenía dos años de paralización de sus operaciones por problemas sociales principalmente, tras 14 años de operación continua en las cuales tuvo una producción de 800,000 onzas de oro, el cual nos da aproximadamente 57,000 onzas al año. en la actualidad se encuentra en producción sin embargo se la posibilidad de mantener continuidad de mineral en planta nos hace evaluar recuperar tajeos antiguos que fueron rellenados con material detrítico de buena ley mineral, el resultado de esta evaluación aumentara la producción del mineral. Es importante destacar que en los tiempos que fueron trabajados por compañía minera buenaventura este relleno detrítico era de baja en ley o un mineral no rentable. Esta necesidad de recuperar este mineral nos obliga a evaluar un método de explotación que nos permita trabajar a costos económicos rentables, buena producción y manteniendo la seguridad durante las operaciones. Entonces en relación a esta necesidad operativa describimos nuestro problema general el cual es: ¿De qué manera influye el método de explotación por taladros largos en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite?. Este problema nos permite plantear nuestro objetivo general el cual es: Evaluar el método de explotación por taladros largos para la recuperación de los rellenos detríticos en Sierra Antapite – 2019. El problema planteado y el objetivo descrito nos permite plantear y demostrar la siguiente hipótesis: La evaluación del método de explotación por taladros largos influye en el minado de la recuperación de rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite. Demostrado la hipótesis concluimos y recomendamos considerando la bibliografía aplicada además de los anexos.

Palabras clave: Tajeos, relleno detrítico, método de minado, taladros largos, factores geológicos, factores geomecánicas, recuperación de relleno.

ABSTRACT

Sierra Antapite S.A.C. is a mining company that belongs to the Sierra Sun Group, which is a holding company in Peru that unites four medium-sized mining companies. Mine, in December 2016, Sierra Sun acquired the mine discovered and operated by Cía. of Buenaventura Mines. This when Cía. de Minas Buenaventura had stopped its operations for two years mainly due to social problems, after 14 years of continuous operation in which it had a production of 800,000 ounces of gold, which gives us approximately 57,000 ounces per year. It is currently in production, however if the possibility of maintaining mineral continuity in the plant makes us evaluate recovering old pits that were filled with detrital material of good ore grade, the result of this evaluation will increase mineral production. It is important to point out that at the time that the Buenaventura mining company worked, this detrital fill was of low grade or an unprofitable mineral. This need to recover this mineral forces us to evaluate an exploitation method that allows us to work at profitable economic costs, good production and maintaining safety during operations. Then, in relation to this operational need, we describe our general problem, which is: How does the long-drill exploitation method influence the recovery of detrital fillings in the Sierra Antapite mine?. This problem allows us to set our general objective which is: Evaluate the method of exploitation by long drills for the recovery of detrital fillings in Sierra Antapite - 2019. The problem posed and the objective described allow us to propose and demonstrate the following hypothesis: The evaluation of the exploitation method by long drills influences the mining of the recovery of detrital fills in the Sierra Antapite mine. Once the hypothesis has been demonstrated, we conclude and recommend considering the applied bibliography in addition to the annexes.

Keywords: Tajeos, debris fill, mining method, long holes, geological factors, geomechanical factors, fill recovery.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FUNDAMENTO DEL PROBLEMA

Las operaciones por parte de buenaventura al inicio era una extracción de mineral del depósito mineralizado, esta extracción estaba centralizado en los lugares donde se tenía leyes altas, obviando los de ley media sin extracción y los de ley baja en esa época se usaban como utilizados relleno detrítico en los tajos, sin embargo actualmente considerando el alto precio de los minerales se convierte en económicamente explotable, considerando el agotamiento de reservas en el proyecto se tiene la necesidad de extraer el mineral aplicando un método de explotación económico y seguro que garantice el continuo abastecimiento de la planta de tratamiento.

A esto se debe de considerar la seguridad integral de los trabajadores los cuales realizaran actividades de alto riesgo en labores ya explotadas, abandonadas y clausuradas en algunos casos.

Es importante describir que un incumplimiento de la política, estándar, procedimiento, instructivo, protocolo, va a determina que se tenga o se maximice la producción, pero a riesgo de la integridad de los trabajadores, por eso es indispensable que los responsables consideren dentro de las operaciones la aplicación de la gestión de seguridad y salud ocupacional par al logro del objetivo.

Bajo esta nueva condición se tiene que realizar una evaluación geológica, mineralógica, geomecánica de estas labores, los resultados de esta evaluación determinaran la aplicación del método con la que se recuperara el relleno detrítico de estos tajeos de esta manera considerar la aplicación de cambiar la mina a operaciones completamente mecanizadas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye el método de explotación en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la implementación del sistema de minado en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite?
- ¿Cómo la gestión del talento humano influye en la productividad de acuerdo al minado del relleno detrítico en la mina Sierra Antapite?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el método de explotación de taladros largos para la recuperación de los rellenos detríticos en sierra antapite-2019

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la implementación de un método de explotación para el minado en la recuperación de los rellenos detríticos.
- Verificar que la gestión del talento humano influye en la productividad del minado en la recuperación del relleno detrítico.

1.4. JUSTIFICACIÓN IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Para desarrollar esta investigación consideramos que la justificación se basa en la inestabilidad de la economía del mercado internacional y en las cotizaciones variables del metal para nuestro caso el oro, esto motiva a innovar, investigar y proponer mejoras de los métodos de explotación convencional subterránea, para esto se plantea emplear tecnología, equipos de automatizados, de esta manera se buscara la optimización de los procesos en las operaciones unitarias, de esta manera se lograra que la producción aumente y los costos de producción se reduzcan en la unidad minera sierra Antapite.

1.5. IMPORTANCIA

La importancia de este trabajo de investigación está centrada en la aplicación de

tecnologías modernas en las operaciones mineras que van a permitir que se dinamice la minería.

Dentro de la importancia social se relaciona con el trabajador, en la empresa minera se debe de tener una evaluación de riesgos de esta manera se pueden controlar los accidentes estos deben de centrarse los peligros de las operaciones del método de explotación propuesto.

Implementar un programa de control de riesgo operacional alineado al diseño del método de explotación propuesto nos da condiciones favorables de trabajo ya que considera:

- La protección física de los trabajadores.
- Influye en la reducción de costos.
- Mantiene en buenas condiciones equipo, herramienta, materiales y áreas de trabajo.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Alcances

El alcance de esta investigación está relacionada a la unidad minera sierra Antapite en las labores donde se aplicará el método de explotación propuesto donde se considera todo factor geológico, mineralógico y geomecánico de las labores con relleno detrítico.

1.6.2. Limitaciones

En cuanto a limitaciones, se considera la dificultad para conseguir planos, valores geomecánicos, por lo que se tuvo que considerar otras investigaciones ara poder consolidar esta investigación.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis general

La evaluación del método de explotación taladros largos influye en el minado de la recuperación de rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite

1.7.2. Hipótesis específicas

- El minado del método de explotación de taladros largos influye significativamente en la recuperación de relleno detrítico en la mina Sierra Antapite.

- La gestión del talento humano influye significativamente en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.

1.8. VARIABLES E INDICADORES

1.8.1. Variable dependiente

Método de Explotación

Indicadores

- Forma del Yacimiento
- Potencia de veta
- Inclinación
- Resistencia de la roca
- Espaciamiento entre fracturas
- Resistencia de las discontinuidades

1.8.2. Variable independiente

Recuperación de los rellenos detríticos

Indicadores

- Ley
- Volumen
- Tonelaje
- Rentabilidad económica

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL

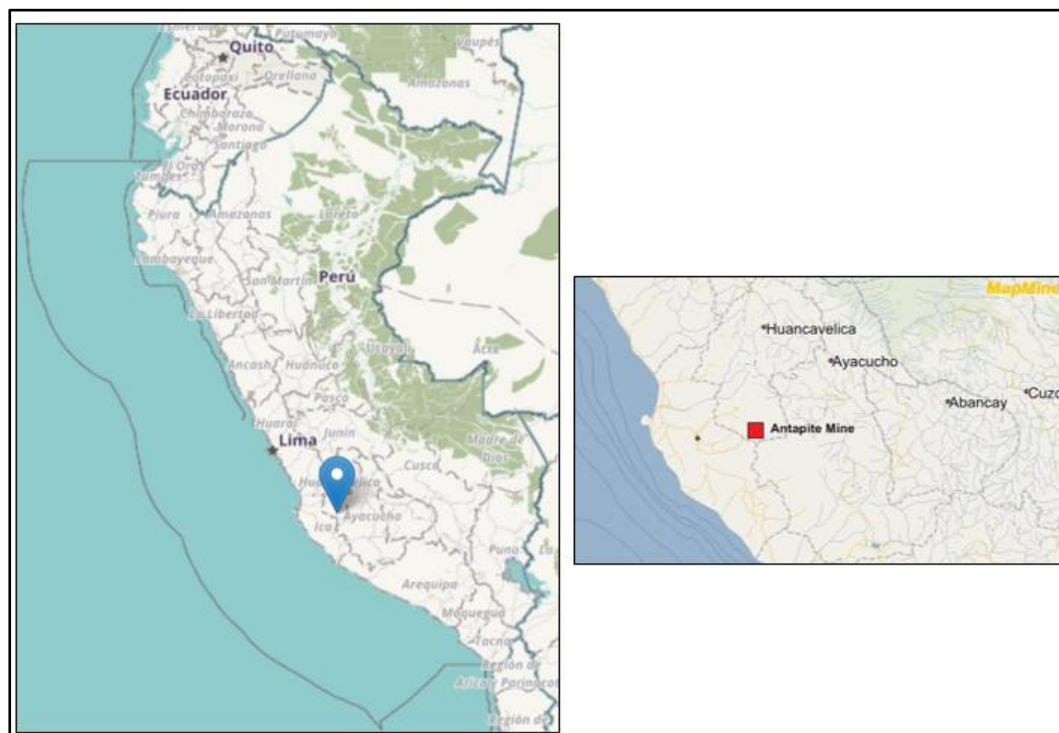
2.1.1. Ubicación

La ubicación de “Mina Antapite se ubica en la comunidad del mismo nombre, en la provincia de Huaytara y en el departamento de Huancavelica, ubicada a 3300 msnm, específicamente en las cabeceras de los ríos Ica y Grande.

Geográficamente, el área del proyecto se encuentra en el flanco occidental de la vertiente del Pacífico, en cuyo alrededor existen los cerros Huinchulla (W), Campanayoc (SW) y Condorsencca (NW).” Condori A. (2021)

Figura 1.

Mapa de ubicación



Fuente: Sierra Antapite.

2.1.2. Acceso

El ingreso y “el acceso desde Lima a la mina Antapite es a través de la Panamericana Sur hasta la ciudad de Ica.

En el Km 303 se encuentra el centro poblado Los Aquijes y desde este lugar se toma el desvío con dirección Este.

Siguiendo esta vía se llega al centro poblado de Córdova y posteriormente a la UEA Antapite, que dista aproximadamente 6 km del proyecto.

El recorrido desde el desvío Los Aquijes hasta el proyecto es sobre carretera afirmada y/o trocha.” Condori A. (2021)

2.1.3. Clima y vegetación

Huamán L. (2013) describe en su tesis “COSTOS EN LA CONSTRUCCION DEL PIQUE 500 EN LA U.E.A DE ANTAPITE - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A describe que el clima es ligeramente frio en las partes altas como en las localidades de Ocobamba y Laramarca, y templado a cálido en los valles profundos en las localidades de Ocoyo y Tibillo.

Los recursos locales son muy escasos. En la zona de estudio se observa una incipiente agricultura, la misma que aumenta hacia las partes bajas de las cabeceras del Rio Grande, localidades de Ocoyo, Tibiilos, Ayamarca, Querco.

El agua esté limitada a filtraciones que discurren principalmente por las quebradas Chilhuacocha, Chocilanca y Suyto, las mismas que son utilizadas a través de canales de regadío para la agricultura de la zona.”

2.1.4. Hidrografía

Huamán L. (2013) describe en su tesis “COSTOS EN LA CONSTRUCCION DEL PIQUE 500 EN LA U.E.A DE ANTAPITE - CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A describe que sobre los 3,800 msnm el relieve es de sierra alta, con superficies onduladas y suaves; a menor cota la superficie más agreste, controlada por la acción erosiva de los ríos juveniles que forman lechos profundos en relación con el

levantamiento de los Andes, la cota más baja es de 1,800 msnm en la localidad de Ocoyo, en el lecho del río Grande y la más alta de 4370 msnm en el punto conocido como cerro Huaranjayoc, al NE.”

2.1.5. Geología

a) Geología general

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que en el área de la mina Antapite se observa la presencia de roca volcánica y volcanosedimentarias de probable edad Eoceno-Oligoceno (Cenozoico), ubicadas en discordancia sobre un substrato pre-volcánico Mesozoico (Formaciones Labra, Gramadal, Hualhuani, Chaclatacama y Chúlec) y también sobre las unidades del Batolito de la Costa Peruana. Las unidades basales, comprenden a una serie volcánica Terciaria que varía desde andesitas basálticas a dacitas y que tentativamente ha sido dividida en un conjunto basal piroclástica conformado por tobas, dispuestas sobre el Batolito de la Costa Peruana.

La Unidad Inferior está compuesta por lavas, domos y brechas inferiores (Machucancha) y tobas y lahares (Chonura), todos de naturaleza andesítica a andesítica basáltica con facies fragmentales de brechas polimíticas y autobrechas. La Unidad Intermedia está compuesta por lavas, domos y brechas intermedias, lahares y tobas de naturaleza que varían de lavas andesíticas a basálticas con plagioclasa labradorítica, clino y orto piroxenos.

Además, presenta brechas con matriz de aspecto tufáceo. En estas secuencias se presentan intercalaciones de arenitas gruesas tufáceas hasta limolitas arcillosas pobremente laminadas.

La Unidad Superior está compuesta por acumulaciones volcano sedimentarias y piroclásticas que tienden a rellenar depresiones tectónicamente controladas, entre otras, como la Unidad Mamahuanga. Estas rocas por lo general son de naturaleza andesítica.

Estas tres Unidades están intercaladas con coladas piroclásticas andesíticas, dacíticas y posiblemente riodacíticas. La actividad volcánica del área se clausura con una serie de

intrusivos volcánicos como stocks y diques de naturaleza andesítica y algunas coladas piroclásticas de naturaleza dacítica.”

b) Geomorfología

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que por encima de esta secuencia, se presentan diversas unidades El área de la mina, se encuentra emplazada en la unidad geomorfológico denominada; Zona de Laderas Altas.

Esta unidad comprende las altas estribaciones inmediatas a la Unidad Divisoria Continental y corresponde a los sectores occidentales que forman las cabeceras de los ríos Pisco, Ica y Grande. Geomorfológicamente el área se encuentra controlada, por dos factores.

• Control litológico

Donde claramente se diferencia las unidades del substrato pre- Terciario compuesto por rocas terrígenas del grupo Yura, (la formación Labra) conformando terrenos muy abruptos con fuerte plegamientos, y afectados por grandes fallas regionales y locales. Las rocas volcánicas del terciario forman un relieve con escarpas en los bordes a modo de plataformas donde se ha depositado importantes capas de rocas volcánicas, es así que las tobas Ocobamba, que han sido sometidos a un importante proceso de compactación y litificación forman plataformas con escarpas en los bordes donde afloran como la unidad basal terciaria resistiendo a la erosión, las rocas volcánicas correspondientes a la formación Castrovirreyna en las altiplanicies presentan relieves más o menos irregulares con relieve moderado, a excepción de fallas que lo alteran sus formas bruscamente.

El intrusivo plutónico granodioríticos presenta geoformas suaves con drenaje dendrítico típico, la que se puede apreciar en la quebrada Río Grande, en cotas promedio a inferiores a 2 800 m.s.n.m.

• Control estructural

El aspecto más importante en el área de estudio que cabe resaltar son las zonas que dan hacia la quebrada río Grande se presentan terrazas que son productos de fallamientos verticales sucesivos con los cuales los bloques bajan en dirección hacia la quebrada Río

Grande, las fallas que lo originan son generalmente verticales a sub verticales y paralelas en la dirección de la quebrada. Río Grande.

En las altiplanicies el terreno es de relieve suave, con pequeñas irregularidades que son producto de la erosión diferencial de los diferentes tipos de rocas y fallas que los afectan.”

c) Geología local

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que más de un millar de metros de potencia de roca volcánica y volcano-sedimentaria de probable edad Eoceno – Oligoceno (Cenozoico) afloran en el área del Proyecto Antapite, ubicadas en discordancia sobre un sub estrato pre volcánico compuesto por sedimentos mesozoicos en el área de la Veta Carmencita (Sector NW del área de la mina), a una cota de 3,600 m. Las rocas volcánicas reposan en discordancia sobre las unidades del Batolito de la Costa en el área de Ocobamba (Sector SE del área de la mina) a una cota de 2 900 m.s.n.m.

Antapite tuvo una formación de unidad informal, fue establecido correlacionando y/o como parte de unidad Castrovirreyna es una brecha piroclástica, conformada de tobas blanquecinas con algunos cristales de plagioclasas, biotita y abundantes fragmentos líticos, se observó algunos fenocristales cristales y pequeños cristales de cuarzo en la facies alteradas del °C Antapite.

Los fragmentos líticos riolíticos son característicos, constituida por brecha piroclástica. Los más abundantes son de textura porfiriticas a vitrófiros desvitrificación y trazas de bandeamiento de flujo.

Estos líticos contienen menos de 5% de fenocristales de plagioclasas sódicas, aún menos biotita, y raramente algunos cuarzos redondeados. Así, interpretamos el dispositivo en conjunto como un cuello piroclastica andesítico a dacítico, tenemos mayor afloramiento en el C° Antapite y con menores afloramientos en la periferia, y con facies de derrames conservados en partes aledañas de la zona de estudio.”

d) Geología estructural

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que estructuralmente, el área de la mina está controlado por dos sistemas regionales importantes, uno de rumbo andino, que se manifiesta como un corredor estructural de rumbo N50°-60°W, con evidencia de movimientos sinestrales y caída gravitacional al SW, destacando en este sistema la Falla Chocllanca-Ocoyo relacionada directamente con la veta principal Zorro Rojo. Otro sistema de rumbo transandino, de rumbo NE-SW, representado por las Fallas Runahuañusca y Yaurilla en el área NW del distrito.

Estos dos sistemas delimitan el sector de mayor concentración de focos volcánicos y estarían controlando la mineralización. La zona del Cerro Antapite sería el área de convergencia de los dos sistemas regionales principales.”

e) Geología económica

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que la mineralización de las vetas de la mina Antapite, es del tipo relleno de fracturas, su origen es hidrotermal de baja sulfuración con cuarzo, adularia, sericita y piritita; la mineralización es aurífera con plata subordinada, el oro se encuentra en estado nativo o como electrum y está relacionada a paragénesis tardías de cuarzos asociados con diversos sulfuros principalmente piritas con trazas de esfalerita, galena, calcopirita y puntos de sulfosales como tetrahedrita y bournita.

La mineralización aurífera económica, ocurre en paragénesis tardías de cuarzo gris, calcedónico, blanco y cuarzo hialino; con un cociente de relación de Ag/Au de 1/1 a 1,5/1.

Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de las vetas de la Mina Antapite, presentan niveles intermedios a profundos de sistemas epitermales.

La alteración epitermal está restringida generalmente a un halo delgado pegado a las vetas, con la presencia de cuarzo – sericita – adularia, esta última reconocida al microscopio, por tensión y difracción de rayos X.

Una datación radimétrica Ar39/Ar40 realizada por el Dr. C. Noble sobre sericita en la veta Zorro Rojo da una edad de 26,34 ± 0,21 Ma.

La sericita se presenta como reemplazamiento de feldespatos o adularia, relacionado al cuarzo y rellenando cavidades de la veta.

Hacia las cajas frescas se tiene luego una alteración propilítica con la presencia de clorita, epidota, calcita, cuarzo plagioclasas y esmectica.”

f) Veta zorro rojo

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe que la mineralización de la Veta Zorro Rojo y en general la mineralización del distrito minero de Antapite, es del tipo relleno de fracturas, su origen es hidrotermal de baja sulfuración con cuarzo, adularia, sericita y pirita. La mineralización es aurífera con plata subordinada.

El oro ocurre en paragénesis tardías de cuarzo ahumado o cuarzo amatista en estado nativo o como electrum, asociados con diversos sulfuros, principalmente piritas con trazas de esfalerita, galena, calcopirita y puntos de sulfosales como tetraedrita, pirargirita y bornita.”

Además que “La alteración hidrotermal es débil y está restringida a las vetas, se manifiesta como un halo de menos de un metro de cuarzo-sericita.

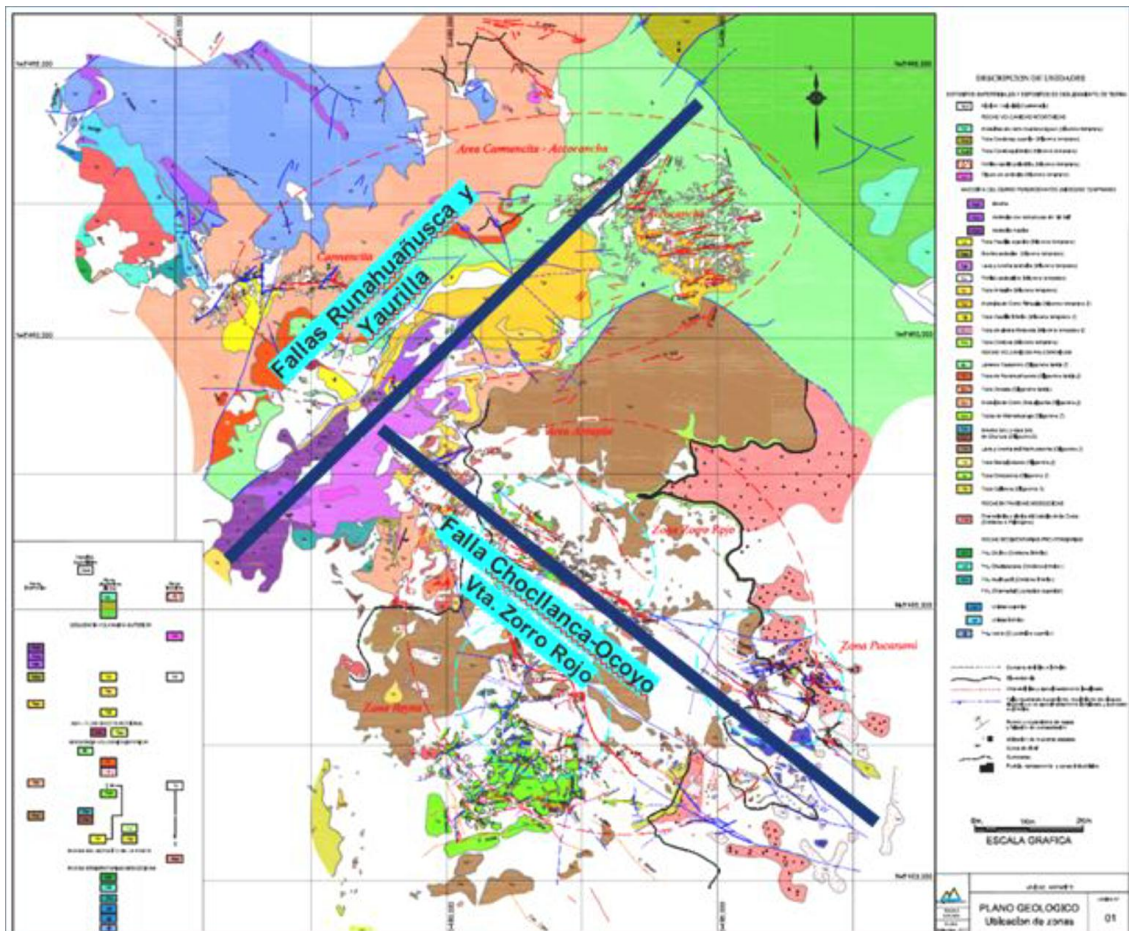
La roca encajonante, comprende enteramente a la Unidad Inferior Machucancho, conformada principalmente por lavas, brechas y tobos, todas de composición andesítica.

Debido a que se trata de una veta-falla (pre y post mineralización) en las cajas piso y techo inmediatas se conforman “falsas cajas” generalmente débiles, fracturadas y panizadas.

Esta veta posee forma aproximadamente tabular con rumbo N80°W y buzamiento 70°-83°SW; la potencia varía de 0,25 a 3 metros.”

Figura 2.

Mapa mineralógico



Fuente: Sierra Antapite

g) Cubicación

• Muestreo

Aguilar E. (2015) en su tesis “MINADO POR SUBNIVELES PARA LA RECUPERACIÓN DE RELLENOS DETRITICOS EN LA VETA MATA CABALLO DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RELIQUIAS DE CORPORACIÓN MINERA CASTROVIRREYNA S.A. describe que el método de muestreo empleado es el de canales de mineral cogidos regularmente a lo largo de la potencia de la estructura teniendo en consideración el máximo de cuidados para asegurar la representatividad de la muestra.

El procedimiento esta normado mediante un Manual de Muestreo y adicionalmente está sujeto a una serie de controles para identificar los posibles errores en su ejecución y efectuar los ajustes correctivos del caso.”

- **Laboratorios**

Aguilar E. (2015) en su tesis “MINADO POR SUBNIVELES PARA LA RECUPERACIÓN DE RELLENOS DETRITICOS EN LA VETA MATA CABALLO DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RELIQUIAS DE CORPORACIÓN MINERA CASTROVIRREYNA S.A. describe que se cuenta con un Laboratorio de Análisis Químico para determinaciones analíticas por los elementos principales.

Los procedimientos están acordes con la tecnología actual y adicionalmente se viene estableciendo un sistema de control de calidad tanto para la preparación de muestras como para el proceso interpretaciones isovalóricas, controles de la mineralización, etc.

Los tonelajes se calculan mediante fórmulas geométricas, de volúmenes y considerando la respectiva gravedad específica.”

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para esta investigación se tomó referencia de varias investigaciones que se realizaron a nivel nacional y también a nivel e internacional, estas tienen relación con el tema propuesto y nos sirve como fuente de información para comparar otras propuestas con la investigación realizada además de plantear otras propuestas alineadas con la investigación:

Villalta R. (2018) en su tesis “Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcán SAA. Describe que para determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación del método de explotación por taladros largos. Los resultados obtenidos son favorables para aplicar el método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la compañía minera Volcán S.A.A., con RMR de la roca encajonante 47, y RMR de la mena 41, tipo de roca III de calidad media o regular evaluados en siete subniveles; con geometría del depósito mineral irregular con potencia promedio de la veta de 3,017 m con variaciones significativas, que tiende a incrementar la potencia a medida que se va profundizando.”

Gómez R. (2012) en su tesis “Aplicación de taladros largos en mina el Porvenir, Empresa Minera Milpo S.A. Concluye que la aplicación del método de explotación de

minado por taladros largos es óptima de acuerdo al tipo de yacimiento ya la distribución de leyes. Cuya conclusión fue: Los principios de minado por taladros largos son adoptados por los yacimientos cuya geometría es el de mantos y/o estratos mineralizados potentes o muy potentes, pero también pueden ser aplicados a los de menor potencia, teniendo ciertas variantes.”

Gaimés D. (2019), en su trabajo de tesis “Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria en la empresa cooperativa mineral. Propone una disponibilidad en cuanto a equipos pesados, así como equipos de bombeo, en la que sugiere que estas deben tener un programa de mantenimiento cuyo costo asciende en 22,550 soles, y finalmente se optimiza las horas efectivas de trabajo de 5.5 a 6.9 las cuales incrementarán la eficiencia del trabajo a un 87%.”

Villafranca M. (2002), en su tesis “Optimización del minado en la mina San Rafael. El autor propone optimizar el minado en la mina San Rafael, para ello propone mejorar la perforación de taladros radiales y aumentar la distancia entre subniveles de perforación de taladros largos, las cuales deben estar a 50 metros y con ello reducir la cantidad de labores de preparación, para ello se requiere un subnivel principal de extracción. Considera también que, para el rellenado de dichas aberturas, y mejorar la estabilidad de la roca, el relleno en pasta que es un proyecto actualmente en ejecución, y mejorará la extracción selectiva de los minerales. Considera también que, para optimizar el minado, la infraestructura con respecto a la ventilación debe estar dada con Raice Boring”

Vargas F. (2002) en su trabajo “Aplicación de taladros largos en mina el Porvenir, Empresa Minera Milpo S.A. describe que la aplicación del método de explotación de minado por taladros largos es óptima de acuerdo con el tipo de yacimiento y a la distribución de leyes. Cuya conclusión general es que los principios de minado por taladros largos son adoptados por los yacimientos cuya geometría es el de mantos y/o estratos mineralizados potentes o muy potentes.”

Jáuregui O. (2009) en su trabajo de investigación “Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura de la Pontificia Universidad Católica del Perú, concluye que, al aplicar los estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de

minado, que son la perforación y voladura, se asegura de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. El éxito que se logra con un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones y que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en lo concerniente a la aplicación de estándares óptimos de trabajo en la operación.”

Rivera, E. y Carlos, I. (2016) en su tesis “Ventajas Económicas de la Implementación del Método de Explotación Sublevel Stopping en Vetas Angostas frente al Método de Explotación Convencional de Corte y Relleno Ascendente en la Zona Codiciada de la Mina Morococha. Describe que el objetivo es conocer las ventajas económicas del método de explotación de Sublevel Stopping frente al método de explotación de corte y relleno ascendente convencional aplicado a vetas angostas en la mina Morococha. Los resultados obtenidos fueron: El costo de producción del método sublevel stopping en comparación al método de corte y relleno ascendente convencional se refleja una disminución del 30 %, o sea de 75.15 US\$/Ton a 57.61 US\$/Ton.” También menciona que “Al realizar el estudio de ambos métodos, se observa que el método de sublevel stopping tiene un índice de 0.80, mientras que el método corte y relleno ascendente convencional tiene un índice de 0.38. Por lo tanto, hablamos que existe una diferencia de 0.47, haciendo que el método sublevel stopping sea más rentable. Evaluando los resultados anteriores se llega a la conclusión que el método sublevel stopping ofrece un mayor índice de rentabilidad y un bajo costo de operación en comparación al método corte y relleno ascendente convencional. Así mismo se logra identificar las operaciones unitarias con mayor porcentaje dentro del estudio del método en las cuales se puede analizar para así lograr reducir el costo de operación del método sublevel stopping, y de esta manera sea aún más rentable para la explotación.”

Castillo M. (2018), en su tesis “Metodología de minado sublevel para mejorar la recuperación del mineral, describe que debido a la explotación con una metodología inadecuada se tiene inconvenientes en la producción, lo que provoca el incumplimiento de los programas y las metas diarias semanales y mensuales, aumenta Por ende el costo operativo y se tiene una baja productividad.”

Carhuamaca M. (2018), “Nos menciona que la aplicación del método de minado sublevel influye en la recuperación de mineral en la unidad minera Azulcocha.”

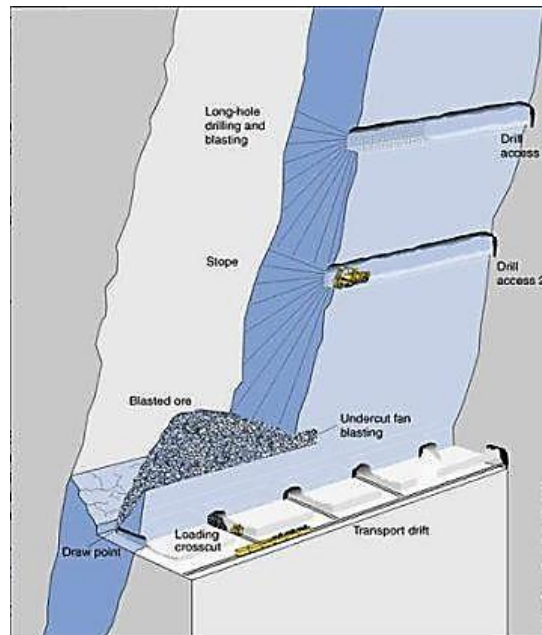
Rojas B. (2018), describe que “para lograr el incremento de la producción se ha planteado como objetivo optimizar la producción en mantos auríferos inclinados, mediante el método de Corte y Relleno Ascendente semi- mecanizado.”

Rivera E. (2015), describe en su tesis “CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A. que este método de explotación, tiene la particularidad de tener un sostenimiento natural en su procedimiento, los pilares para la ejecución de dicho método son el rumbo y buzamiento del yacimiento. El buzamiento es un plano de inclinación vertical mayor a 60 grados, esto para evitar la acumulación que no permita la extracción de mineral, o el desmonte en la etapa de relleno, esta metodología es empleado cuando el yacimiento tiene características favorables de lo contrario es sumamente peligroso en cuanto al deslizamiento de las cajas. Condiciones de aplicabilidad. Esta metodología consiste en fraccionar el yacimiento, en varias secciones verticales, para dejar vacía a la unidad básica de explotación minera, y de allí iniciar el proceso de relleno. El mineral que se recolecta en la mina acumulado en labores del subnivel principal para su extracción aplicando diferentes técnicas según el caso de su conveniencia. La metodología de subniveles lleva el nombre debido a los subniveles o galerías que son las principales labores de extracción minera. Este método requiere mucha precisión y exactitud en lo que concierne al diseño de las mallas de perforación. Generalmente es aplicado en yacimientos tabulares de un ancho mayor a 10 m para que el método aplicado de grandes rentabilidades. En cuanto a las características de las rocas éstas deben ser de regular a buena, ya que permitiría una estabilidad mejor en la aplicación de dicho método es decir deben ser autosoportantes.”

Paucar W. (2015), en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021” describe el diseño:

Figura 3.

Modelo de método de explotación



Fuente: Paucar W.

En el sublevel stoping la perforación del yacimiento y la tronadura es decir, la separación y fragmentación del macizo rocoso pueden llevarse a cabo como procesos independientes. Este método es masivo y altamente productivo. Los índices de productividad arrojan valores promedio entre 15 y 40 toneladas de extracción por hombre en cada turno de producción. Cada caserón es capaz de producir más de 25 000 toneladas al mes, dependiendo de la naturaleza de la mina. Hay que considerar que es un método de explotación subterránea bastante económico en comparación con otras estrategias de extracción minera. El costo de minado oscila entre 7 y 14 dólares americanos por tonelada extraída. Los porcentajes de recuperación de la mina se encuentran entre 60 % y 80 %. La variación depende de la calidad y naturaleza de las losas de la excavación. Es un método seguro, en el cual la posibilidad de desprendimiento de rocas es controlada. Según el método de explotación empleado, la dilución esto es, el porcentaje de material estéril que se mezcla con el mineral extraído está entre 3 % y 10 %. El material para diluir el mineral puro se ubica generalmente en el techo y en las paredes colgantes. Los taladros empleados cuentan con longitudes de hasta 30 metros. El diámetro de la mecha de los taladros puede variar entre 50 y 200 milímetros, dependiendo de cada caso. Los yacimientos aplicables según la clasificación RMR (por sus siglas en inglés: rock mass rating) son aquellos con un índice RMR superior a 50.

Esto significa que el método de sublevel stoping es recomendable en macizos rocosos regulares, buenos y muy buenos, con un ángulo de fricción interna entre 35° y 45°. Preparación, se considera, un Nivel de producción, que es la construcción de una galería de transporte y de algunas estructuras para transporte de carga, para habilitar los puntos de extracción minera. Zanjas recolectoras de mineral, También conocidas como embudos, son fracciones localizadas en la base del caserón, en la cual se acumula el mineral extraído de la mina.

Galerías, se refiere a los subniveles de perforación, los cuales están distribuidos en diferentes alturas, acordes a la geometría del yacimiento. Chimenea, es una rampa que facilita el acceso a las galerías de perforación. Esta chimenea se ubica en la parte trasera del caserón.”

2.3. DEFINICIONES DE CONCEPTO

➤ DS 024-2016 EM / Vocablo

El DS 024-2016 EM, describe en su reglamento de seguridad y salud ocupacional para el sector minero los términos aplicables, dentro de este lineamiento hemos considerado para esta “investigación.

- **Anfo**

Es una mezcla explosiva adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con 93.5% a 94.5% de nitrato de amonio en esferas y 6.5% a 5.5% de combustible líquido, pudiendo éste ser: petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado. Es un agente explosivo de bajo precio cuya composición es 94.3% de Nitrato de Amonio y 5.7% de gas-oíl, que equivalen a 3.7 litros de este último por cada 50 kg de Nitrato de Amonio.

- **Banco de mineral o desmonte**

Término usado en minería para definir rocas de diferente tamaño.

- **Banco o cara**

Es la parte de cualquier mina subterránea o a cielo abierto donde se va a efectuar trabajos de excavación.

- **Botaderos**

Conocidos también como canchas de depósito de mineral de baja ley o ganga. Usualmente se localizan en el entorno de la mina fuera de la zona mineralizada.

- **Burden**

Distancia más corta al punto de alivio al momento que un taladro detona, considerando al alivio como la cara original del banco o bien como una cara interna creada por una hilera de taladros que han sido previamente disparados. Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.

- **Cara libre o taladro de alivio**

Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca.

- **Chimenea**

Abertura vertical o inclinada construida por el sistema convencional y/o por el mecanizado.

- **Cono volcánico**

Elevación troncocónica con una abertura en la cima, es parte elemental de un volcán.

- **Diagénesis**

Proceso de formación de una roca a partir de sedimentos sueltos que sufren un proceso de consolidación.

- **Dinamita**

Es un explosivo sensible al fulminante que contiene un compuesto sensibilizador como medio principal para desarrollar energía. En la mayor parte de dinamitas el sensibilizador es la nitroglicerina y los nitratos son aditivos portadores de oxígeno.

- **Dique**

Es una masa intrusiva de magma solidificado que se inyecta verticalmente en forma de chimenea, o cono invertido. Es por tanto discordante con las estructuras primigenias.

- **Discontinuidades**

Son planos de origen mecánico o sedimentario que separan bloques de matriz rocosa.

- **Echadero**

Es una labor minera vertical o semi vertical que sirve como medio de transporte del mineral o desmonte de un nivel a otro.

- **Emulsión explosiva**

Son del tipo inversado “agua en aceite”, componiéndose de dos fases líquidas, una continua constituida por una mezcla de hidrocarburos y otra dispersa constituida por micro gotas de una solución acuosa de sales oxidantes, con el nitrato de amonio como principal componente.

- **Equipos L.H.D**

Son los equipos de carguío, transporte y descarga empleados en minería subterránea y que permiten obtener una alta productividad en las operaciones.

- **Espaciamiento**

Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.

- **Estrato volcánico**

Edificio volcánico construido por la múltiple sobre posición de los materiales expulsados por el volcán en su vida. Es decir, el volcán ha formado su cono en cada erupción, colocándose una capa de material sobre la anterior, creando estratos distintos, los cuales pueden ser lavas solidificadas, lapilli, bombas volcánicas.”

- **Explosivos**

Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas y presión ocasionando efectos destructivos.

- **Fulminante común**

Es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo, en cuyo interior lleva una

determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro, secundario, de alto poder explosivo.

- **Gases**

Fluidos sin forma emitidos por los equipos diésel, explosivos y fuentes naturales, que ocupan cualquier espacio que esté disponible para ellos.

- **Geomecánica**

Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánico depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades.

- **Grado de ocurrencia**

Es la probabilidad de que pueda ocurrir un evento en particular, basándose en la frecuencia histórica.

- **Humos**

Gases producidos por la combustión incompleta de materiales orgánicos (tales como la madera, el carbón, los productos del petróleo y las plantas).

- **Labores permanentes**

Son aquellas labores mineras que serán de larga duración o duración permanente durante la vida de la mina, y en las que se requieren aplicar el sostenimiento adecuado que garantice un alto factor de seguridad, pues en estas labores se tendrá un tránsito constantemente de personas y equipos y la construcción de diversas instalaciones.

- **Labores temporales**

Son labores que requieren un sostenimiento ocasional, pues estas labores serán rellenadas luego de ser explotadas.

- **Macizo rocoso**

Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades.

- **Matriz rocosa**

Es el material rocoso exento de discontinuidades o bloques de roca intacta.

- **Mecha Lenta**

Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora.

- **Mecha Rápida**

Es un accesorio (cordón) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable.

- **Mina**

Es un yacimiento mineral que se encuentra en proceso de explotación.

- **Peligro**

Todo aquello que tiene potencial de causar daño a las personas, equipos, procesos y ambiente.

- **Perforación en breasting**

Perforación horizontal de producción con la cara libre en la parte inferior de la malla de perforación.

- **Perno Split set**

Es un tipo de perno que trabaja a fricción, consiste en un tubo de acero con una ranura longitudinal, de diámetro algo mayor que la perforación donde se introducirá. Su diámetro disminuye al introducirlo al barreno, generando presiones de fijación por efecto elástico.

- **Proceso de Voladura**

Es un conjunto de tareas que comprende: el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo.

- **Proyectos mutuamente excluyentes**

Son proyectos en los que la ejecución de uno de ellos anula los beneficios del otro proyecto o lo convierte en inviable. De hecho, un ejemplo de ello se da en la decisión de selección de método de explotación que es el tema de esta tesis.

- **Relleno hidráulico**

Tiene con objetivo rellenar los tajos que han sido explotados, y tiene dos funciones básicas:

- La primera es servir como piso de trabajo para efectuar la perforación, el disparo y el acarreo de mineral.
- El segundo es como sostenimiento para que la mina no colapse debido al incremento de áreas abiertas.
- El relleno hidráulico es por lo general el relave desechado por la concentradora el cual debe cumplir ciertas características de granulometría.

- **Shotcrete**

Es hormigón (concreto) proyectado, se utiliza principalmente para fines de soporte de rocas y suelos, y es considerada una de las tecnologías más adaptables de fortificación en construcción de túneles y minería.

- **Silicificación**

Consiste en el remplazo de carbonatos por formas de sílice (cuarzo o calcedonia).

- **Smooth Blasting**

Es un tipo de voladura de contorno o voladura suave, en el caso de túneles también se le conoce como voladura periférica.

- **Taco**

Porción superior del taladro que se suele rellenar de material detrítico para proporcionar el confinamiento necesario.

- **Tajo**

Son las labores temporales destinadas a la extracción de mineral.

- **Terrazas Aluviales**

Son pequeñas plataformas sedimentarias construidas en un valle fluvial a causa del depósito de los propios sedimentos del río que se acumulan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor. Por ello la capacidad de arrastre decrece.

- **Tufo**

Es una roca magmática y, en particular, es el tipo más común de roca piroclástica.

- **Valor Anual Equivalente**

Es un indicador de cómo se distribuyen las ganancias de un proyecto si dicha distribución fuera equitativa para cada año. Dicho de otro modo, es la anualidad del valor presente.

- Es útil al momento de comparar proyectos con diferentes expectativas de vida porque permite ver su rendimiento cada año.
- Es importante cuando se evalúan proyectos que podrían ser repetidos al término de su vida útil.

- **Velocidad de detonación.**

La velocidad de detonación es la característica más importante de un explosivo, mientras más alta sea su velocidad de detonación mayor será su potencia. A la detonación se le entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que lo compone en gases.”

2.4. GEOMECÁNICA

2.4.1. Caracterización geomecánica de la masa rocosa

Condori A. (2021) en su tesis “DIMENSIONAMIENTO GEOMECÁNICO EN VETAS ANGOSTAS DEL TAJO PILOTO EN LA UNIDAD MINERA ANTAPITE describe, que las estructuras mayores, conformadas por las fallas presentan persistencias de decenas a centenas de metros, apertura de 1-5 mm, rellenos de panizos, brechas, cuarzo molido y óxidos de fierro, de hasta 50 cm de espesor, principalmente en la caja piso; las paredes son lisas a espejos de falla, esta última principalmente en la caja techo, muy intemperizadas y con presencia de agua en condición de mojadadas a goteo.

Las estructuras menores, conformadas por diaclasas, en la masa rocosa mineralizada, presentan espaciamientos menores que 6 cm, persistencias de 3-10 m, aperturas de 0,1 – 1,0 mm, paredes ligeramente rugosas, rellenos suaves menores de 5 mm, muy intemperizadas y con presencia de agua en condiciones de húmedo a mojado.

Estos resultados fueron obtenidos mediante el mapeo geomecánico por celdas desarrolladas en el nivel 3240 galería 190 SE y parte del nivel 3285, las cuales se presentan en el Anexo H.”

2.4.2. Discontinuidades

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que el análisis de los resultados obtenidos se señala lo siguiente: En la Veta Zorro Rojo se tienen definidos tres sistemas estructurales principales que afectan a la zona, la primera con orientación NW - SE teniendo como buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 67/213.

Este es un sistema principal, la segunda con orientación NW – SE con DIP/DIP DIRECCION de 82/124 sistema principal, la tercera con orientación NE – SW con DIP/DIP DIRECCION de 70/25. Sistema principal, la cual se presentan a continuación.”

Tabla 1.

Principales sistemas de discontinuidades veta Zorro Rojo.

SET	DIP	DIP DIR
S1	67	213
S2	82	124
S3	70	25

Fuente: Sierra Antapite

2.4.3. Macizo rocoso

a) RQD

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN

DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que para la obtención del RQD se tomó datos de perforaciones diamantinas que fueron realizadas por Sierra Antapite S.A.C. en el clavo central de la Veta Zorro Rojo.

Los testigos de roca fueron inspeccionados con el fin de identificar los tipos de litología. Se determinó el porcentaje de recuperación y el índice de RQD. Los datos de perforación diamantinas se pueden apreciar en el Anexo I.

El índice de designación de la calidad de la roca RQD (Deere, 1964) provee un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa a partir de los testigos de la perforación diamantina.

El análisis del RQD fue realizado para la roca encajonante y la veta mineralizada por separado con la finalidad de diferenciar el fracturamiento para cada dominio”

Tabla 2.

Valoración de RQD a lo largo de la estructura

Dominio	Mínimo	Máximo	Promedio	Índice de calidad Deere 1964
CT Alejada	45,3	98	71,65	Buena
CT Inmediata	55,3	98	76,65	Buena
Mineral	5	69,84	37,42	Pobre
CP Inmediata	48,39	98	58,19	Regular
CT Alejada	61,83	98	79,91	Buena

Fuente: Sierra Antapite

b) RMR Bieniawski

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que para la clasificación geomecánica de la masa rocosa, se utilizó la información desarrollada precedentemente.

Clasificando así en el macizo rocosa involucrada en las diferentes celdas de detalle del mapeo geotécnico mediante la utilización de los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR: Valoración del macizo rocosa 1989).

Los resultados de este procedimiento se encuentran en la figura.

Tabla 3.

Calidad masa rocosa veta Zorro Rojo.

Rango/Calidad	Caja piso alejada	Caja piso inmediata	Mineral	Caja techo inmediata	Caja techo alejada
Rango RMR	55 a 70	40 a 55	31 a 40	25 a 35	55 a 70
Calidad	IIIA a II	IIIB a IIIA	IVA	VB-IVA	IIIA a II

Fuente: Sierra Antapite

Tomando como referencia los valores de RMR de Bieniawski 1989, podemos señalar que la calidad del macizo rocoso es: Buena (Clase II-B, RMR 61-70), Regular (Clase III-A; III-B, RMR 51-60; 41-50), Pobre: (Clase IV-A, RMR 31-40, Clase IV-B, RMR 21-30).”

c) Zona geomecánica

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que el zoneamiento geomecánico general está dado por los rangos de calidad de la masa rocosa descritos en el acápite anterior. El macizo rocoso mineralizado constituye una zona geomecánica del dominio Mala A (DE-IVA), las cajas inmediatas otra zona geomecánica de los dominios Regular A y Regular B (DE-IIIB y DE-IIIA) en la caja piso y Mala B y Mala A (DE-IVB y DE-IIIA) en la caja techo, las cajas alejadas constituyen una zona geomecánica de los dominios Regular A y Buena (DE-IIIA y DE-II).

Tabla 4.

Clasificación y calidad del Macizo Rcoso RMR.

Dominios Geomecánicos	RMR	Q	GSI
CT Alejada	64	9,87	59
CT Inmediata	47	1,23	42
Mineral	35	0,29	30
CP Inmediata	45	0,79	40
CT Alejada	64	9,87	59

Fuente: Sierra Antapite

Los valores del GSI fueron obtenidos relacionando el RMR de 1989, la cual procede de la siguiente manera:

$$GSI = RMR89 - 5$$

El GSI es un parámetro de entrada en el criterio de rotura de Hoek y Brown, la cual permite estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso.

El Q fue calculado mediante la Correlaciones de RMR89 y Q94, el cual es mediante la aplicación del siguiente modelo matemático:

$$RMR_{89} = 8,2 (Q_{94}) + 45,2$$

Resolviendo esta ecuación el valor de Q94 es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{94} = e^{RMR_{89}-45,2} / 8,2$$

Los resultados de los valores del índice Q se pueden apreciar en la Tabla 12.

Para la estimación del número de estabilidad de Mathews (N'), se tuvo en consideración el Q', la cual solo se analizó para la caja techo.

En donde el RQD es de 71,65 %, al factor de juntas se tiene 3 familias de discontinuidades (Jn = 9), el índice de rugosidad presente en las discontinuidades es de onduladas a lisas (Jr = 1,5), las discontinuidades son encuentran muy alteradas con rellenos de fragmentos de arcillas (Ja = 4).

$$Q' = RQD Jn \times Jr Ja$$

$$Q' = 71,65 \times 9 \times 1,5 \times 4$$

$$Q' = 2,99$$

2.4.4. Resistencia rocosa

a) Roca intacta

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que “para determinar la resistencia de la roca intacta se han realizado ensayos de laboratorio, para ser más específicos ensayos de carga puntual, como se observa en la Tabla 13 y Anexo J.”

Tabla 5.*Resultados de los ensayos de carga puntual*

Muestra	Is 50 (kg/cm ²)	σ_c (MPa)
Caja alejada	41,83	60,5
Caja piso inmediata	24,40	57,38
Caja Techo inmediata	12,85	30,21
Mineral	19,03	45,60

Fuente: Sierra Antapite

b) Parámetros

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que para estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso se ha empleado el criterio de falla generalizado de Hoek y Brown haciendo uso del programa RocData v 4.0 de la firma RocScience.

Para ello se tomaron los valores más representativos de calidad del macizo rocoso involucrada con cada dominio estructural, además de la resistencia compresiva uniaxial estimada y de la constante “mi” de la roca intacta obtenida de la experiencia en otras minas, los resultados se muestran en la Tabla 14 y Anexo D. Uno de los parámetros importantes a considerar en la estimación de los parámetros de resistencia del macizo cosos es el factor de disturbancia (Factor D), para este se consideró un D = 0,5 esto debido a que el macizo rocoso que se estudió se encuentra muy perturbado.

Tabla 6.*Parámetros de resistencia de la masa rocosa Hoek y Bronw*

Sector	GSI	σ_c (MPa)	γ (MN/m ³)	mi	mb	s	a	Emr MPa	v
CT alejada	59	60	0,026	20	2,839	0,0042	0,503	9752	0,25
CT inmediata	42	30	0,026	10	0,632	0,0004	0,510	2591	0,30
Mineral	30	45	0,026	10	0,357	0,0001	0,522	1590	0,30
CP inmediata	40	57	0,026	10	0,574	0,0003	0,511	3184	0,30
CP alejada	59	60	0,026	20	2,839	0,0042	0,503	9752	0,25

Fuente: Sierra Antapite

Entonces:

- GSI: Calidad del macizo rocoso GSI
- σ_c : Resistencia compresiva uniaxial del macizo rocoso
- γ : Densidad de la roca intacta
- m_i : Constante del macizo rocoso
- m_b : Constante del macizo rocoso
- s y a : Constantes del macizo rocoso
- E_{mr} : Módulo de deformación del macizo rocoso
- ν : Relación de Poisson del macizo rocoso.

Los parámetros de resistencia del macizo rocoso serán usados como datos de entrada para el software Phase2. En el cual se realizará el análisis de estabilidad controlada por esfuerzos, el cual permitirá la estimación de los valores de Factor de Resistencia que vendría ser el Factor de Seguridad.

En la Figura 9, se detalla los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna del macizo rocoso, las cuales fueron obtenidas haciendo uso del programa RocData v 4.0 de la firma RocScience.

Tabla 7.

Parámetros de resistencia de la masa rocosa Morh Coulomb

Sector	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción (°)
CT alejada	0,574	58,58
CT inmediata	0,213	42,37
Mineral	0,177	39,96
CP inmediata	0,268	46,33
CP alejada	0,574	58,58

Fuente: Sierra Antapite

2.4.5. Agua subterránea

Las condiciones de agua subterránea en las cajas alejadas (techo y piso) son de seco a húmedo; en la caja techo inmediata de húmedo a mojado; en la caja piso inmediata de seco a húmedo y en el mineral de seco a húmedo.

2.4.6. Esfuerzos

Para el presente estudio geomecánico, se han estimado los esfuerzos in situ tomando en cuenta el concepto de carga litostática (Hoek y Brown, 1980).

El minado se realizará desde superficie hasta una profundidad máxima de 160 m aproximadamente.

A esta profundidad se presenta un esfuerzo vertical de 3,9 MPa, considerando que la densidad de la roca es de aproximadamente $0,026 \text{ NM/m}^3$. Para esta etapa de minado se puede considerar el mismo valor para el esfuerzo horizontal.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es tipo explicativo ya que “...está orientada al descubrimiento de los factores causales que han podido incidir o afectar la ocurrencia de un fenómeno...está estrechamente relacionado con el tipo descriptivo, ya que no se pueden explicar un fenómeno sin antes conocer sus características” (SANCHEZ CARLESSI & REYES MEZA, 1998)

La investigación descriptiva aplicada se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

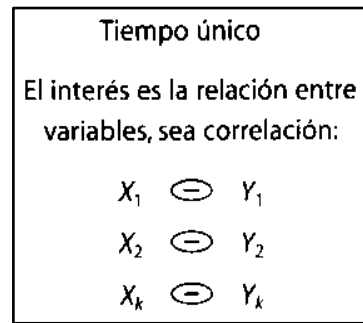
“Investigación básica, también recibe el nombre de investigación pura, teórica o dogmática.

Parte de un marco teórico y permanece dentro de él; la finalidad radica en incrementar los conocimientos científicos o filosóficos, pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación tendrá un diseño no experimental transeccional correlacional-causal donde se “estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado, a veces únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa-efecto (HERNÁNDEZ, FERNANDEZ, & BAPTISTA, 2006: 211- 212)

El diseño fue esquematizado de la siguiente forma:”



Dónde:

X_1 = Método de Explotación

Y_1 = Recuperación de los rellenos detríticos

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población está compuesta por los rellenos antiguos de Antapite

3.4.2. Muestra

La muestra es aleatoria y no probabilística, conformada por rellenos antiguos de los niveles 3240, 3285, 3360 y 3415.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

Paucar W. (2021) en su tesis “FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA MINERA SIERRA ANTAPITE 2021, describe que:

Bibliográfico documental

Procedimientos habituales que permitirán obtener información sobre la influencia importante de los factores directos e indirectos de métodos de explotación minera.

Encuesta

La encuesta es una técnica desarrollada especialmente para investigaciones, en el que se le incluye los estudios de directos.

La encuesta nos permitió trabajar con una muestra amplia y se puede aplicar en forma masiva.

Previamente se motivó a los encuestados mediante un dialogo directo, para la obtención de unavalida y certera información.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos de obtención de información con propósitos valorativos serán aplicados a la muestra en estudio, encoherencia con los objetivos del presente trabajo, utilizamos:

Fichas bibliográficas: Es un instrumento que nos permite recolectar datos bibliográficos.

Cuestionario: Conformado por preguntas dirigidas a recolectar toda la información necesaria sobre nuestra investigación.”

3.6. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis de la presente investigación es la evaluación del método de explotación.

CAPÍTULO IV EVALUACIÓN DE MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

4.1. PLAN PILOTO

Sandoval O. (2018) en su investigación “Redimensionamiento de las operaciones en la Mina Antapite, para la sostenibilidad del negocio, describe que en la mina Antapite se realiza el minado y la recuperación de pilares puente, con la utilización de taladros largos positivos y posterior explotación de los rellenos detríticos antiguos económicos. Realizamos una campaña de muestreo del relleno antiguo de las vetas Zorro Rojo, Antapite y Pampeñita, un total de 1266 muestreos en 96 ventanas.

Tabla 8.

Muestreo

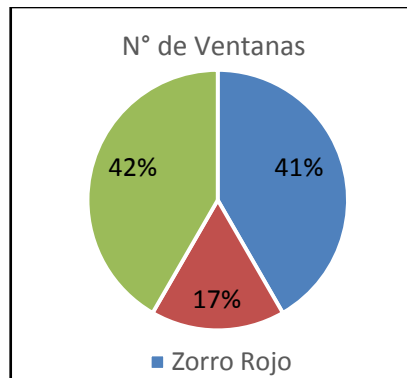
Veta	N° de niveles	N° de ventanas
Zorro Rojo	3	40
Antapite	1	16
Pampeñita	2	40
Total		96

Fuente: Sierra Antapite

En relación al muestreo realizado, se realiza el porcentaje de numero de ventanas muestreadas, que nos da el siguiente resultado.

Figura 4.

Ventanas



Fuente: Sierra Antapite

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABLE DE ESTUDIO

Durante la observación particular, utilizamos los siguientes criterios:

La tendencia histórica.

- **El criterio subjetivo del geólogo**

A través de los fundamentos descritos, el geólogo conoce cómo es que los patrones naturales del contexto que lo rodea están conformados. Aunque también es válido aclarar que dichos fundamentos no siempre se aplican directamente, sino que son integrados con otras componentes de conocimiento.

- **El análisis de datos geológicos.**

Los principales **datos geológicos** serán medidas de magnitudes físicas o químicas (datos morfométricos, composiciones químicas, parámetros físicos, cartográficos), **datos** calculados a partir de dichas medidas y **datos** obtenidos al clasificar muestras.

- **La simulación de datos.**

Puede definirse a la simulación como la experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad. Esto permite trabajar en condiciones similares a las reales, pero con variables controladas y en un entorno que se asemeja al real pero que está creado o acondicionado artificialmente.

- **Base teórica**

- Variable aleatoria Continua
- Distribución Normal (Gaussiana)
- Distribución Log normal

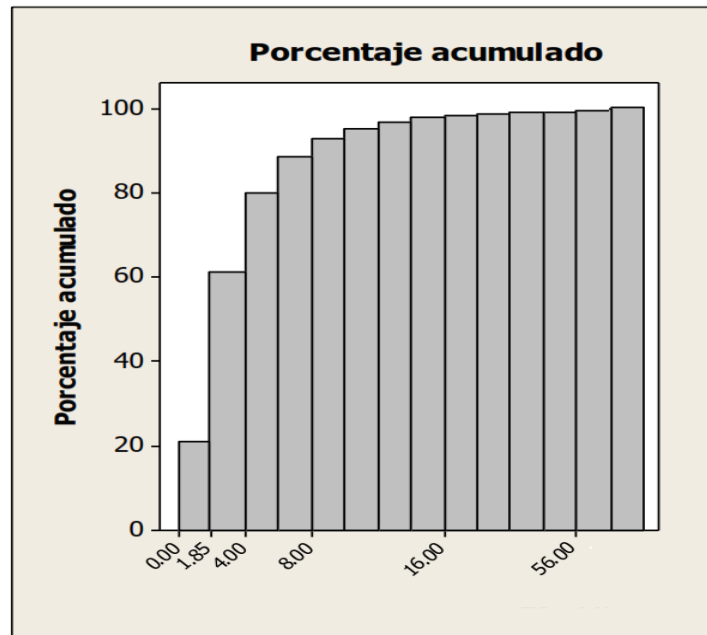
4.3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.3.1. Probabilidad de ocurrencia

Se realizó el análisis estadístico a las muestras para conocer el comportamiento de las leyes.

Figura 5.

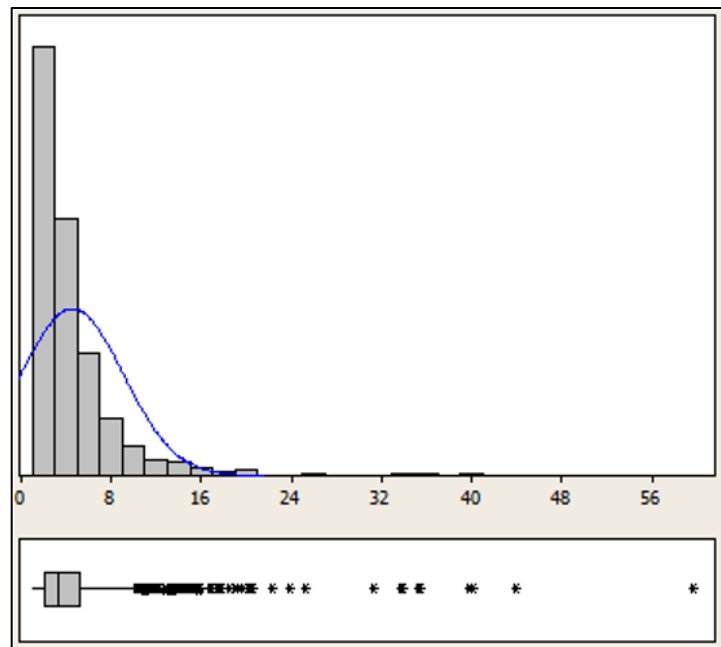
Porcentaje Acumulado



Fuente:Sierra Antapite

Figura 6.

Comportamiento de las leyes

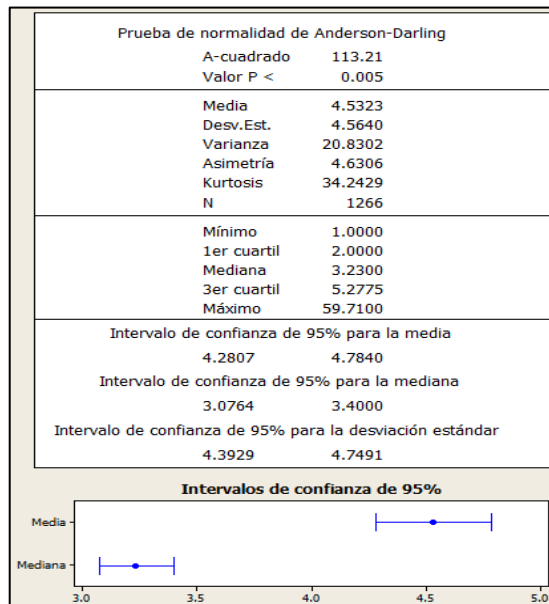


Fuente:Sierra Antapite

Cómo podemos observar se tiene una **media** de 4.5323 y una **desviación estándar** de 4.5640, y una **varianza** de 20.8302.

Figura 7.

Comportamiento estadístico

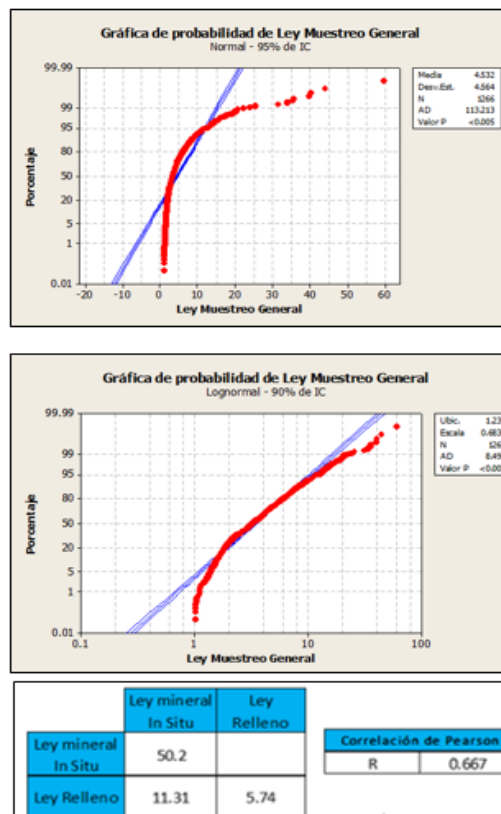


Fuente:Sierra Antapite

4.3.2. Análisis distribución Gauss y Log Norm

Figura 8.

Comportamiento estadístico



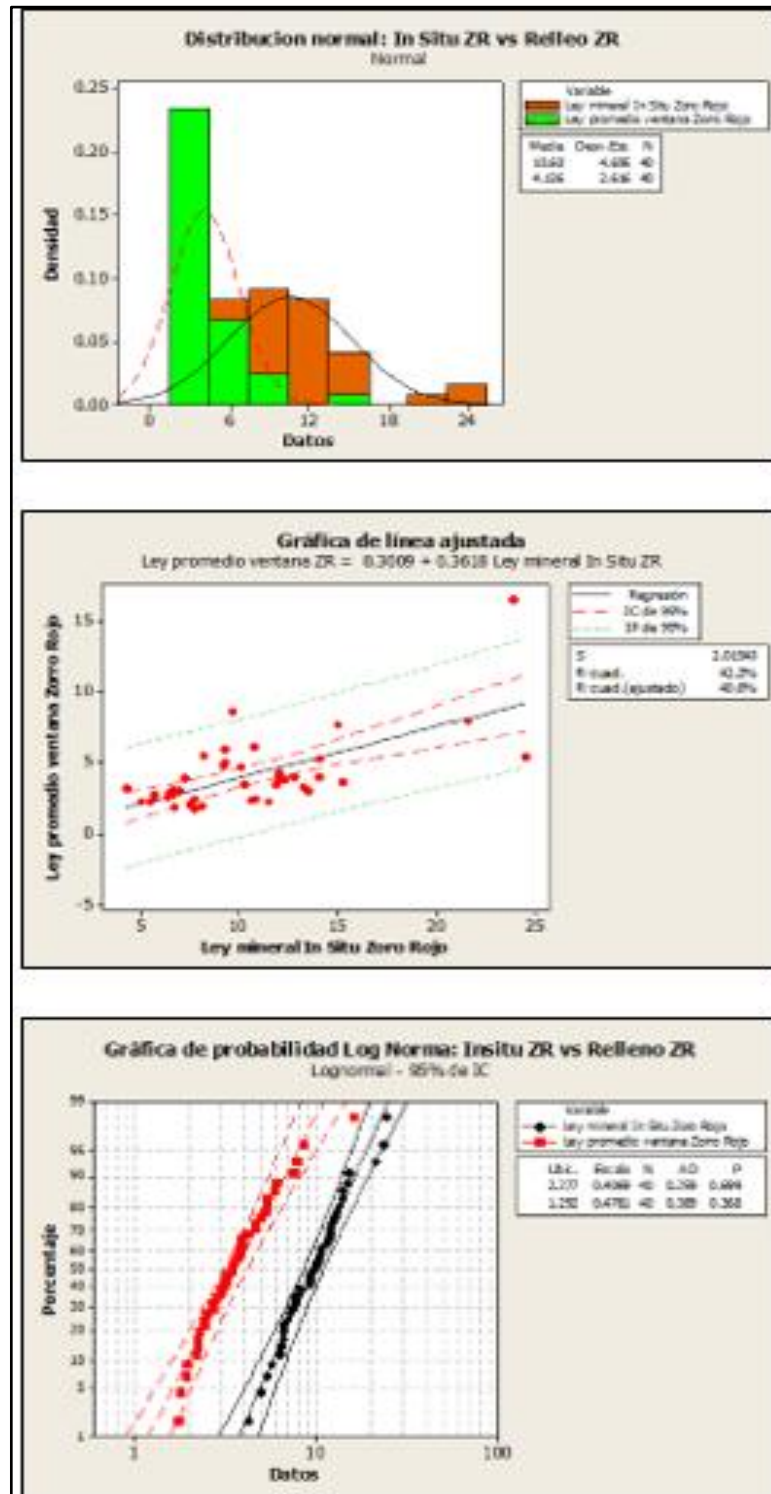
Fuente: Sierra Antapite

4.4. ANÁLISIS POR VETA: ZORRO ROJO

Se realizó el análisis estadístico de veta zorro rojo considerando los resultados de los ensayos en relación a las muestras analizadas.

Figura 9.

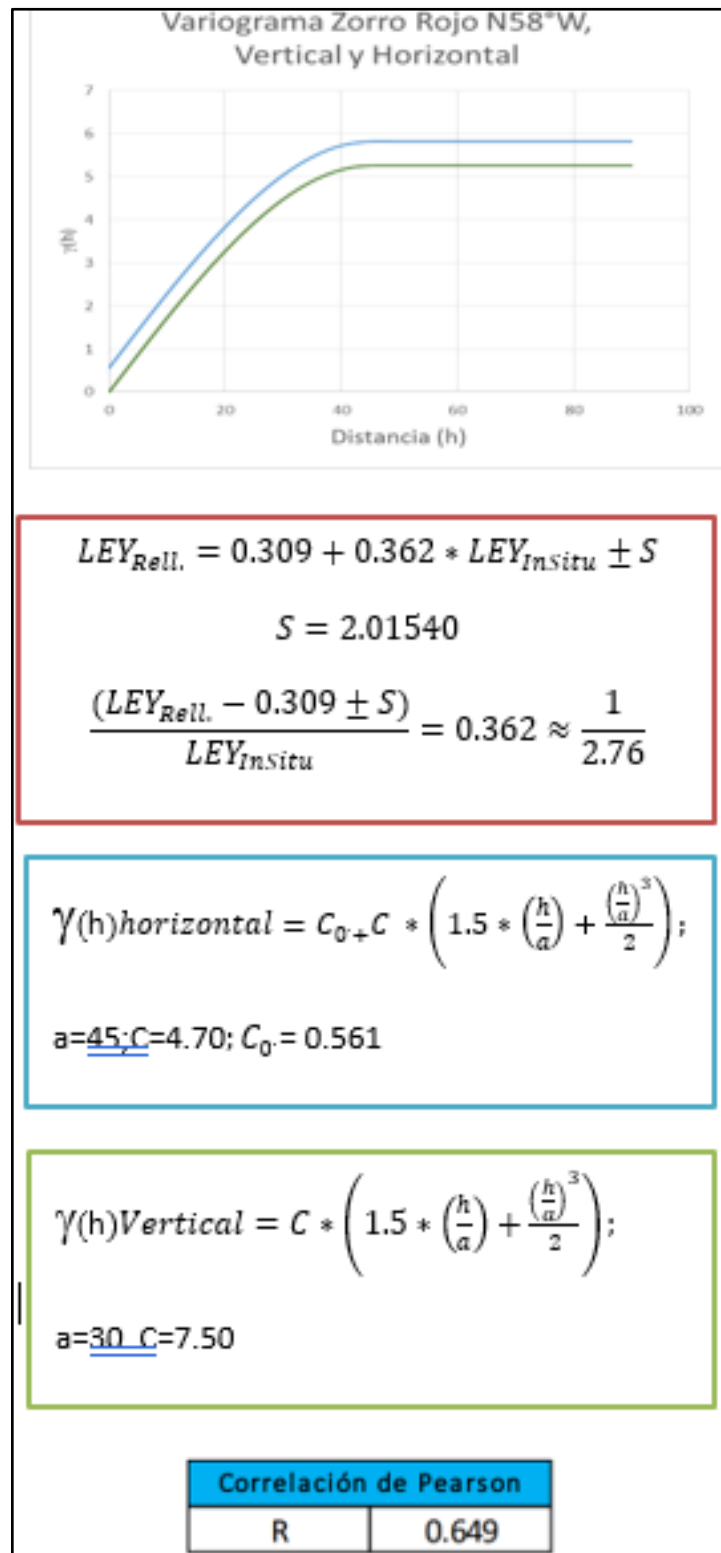
Comportamiento estadístico



Fuente:Sierra Antapite

Figura 10.

Evaluación de leyes



Fuente: Sierra Antapite

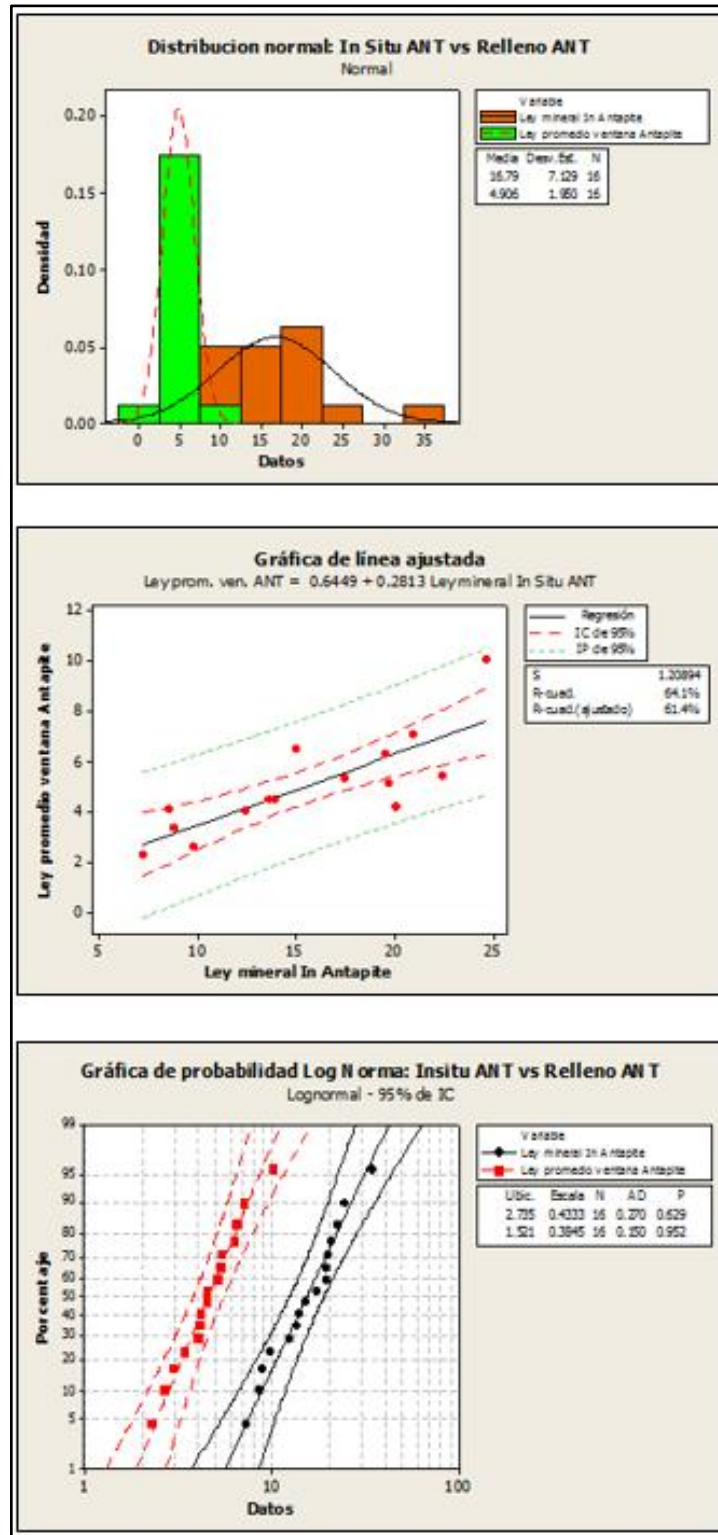
Para el análisis correlacional de los factores influyentes podemos detallar que tiene un coeficiente de correlación de Pearson, $R = 0.649$

4.5. ANÁLISIS POR VETA: ANTAPITE

Se realizó el análisis estadístico de veta Antapite considerando los resultados de los ensayos en relación a las muestras analizadas.

Figura 11.

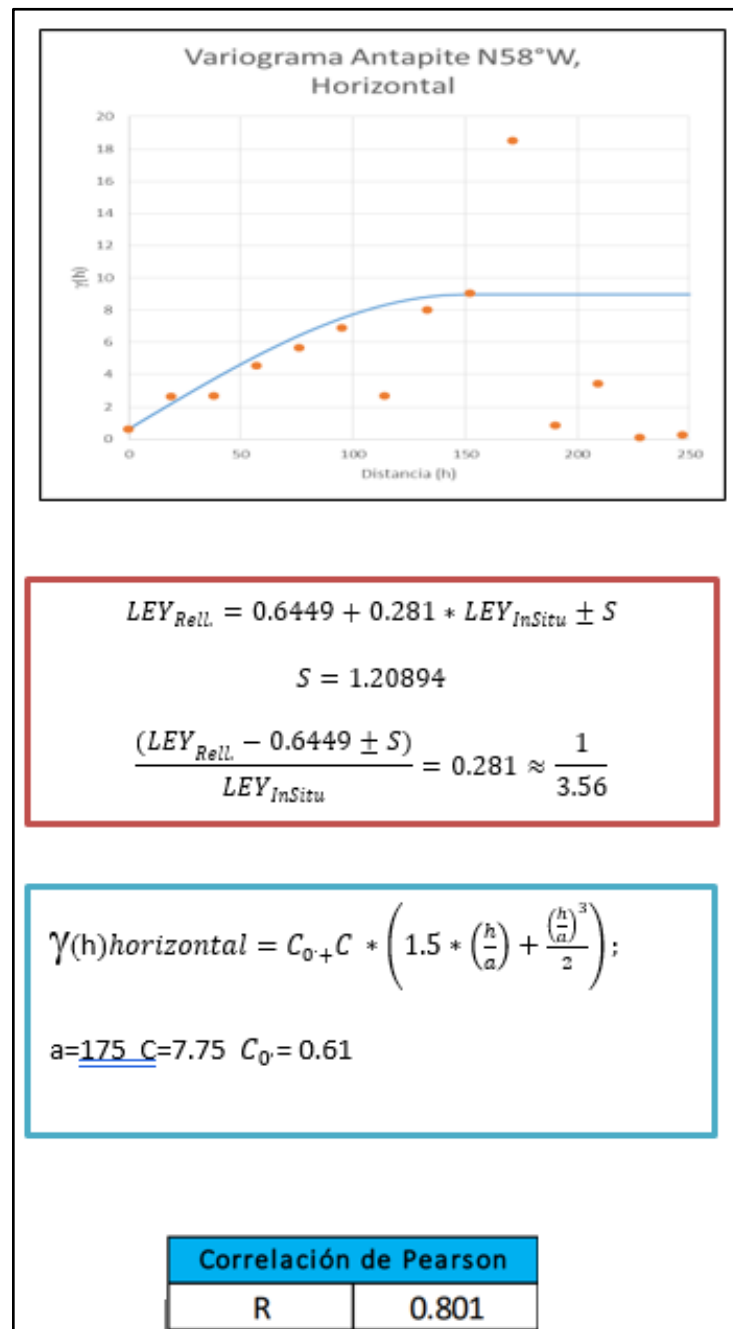
Evaluación de leyes



Fuente: Sierra Antapite

Figura 12.

Evaluación de leyes



Fuente: Sierra Antapite

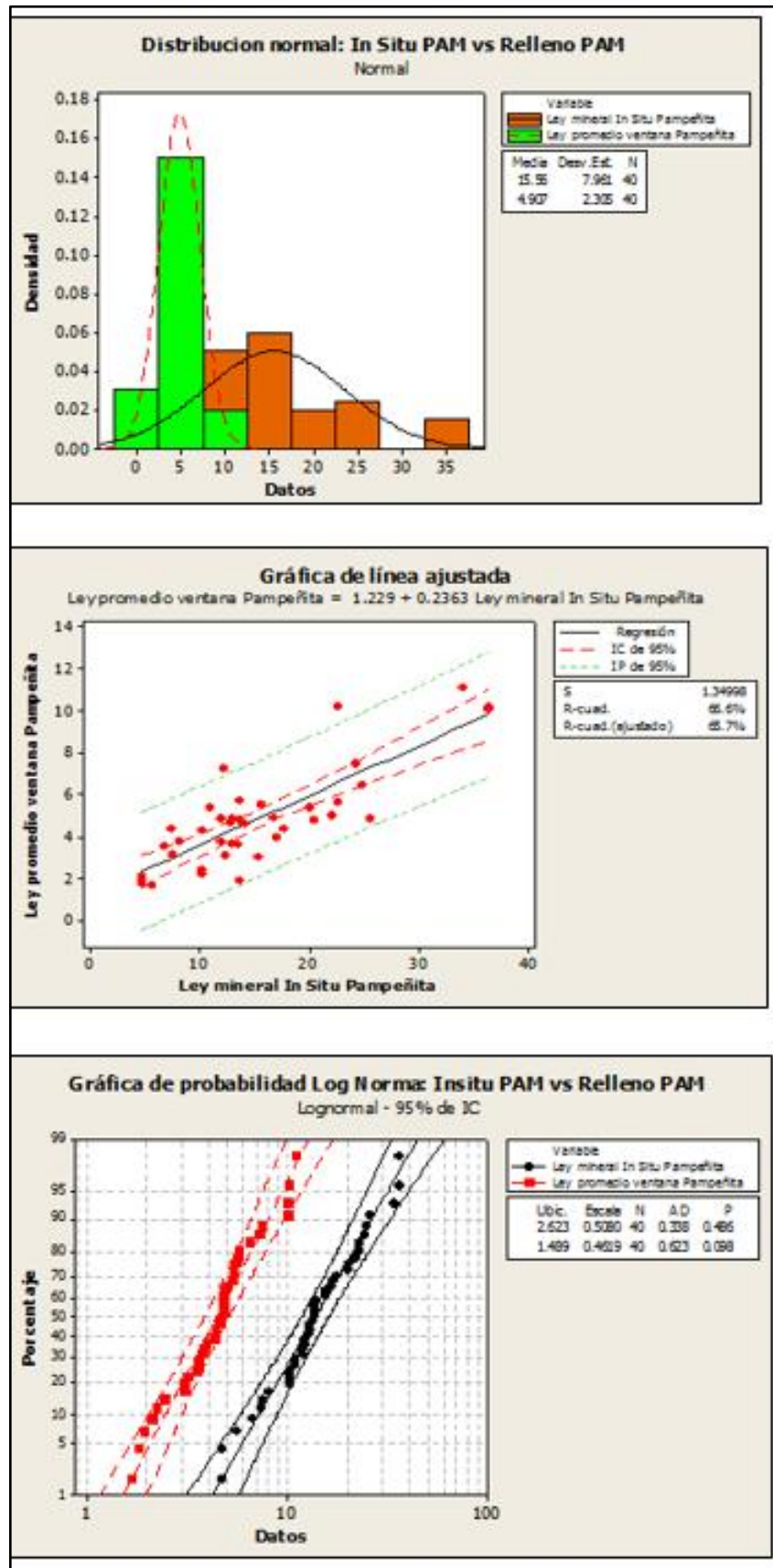
Para el análisis correlacional de los factores influyentes podemos detallar que tiene un coeficiente de correlación de Pearson, $R = 0.801$

4.6. ANÁLISIS POR VETA: PAMPEÑITA

Se realizó el análisis estadístico de veta Pampeñita considerando los resultados de los ensayos en relación a las muestras analizadas

Figura 13.

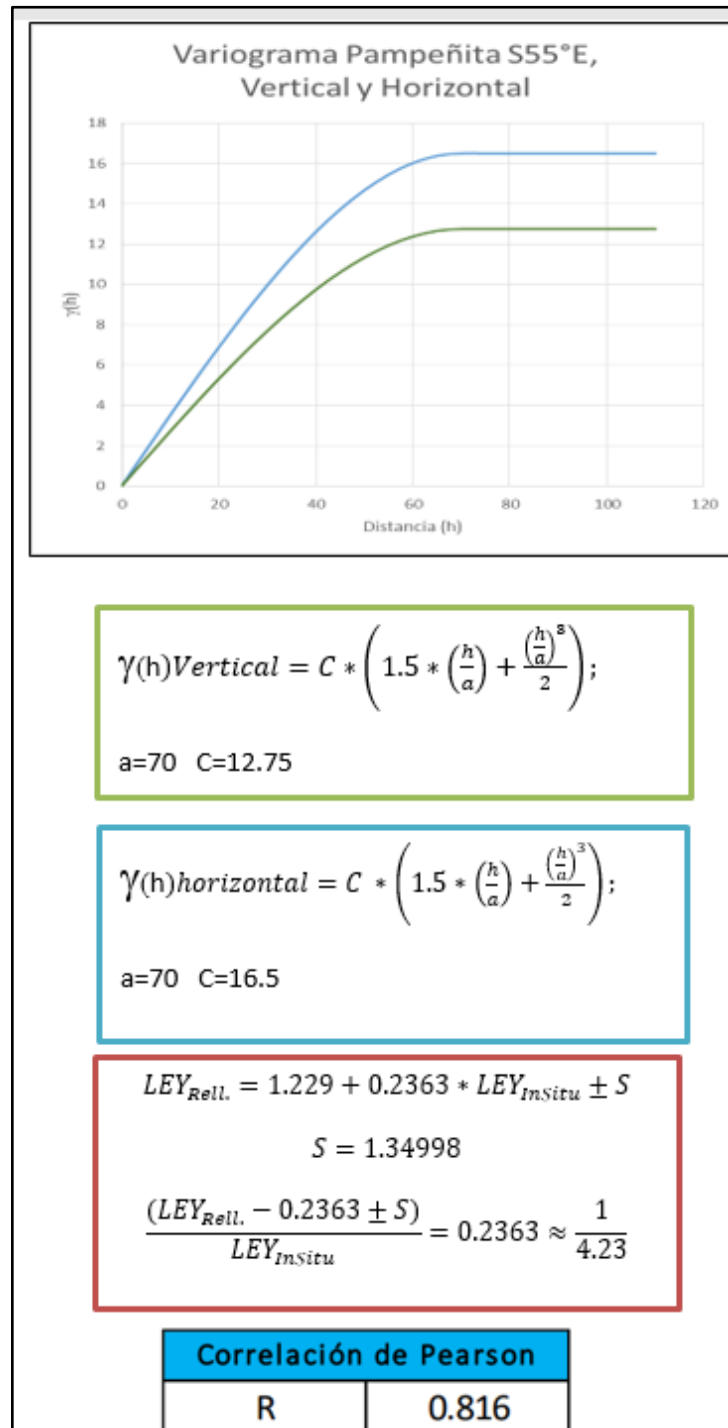
Evaluación de leyes



Fuente: Sierra Antapite

Figura 14.

Evaluación de leyes



Fuente: Sierra Antapite

Para el análisis correlacional de los factores influyentes podemos detallar que tiene un coeficiente de correlación de Pearson, R = 0.816

4.7. REINTERPRETACIÓN DE LOS RECURSOS

Habiendo realizado la evaluación y análisis estadístico se realiza la reinterpretación de los recursos basados en las leyes de mineral en el cual los resultados son:

Tabla 9.

Resultado de leyes

VETA	Ley In Situ	Ley Relleno	TMS
ZORRO ROJO	14.09	3.40	783,884
ANTAPITE	12.68	3.00	226,632
PAMPEÑITA	18.66	3.33	186,256
Ley Global	14.53	3.32	1,196,772
Ratio In situ / Relleno	4.38	1	

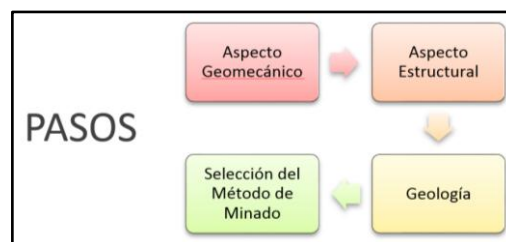
Fuente: Sierra Antapite

4.8. REDIMENSIONAMIENTO DE LA OPERACIÓN

En base al resultado del análisis estadístico, para la recuperación de rellenos se direcciono el acceso trackless a la zona del yacimiento donde se registraron las mejores leyes in situ, en los niveles 3240, 3285, 3360 y 3415.

Figura 15.

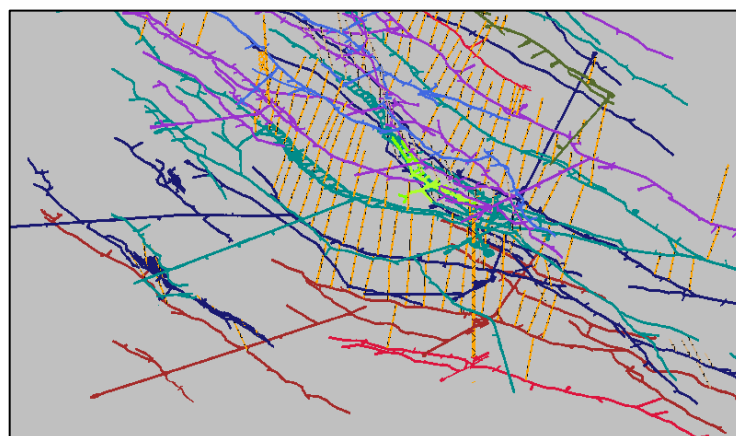
Redimensionamiento



Fuente: Sierra Antapite

Figura 16.

Labores en Sierra Antapite



Fuente: Sierra Antapite

4.9. ASPECTO GEOMECÁNICO

El comportamiento geomecánico del relleno se muestra compactado, no se ha presentado desprendimiento en forma de bloques.

El contenido en el relleno es principalmente cuarzo el cual es de característica rugosa, no se descompone y cuenta con un Angulo de fricción de 45°.

4.9.1. Aspecto estructural

Los resultados después de la evaluación son:

- Buzamiento : 70° SW
- Potencia Relleno : 1.8 m.
- Rumbo : 58° NW
- Ancho de Minado : 2.7 m

4.9.2. Aspecto geológico

La evaluación ha considerado las siguientes leyes:

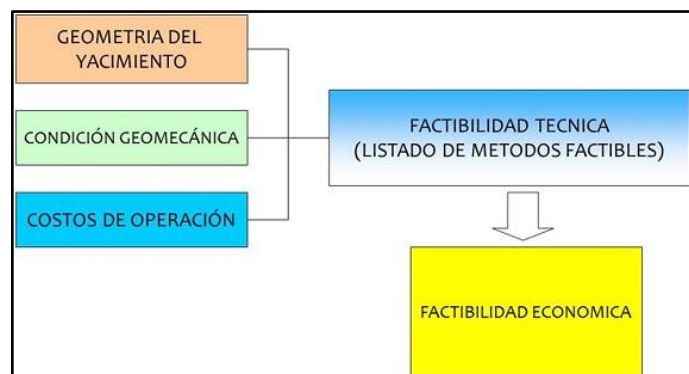
- Ley Relleno : 3.5 g/t. Au.
- Ley Caja Techo : 0.4 g/t. Au.
- Ley Caja Piso : 0.8 g/t. Au

4.10. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO CON NICHOLAS

Metodología de Nicholas (1981), usa las principales características del yacimiento: geometría, características geotécnicas y los costos de minado.

Figura 17.

Selección de método



Fuente: IIMP- Foro TIS

Los principales métodos explotación subterránea que se aplican consideran algunas particularidades que nos permite poder evaluar en relaciona a la valorización, costo de mina, la mecanización del método, la selectividad del recurso, la recuperación del recurso.

Tabla 10.

Diferencia de método de explotación

Metodo	Valorizacion	Ranking	Costo de mina \$/TM	Mecanizacion	Selectividad	Recuperacion	Observacion
Cut and fill	27.71	1°	40 a 150	media	Alta	90%	Baja produccion y alto costo de operacion.
Room and pillar	22.35	2°	10 a 25	Alta	Alta	90%	Relleno en veta tabular de potencia de relleno menor a 1.8m.
Square set	21.3	3°	50 a 80	Baja	Media	90%	Baja produccion, empleo de sostenimiento de madera, cajas inestables
Sub level Stoping	20.97	4°	12 a 20	Alta	Alta	90%	
Shrinkage stoping	20.89	5°	20 a 40	Media	Media	90%	Baja produccion, riesgo de campaneio de relleno y gaseamiento

Fuente: IIMP- Foro TIS

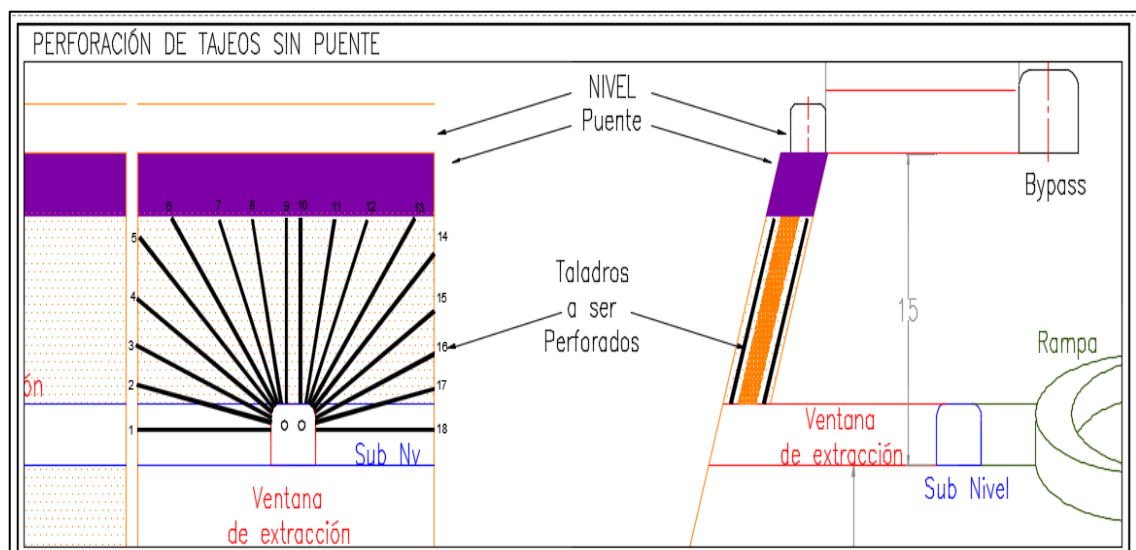
4.10.1. Sub level stoping - SLS

Después de haber realizado el análisis estadístico, considerando los resultados de las leyes y las condiciones de las labores a recuperar y de acuerdo al análisis realizado se tiene que el método resultante es “Tajeo por subniveles”.

Este método va a implicar que el relleno de la abertura generada en forma dinámica siga el avance de la explotación y la consideración estándar del diseño del método de explotación con la perforación de taladros largos.

Figura 18.

Estándar diseño de perforación en taladros largos



Fuente: IIMP – Foro TIS

4.10.2. Prueba de hipótesis

a) Hipótesis Nula (H₀)

Los factores de planeación, operación, seguridad y costos no influyen significativamente en la producción de la unidad minera Sierra Antapite 2021

b) Hipótesis Alterna (H₁)

Los factores de planeación, operación, seguridad y costos influyen significativamente en la producción de la unidad minera Sierra Antapite 2021.

Nivel de Significancia es de 5 %, debe ser igual de $p \leq 0,05$

Estadística de prueba

Para la prueba de dicha hipótesis general, se utilizó la distribución Z, en la cual se determinó que el valor calculado es de: 25.3 y el valor crítico a un 95% de probabilidad es de 1.96.

Tabla 11.

Correlaciones de los factores influyentes y la producción

		<i>Recuperacion de relleno detritico</i>
<i>X. Metodos de explotacion</i>	Correlacion de Pearson	,958
	Sig. (bilateral)	,000
	N	203
<i>Y. Recuperación de los rellenos detriticos</i>	Correlacion de Pearson	1
	N	203

r = 0,958

n = 203,0

Z calculado = 25,3

Decisión:

Cómo se puede observar el valor crítico está dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis general.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. MAXIMIZAR EL VALOR DE VENTA DE LA EMPRESA

La importancia de evaluar y definir la elección de un método de explotación se tendrá en consideración la reinterpretación del recurso en el cual se acumuló 1,927,874 toneladas de recursos, de los cuales 1,203,212 son de relleno detrítico a recuperar.

- Recursos: 1,927,874 toneladas
- Producción anual: 292,000 toneladas
- Vida de la mina: 6.6 años

Tabla 12.

Distribución relleno 2019

RELLENOS				
VETA	TMS	Ancho	g/t Au	Onzas
ANTAPITE	226,632	1.38	3	21,868
PAMPEÑITA	186,256	1.58	3.33	19,962
GABRIELA	2,610	0.86	3.64	306
ZORRO ROJO NORTE	3,830	0.8	3.69	454
ZORRO ROJO	783,884	2.34	3.4	85,745
TOTAL MARGINAL	1,203,212	2.03	3.32	128,335

Fuente: Sierra Antapite

5.1.1. Distribución de recursos

De acuerdo a la distribución podemos considerar la cantidad total del mineral tanto como mena de mineral y mineral marginal.

Tabla 13.

Distribución recursos in situ y relleno, julio 2019

TIPO	TMS	Ancho	g/t Au	Onzas
MENA	143,579	0.96	6.42	29,654
MARGINAL	1,784,296	1.85	3.33	191,221
TOTAL MENA + MARGINAL	1,927,874	1.79	3.56	220,875

Fuente: Sierra Antapite

5.1.2. V.A.N

Considerando los resultados anteriores se calcula el VAN, de esta manera podemos detallar el valor económico.

Tabla 14.

VAN del proyecto

RESUMEN DE EVALUACION	
TEA	15%
VAN	20,687,434

Fuente: Sierra Antapite

5.2. MODERNIZAR LOS PROCESOS DE LA EMPRESA

Se implementa el sistema Trackless en la unidad minera, con mejoras en la productividad y costos por el nivel de equipamiento.

5.3. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN SEGURO

Se reduce los riesgos asociados al método de explotación por el grado de mecanización del ciclo de minado.

El mayor riesgo identificado en la limpieza, se controla por el uso de ventanas o drawpoints, usando scoop con telemando.

5.4. POLÍTICA DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS BAJOS

Métodos masivos de minado que se adecuen a las condiciones del yacimiento, control del riesgo asociado y consecuente reducción de costos.

Tabla 15.

Producción anual y costos por método

COSTOS DE EXTRACCIÓN	
CORTE Y RELLENO CONVENCIONAL	41.0 USD\$/t
HUNDIMIENTO POR TALADROS LARGOS MINERAL IN SITU	38.8 USD\$/t
RECUPERACION DE RELLENO	20.8 USD\$/t
TOTAL	27.3 USD\$/t

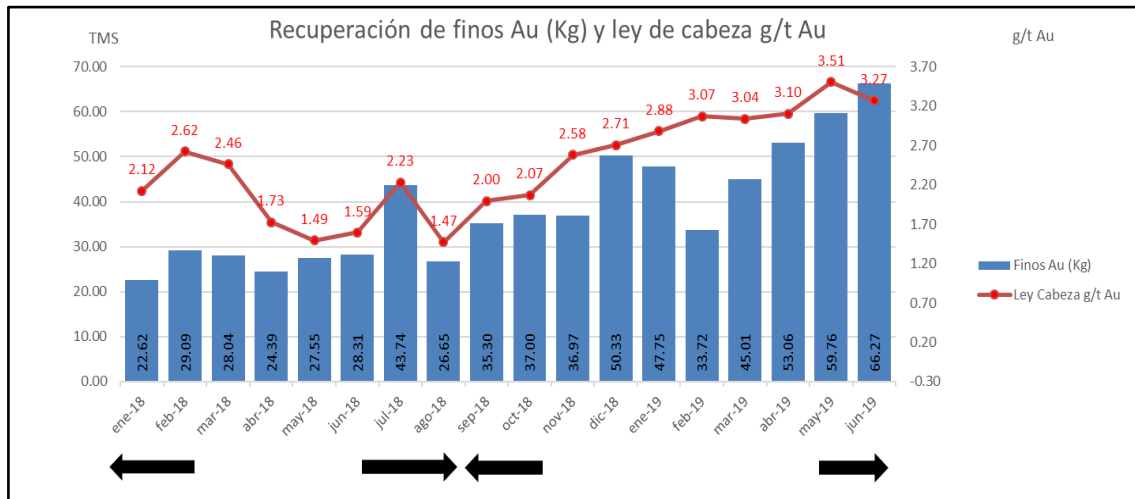
Fuente: Sierra Antapite

5.5. BENEFICIO TRAS LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO

Podemos proyectar los resultados de la implementación del método, de acuerdo al resultado de las leyes de mineral.

Figura 19.

Recuperación de finos



Fuente: Sierra Antapite

De la evaluación estadístico global, la relación entre leyes in situ históricas y de relleno es de 4.38 a 1.

Se cubico el relleno detrítico a través de una regresión lineal de manera conservadora en 1'203,212 toneladas, con 3.22 gr Au/ ton (128,335 Onzas).

El modelo de negocio es rentable: VAN 20,687,434 US\$ @ un interés de 15%, precio 1200 US\$/Onza Au, y mayor vida de mina de 6.6 años.

Usar Taladros Largos en la recuperación de relleno detrítico, redujo el costo de minado en 19.4 \$/t, y elevar la producción de 450 a 800 tm/día.

El precio actual del oro, hace viable la recuperación de rellenos de yacimientos explotados, con factores similares a los que motivaron el cambio de estrategia en la UM Sierra Antapite.

5.6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el pasado, la selección de un método minero para explotar un yacimiento nuevo se basaba en la revisión de las técnicas aplicadas en otras minas y en las experiencias conseguidas sobre depósitos similares, dentro de un entorno próximo.

Actualmente, como las inversiones de capital que se precisan para abrir una nueva mina o para cambiar el método de explotación existente son muy elevadas y la influencia que estos tienen sobre los costos de extracción son muy importantes, es necesario que dicho proceso de selección responda a un análisis sistemático y global de todos los parámetros específicos del yacimiento: geometría del depósito y distribución de leyes, propiedades geomecánicas del mineral y rocas encajantes, factores económicos, limitaciones ambientales, condiciones sociales, etc.

La variabilidad de esos parámetros y las dificultades de cuantificación total de los mismos han impedido el desarrollo de reglas rígidas y esquemas precisos de explotación, aplicables a cada yacimiento particular.

No obstante, los avances logrados en las diferentes ramas de la ciencia y la tecnología, durante las últimas décadas, han permitido establecer unos métodos generales de explotación y unos procesos numéricos de selección, válidos durante la etapa de estudio de viabilidad de un proyecto. Tan importante o más que el método minero, y en ocasiones ligado con el mismo, se encuentran la determinación del ritmo de producción anual y la ley de corte.

Su incidencia sobre la economía del proyecto es muy grande, ya que, por ejemplo, la ley de corte afecta directamente al volumen total de reservas explotables, a la ley media del mineral y en las minas a cielo abierto al ratio estéril/mineral; y por otro lado, el segundo parámetro de diseño, que es la capacidad de producción, si es muy pequeña no permite las economías de escala y da lugar a que los ingresos se consigan de forma muy lenta, y si el ritmo de explotación es intenso conlleva una inversión inicial muy alta, que puede llegar a no recuperarse durante la reducida vida de la mina.

Por todo lo indicado, esta etapa técnica de estudio dentro del desarrollo de un proyecto minero es de suma importancia, ya que condicionará los resultados económicos futuros.

Los factores que tienen un mayor peso en la primera etapa de selección del método minero son los relativos a la geometría y distribución de leyes del depósito, y a las propiedades geomecánicas del mineral y estériles adyacentes.

Mediante el análisis de esos factores se obtendrá una primera clasificación y ordenación de los métodos de explotación que son más adecuados aplicar, desde una perspectiva puramente técnica.

En la segunda etapa se procederá a la evaluación económica, basada sobre un esquema general de explotación, así como al estudio complementario del ritmo de producción y de la ley de corte, necesidades de personal, impactos ambientales y procedimientos de restauración y otras consideraciones específicas.

Con todo ello se determinará el método de explotación óptimo y la rentabilidad económica del mismo.

Al elegir e implementar el método de explotación minera subterránea de tajeo por subniveles con taladros largos, se incrementará la producción, mediante la recuperación de puentes, pilares y rellenos y como resultado de ello también la productividad de la mina.

Se programará el plan de producción y fijaran las leyes mínimas de explotación y corte mensuales para los años de vida de la mina, se procede a la valorización del mismo con precios de mercado para los distintos, obteniendo los ingresos de las ventas de concentrado, para siempre tener presente el Cash Cost.

CONCLUSIONES

1. El método de explotación propuesto influye en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.
2. La implementación del sistema de minado influye directamente en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.
3. La gestión del talento humano influye en la productividad del sistema de minado de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.

RECOMENDACIONES

- Evaluar el método de explotación propuesto para identificar condiciones que puedan influir en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.
- Controlar el sistema de minado considerando que influye directamente en la recuperación de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.
- Evitar la rotación de personal considerando que la gestión del talento humano influye en la productividad del sistema de minado de los rellenos detríticos en la mina Sierra Antapite.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSTILLOS, M & LÓPEZ J., C. “Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras”, Entorno Gráfico S. L. Madrid, España, 1990. 705 pp.
- CARLOS R. SCHERPENISSE, ING, WILLIAM R. ADAMSON, PHD, “Monitoreo y modelamiento de vibraciones para la evaluación y optimización de las voladuras de desarrollo horizontal”, ASP BLASTRONICS S.A. Febrero 2000.
- CARLOS SCHERPENISSE O., “Monitoreo y modelamiento de vibraciones para el control y evaluación del daño por voladuras”, ASP Blastronics Octubre 2006.
- DEL RÍO THOMAS, F. “Comercialización de Minerales”. Ed. Lirio. Lima, Perú, 2005.
- EXSA, (2000). *Manual Práctico de Voladura* (3a. ed.). Lima, Perú: EXSA
- FAMESA EXPLOSIVOS (S.F.). Emulnor. Recuperado el 12 de mayo del 2013 de <http://www.famesa.com.pe/files/producto/19/501.pdf>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, FERNÁNDEZ CARLOS Y BAPTISTA PILAR. Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición, 2006
- HERRERA, AURA. “Criterios de validez de instrumentos en la investigación científica. Ed. Nuevo Perú. Lima, 1998.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO (1994). Manual de Perforación y Voladura de Rocas, (3a. ed.). España: IGME
- JÁUREGUI AQUINO, O. A. (2009), Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la Optimización de los Estándares de Operaciones unitarios de Perforación y Voladura, Tesis publicada, PUCP, Lima, Perú.
- KONYA C. (1998) Diseño de Voladura (1a. ed.). México:[s.n]
- LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ, “Control De Vibraciones”, Departamento de Engenharia de Minas Escola Politécnica da Universidad de São Paulo, 1995.
- NERIO ROBLES, “Excavación y sostenimiento de túneles en roca”, 1994
- SOCIEDAD INTERNACIONAL DE INGENIEROS DE EXPLOSIVOS, “Manual del Especialista en Voladura”, 17ª Edición – 2008.
- VARGAS ZÚÑIGA FERNANDO. Aplicación de taladros largos en mina el Porvenir, Empresa Minera Milpo S.A. UNMSM, Lima. 2002.

ANEXOS

MUKI LHP

Jumbo taladros largos para Vetas Angostas



Micro jumbo electrohidráulico para perforación de taladros largos, con brazo pendular que permite realizar movimientos precisos y suaves para la perforación de taladros paralelos.

Viga long hole serie 2500 con 2 stinger y mordaza hidráulica. Equipado con perforadora Montabert HC 50 (14 kW), incluye clinómetro digital para medir los ángulos de perforación.

Full 360°, 1.44m de cobertura horizontal paralela; 15 m de longitud de perforación máxima, diámetros de 74 mm y rimado de 102 mm.

Chasis de 1.05 m de ancho, articulado 4WD, auto propulsado con motor diésel
Fabricado y probado en nuestros talleres en Lima.

Aplicaciones:

- Explotación por sub niveles, banqueo.
- Hundimiento por subniveles.
- VCR y taladros de cable bolting.

www.resemin.com



Foto 1. Ficha técnica del taladro para vetas angostas Jumbo Muki LHP



Foto 2. Muki LHP_taladros largos (Resemin)



Foto 3. Muki FF_Avances lineales(Resemin)



Foto 4. Scoop LH203 2.2 Yd3(Sandvik)



Foto 5. Carguío de taladro 1



Fotos 6. Carguío de taladros 2



Foto 7. Carguío de taladros 3



Foto 8. Conexión de accesorios de voladura



Foto 9. Instalación de conexión de accesorios de voladura

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 054-2022-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH y Resolución Decanal N° 158-2021-FIMGC-UNSCH-D, deja constancia que Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : CHELDO CANALES, Davila
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : "EVALUACION DEL METODO DE EXPLOTACION DE TALADROS LARGOS PARA LA RECUPERACION DEL RELLENO DETRITICO EN SIERRA ANTAPITE - 2019"
Evaluación de la Originalidad : 14 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 1879343454

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 05 de agosto del 2022

Firmado digitalmente
por LEZAMA
CUELLAR CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
de la FIMGC

Con depósito para Sustentación y Tramite de Titulo

“EVALUACION DEL METODO DE EXPLOTACION DE TALADROS LARGOS PARA LA RECUPERACION DEL RELLENO DETRITICO EN SIERRA ANTAPITE - 2019”

por Davila Cheldo Canales

Fecha de entrega: 05-ago-2022 10:21p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1879343454

Nombre del archivo: Tesis_CHELDO_CANALES_DAVILA_EPIM.pdf (1.95M)

Total de palabras: 12929

Total de caracteres: 77199

"EVALUACION DEL METODO DE EXPLOTACION DE TALADROS LARGOS PARA LA RECUPERACION DEL RELLENO DETRITICO EN SIERRA ANTAPITE - 2019"

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words