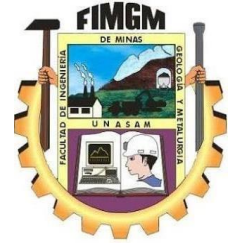




UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y
RELLENO ASCENDENTE PARA LA EXTRACCIÓN DE RESERVAS
MINERALES DEL TAJO 328 CÍA. MINERA MAGISTRAL DE
HUARAZ S.A.C. - 2022**

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

PRESENTADO POR:

Bach. HUERTA RONDAN Henry Cristian

ASESOR:

Dr. Ing. TORRES YUPANQUI Luis

HUARAZ – PERÚ

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las trece horas con cero minutos de la tarde (13:00 p.m.) del día doce de Junio del Dos mil Veintitres (12/06/23), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 113-2023-FIMGM/D, de fecha 06 de Junio del 2023, integrado por los siguientes Docentes: Dr. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES, como Presidente; Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO, como Secretario y el M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA, como Vocal; para la sustentación de la tesis Titulado: "IMPLEMENTACION DEL METODO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE PARA LA EXTRACCIÓN DE RESERVAS MINERALES DEL TAJO 328 CIA MINERA MAGISTRAL DE HUARAZ S.A.C. - 2022" presentado por el Bachiller HENRY CRISTIAN HUERTA RONDAN, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N° 113-2023-FIMGM/D de fecha 06 de Junio del 2023. Acto seguido se invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECISIETE (17). Aprobado con Distinción.** Siendo las catorce horas y cinco minutos (14:05 p.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.


Dr. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES
Presidente


Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO
Secretario


M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA
Vocal


Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20)**, **APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18)**, **APROBADO (14-16)**, **DESAPROBADO (00-13)**.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS,
GEOLOGIA Y METALURGIA**



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"IMPLEMENTACION DEL METODO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE PARA LA EXTRACCION DE RESERVAS MINERALES DEL TAJO 328 CIA MINERA MAGISTRAL DE HUARAZ S.A.C. - 2022"** presentado por el Bachiller **HENRY CRISTIAN HUERTA RONDAN**, y sustentada el día 12 de Junio del 2023, por Resolución Decanatural N° 113-2023-FIMGM/D, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 12 de Junio del 2023




Dr. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES
Presidente



Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO
Secretario



M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA
Vocal



Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI
Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO
ASCENDENTE PARA LA EXTRACCIÓN DE RESERVAS MINERALES DEL TAJO 328
CIA. MINERA MAGISTRAL DE HUARAZ S.A.C. - 2022**

Presentado por: **BACH. HUERTA RONDAN HENRY CRISTIAN**

con DNI N°: **76677689**

para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de :**24%** de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje			
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, **08/02/2023**



FIRMA

Apellidos y Nombres: **DR. ING. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI**

DNI N°: **08085204**

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis de Henry Cristian Huerta Rondan.d
ocx**

AUTOR

Cristian Rondan

RECUENTO DE PALABRAS

14728 Words

RECUENTO DE CARACTERES

78888 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

May 1, 2023 12:45 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 1, 2023 12:46 PM GMT-5**● 24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Bloques de texto excluidos manualmente

A Dios por la salud, bendiciones y éxitos que me brinda; a mis padres por su apoyo y soporte incondicional mantenido a través del tiempo, a mi hermana por su fuerza espiritual, a mi esposa por su cariño, comprensión y ser los motivos de mis esfuerzos.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a todos los docentes e ingenieros de la carrera profesional de ingeniería de minas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por ser parte de mi formación profesional y brindarme las herramientas necesarias para desenvolverme en esta noble profesión.

Asimismo, agradecer de manera cordial a la UNIDAD MINERA “AQUIA” de la Empresa Minera Magistral de Huaraz S.A.C, por acogerme y formar parte de esta gran familia, a su jefe de zona Ing. Neyl Martínez Venegas, por la confianza depositada en mí y apoyarme desde mis inicios. Y también a todos mis compañeros de dicha empresa.

Para finalizar, agradezco de manera especial a todas las personas que me acompañaron en todo este tiempo de mi formación profesional como ingeniero de minas, como son mis compañeros de la universidad, amigos y familiares, por brindarme su apoyo moral, espiritual, amistad y formar parte de mi motivación para seguir adelante.

RESUMEN

La tesis tiene por objetivo general implementar el método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022. Se justifica porque con la implementación del método de explotación corte y relleno ascendente en vetas que tienen buzamiento hasta menores de 50° y las cajas sean Rocas Regular, con un RMR de 40. Tipo de investigación es aplicada, y el nivel de estudio es descriptiva, el método es el científico, como método general. Los resultados más importantes determinan que el incremento de la producción de 18 100,00 TM a 25 688,00 TM; aumentando la producción en un 41.92%, lo que al final se traduce en ganancias. El resultado más importante fue que el yacimiento de la mina Magistral está emplazado en el grupo Goyllarisquisga, constituido por Lutitas, y calizas, de la formación Pariahuanca, con un RMR de 58 clase III calidad media, con dos sistemas de fallamiento uno con orientación NW-SE y el otro E-W.

Palabras claves: Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente, extracción de reservas minerales, Tajo 328, Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C., 2022

ABSTRACT

The general objective of the thesis is to implement the ascending cut and fill stoping method for the extraction of mineral reserves from the Tagus 328 Cía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022. It is justified because with the implementation of the ascending cut and fill stoping method in veins that dip to less than 50° and the boxes are Regular Rocks, with an RMR of 40. Type of investigation is applied, and the level of study is descriptive, the method is scientific, as a general method. The most important results determine that the increase in production from 18,100.00 MT to 25,688.00 MT; increasing production by 41.92%, which ultimately translates into profits. The most important result was that the Magistral mine deposit is located in the Goyllarisquisga group, made up of shales and limestone from the Pariahuanca formation, with an RMR of 58 class III medium quality, with two fault systems, one with a NW orientation. -SE and the other E-W.

Keywords: Implementation of the ascending cut and fill stoping method, extraction of mineral reserves, Pit 328, Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C., 2022

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Entorno Físico.....	1
1.1.1. Ubicación y acceso	1
1.1.2. Topografía.....	2
1.1.3. Recursos naturales	2
1.1.4. Clima y vegetación	3
1.2. Entorno Geológico.....	4
1.2.1. Geología regional.....	4
1.2.2. Geología local	8
1.2.3. Geología estructural	13
1.2.4. Geología económica.....	15
CAPITULO II.....	18
FUNDAMENTACIÓN	18
2.1. Marco Teórico	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2. Fundamentación teórica	21
2.2.1. Minería Subterránea.....	21
2.2.2. Clasificación de Métodos.....	21
2.2.3. Selección del método de explotación por aproximación numérica.....	22
2.2.4. Corte y Relleno Ascendente (Over cut and fill).....	26

2.3. Definición de Términos.	35
CAPITULO III	36
METODOLOGÍA.....	36
3.1. <i>El Problema.</i>	36
3.1.1. Formulación del Problema.....	37
3.1.1.1. Formulación del problema General.....	37
3.1.1.2. Problemas Específicos	37
3.1.1. Objetivos de la investigación.....	37
3.1.1.1. Objetivo General.....	37
3.1.1.2. Objetivos Específicos.	38
3.1.2. Justificación e importancia.	38
3.1.3. Alcances.....	39
3.1.4. Limitaciones de la investigación.....	39
3.2. Hipótesis	40
3.3. Variables	40
3.3.1. Operacionalización de variables	41
3.4. Diseño de la investigación	41
3.4.1. Tipo de investigación.....	41
3.4.2. Nivel de la investigación.....	42
3.4.3. Método	42
3.4.4. Diseño de investigación	42
3.4.5. Población y muestra.....	42
3.4.6. Técnicas, Instrumentos de recolección Técnicas de procesamiento de datos	43

CAPITULO IV	45
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos	45
4.2. Características geológicas, geomecánicas y geométricas del macizo rocoso.....	45
4.2.1. Características de la roca	45
4.2.2. Discontinuidades de la masa rocosa	46
4.2.3. Meteorización y alteración.....	46
4.2.4. Criterios según la resistencia de la masa rocosa	46
4.2.5. Criterios según las características de fracturamiento de la roca	47
4.2.6. Criterios según las condiciones de las paredes de las discontinuidades	47
4.2.7. Condiciones geomecánicas	48
4.2.8. Controles y sostenimiento.....	48
4.3. Método de corte y relleno ascendente	49
4.3.1. Diseño de labores mineras	50
4.3.2. Sustento de los ciclos de minado	52
4.4. Extracción de reservas aplicando el método de explotación Corte y relleno ascendente convencional	57
4.5. Discusión de resultados	63
4.6. Aportes del tesista.....	63
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
ANEXOS.....	69

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS	70
ANEXO 2. ACRÓNIMOS	71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Magistral.	1
Figura 2. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente.	26
Figura 3. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente	29
Figura 4. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente semimecanizado.....	30
Figura 5. Método corte y relleno ascendente mecanizado.	31
Figura 6. Ciclo de Minado en un Corte y Relleno mecanizado.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distancias aproximadas de la ruta a la mina Magistral.	2
Tabla 2. Reservas minerales	17
Tabla 3. Distribución de leyes y Geometría del yacimiento.....	23
Tabla 4. Características geomecánicas de las rocas.	24
Tabla 5. Valores para la aplicabilidad de los métodos de explotación.....	25
Tabla 6. Clasificación según la distribución de leyes y geometría del yacimiento	25
Tabla 7. Clasificación según las particularidades geomecánicas de las rocas: Zona del mineral.....	25
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	41
Tabla 9. Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski 1989.....	49
Tabla 10. Producción proyectada para el año 2022.....	57
Tabla 11. Producción optimizada detallada de explotación minera del año 2022.	58
Tabla 12. Cuadro comparativo de la producción programa y la real en el año 2022.....	59
Tabla 13. Plan de Producción año 2022.	60
Tabla 14. Requerimiento de explosivos y accesorios 2022.....	61
Tabla 15. Cronograma de ejecución de las actividades 2022.....	62

INTRODUCCIÓN

La Unidad Económica Administrativa AQUIA, se encuentra ubicada en el paraje denominado TUCU, distrito de AQUIA, comprendida en la provincia de Bolognesi, departamento de Ancash, a una cota de 4,708.52 msnm. La SMRL Magistral de Huaraz S.A.C, propietaria de la concesión, viene realizando sus operaciones de explotación de minerales metálicos desde el año 1953, de acuerdo a las normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas, con respecto a la conservación del medio ambiente, así como también respetando el reglamento de seguridad y salud ocupacional (DS 024-2016 EM – modificatoria DS 023- 2017 EM), dentro del marco legal que los ampara. De igual manera se trabaja capacitando a todo el personal que labora en la unidad, creando una cultura de seguridad, y salud ocupacional en bien de la salud de los trabajadores y de la sociedad. Se explotan los minerales, creando fuentes de trabajo para diferentes rubros y más que nada puestos de trabajo para todo personal que quiera trabajar en dicha unidad, preparándolos en diferentes actividades dentro de la minería convencional.

Las condiciones económicas actuales requieren que las operaciones mineras se basen en soluciones innovadoras con las que optimizar la extracción del recurso mineral. En minería, el concepto de mineral es un concepto económico. Se entiende como mena a aquella concentración de minerales que pueden ser explotados y convertidos en un producto vendible para generar una ganancia financieramente aceptable bajo las condiciones económicas existentes. El mineral no existe hasta que ha sido adecuadamente definido, para lo cual se requiere haber acreditado fehacientemente las leyes y calidades minerales presentes en el yacimiento y su distribución. Se necesita un conocimiento suficiente del depósito mineral, de la tecnología minera, los métodos de procesamiento y los costes y los

mercados para llevar a cabo un estudio de viabilidad que evalúe la posibilidad de convertirse en una mina. (Mining Technologies Innovation Lab, 2020).

La calidad del macizo rocoso de RMR promedio de caja techo y pisos es 58, el RMR de la mena es 39, la resistencia compresiva Uniaxial de la caliza es de 6.3 MPa, la geometría indica un depósito mineral que se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW que es la principal manifestación de la orogenia andina, el eje de dicho plegamiento es de N 46° W y tiene un buzamiento de 22°. En la zona del limbo los lentes del mineral han sido desplazados por una falla sub vertical conjugada cuyo rumbo es N 30-40° W y un buzamiento 70 - 80° N el desplazamiento es de 2 a 10 mts. Se determinó que el método de Cut and Fill o de corte y relleno ascendente es el adecuado, según los trabajos de campo realizados en el macizo rocoso, la forma de yacimiento, la inclinación de la veta, calidad de roca, cizallamiento del mineral, buzamiento entre otros, con ello se asegura el sostenimiento del proyecto. (Buendía, 2021, p. 16).

La tesis consta de:

CAPÍTULO I: Aspectos Generales; Se mencionará los detalles con respecto al entorno físico (ubicación, accesos y geológico de la mina Magistral).

CAPÍTULO II: Fundamentación Teórica; Los antecedentes de la investigación la definición de términos y el marco teórico.

CAPÍTULO III: Metodología; Se trata sobre el planteamiento de problema, se detalla formulación de problema, objetivos planteados y la justificación del presente trabajo.

CAPÍTULO IV: Resultados de la investigación.

Por último, se muestran las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPITULO I

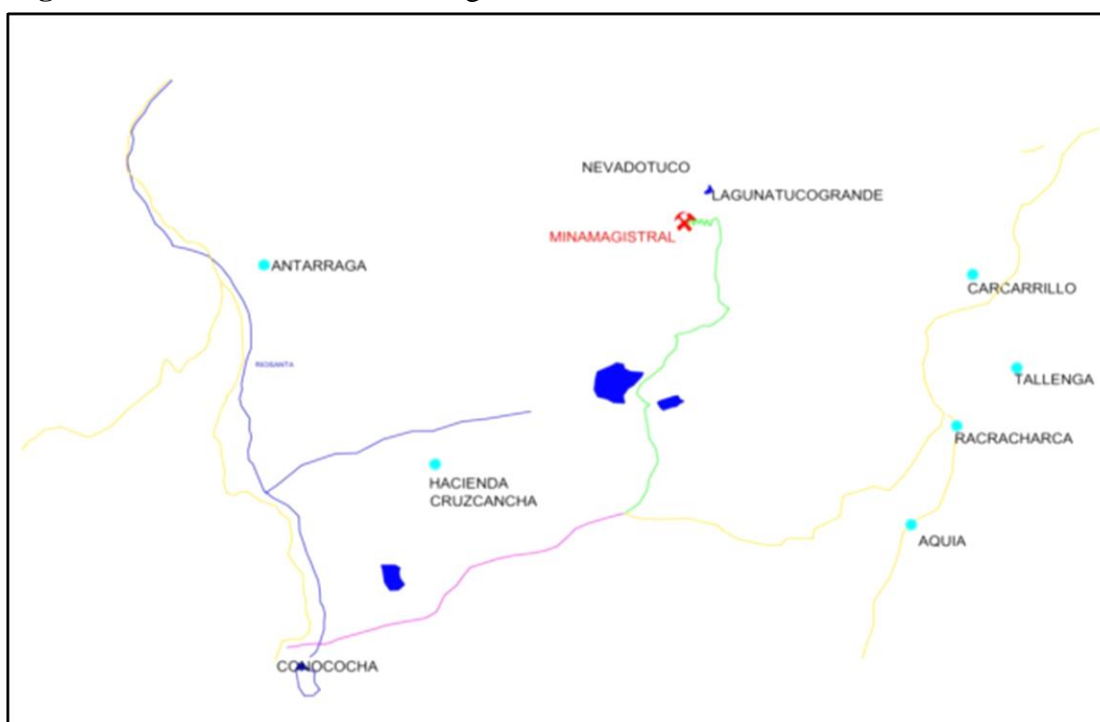
GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

La mina Magistral se encuentra ubicado al NW de Chiquián y al SE de Cátac, políticamente la mina pertenece al distrito de Aquia, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. Geográficamente, la mina Magistral está situada al NW de un valle en la región geográfica de janga o puna y próximo al nevado Tuco (naciente del río Santa), región que se conoce también como el nudo de “Conococho”, y que corresponde a las primeras estribaciones de la Cordillera Blanca, a una altitud promedio de 4,750 m.s.n.m. (Ver Plano de ubicación). (Mori, 2017, p. 10).

Figura 1. Ubicación de la mina Magistral.



Fuente: Renzo Mori Villanueva, 2017.

Acceso:

Para llegar a la mina Magistral partiendo desde la ciudad capital del Perú, Lima, se toma la ruta Lima – Pativilca - Conococha, - Casablanca - Mina. (Mori, 2017, p. 11).

Tabla 1. Distancias aproximadas de la ruta a la mina Magistral.

Origen - Destino	Distancias
Lima – Pativilca	204.0 kilómetros
Pativilca – Conococha	123.0 kilómetros
Conococha – Desvío a mina (Casablanca)	9.0 kilómetros
Desvío a mina – mina	21.0 kilómetros
Total	357.0 kilómetros

Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Topografía

La superficie de la mina Magistral comprende terrenos agrestes en la parte más alta de la mina los cuales en algunas partes son inaccesibles, en la parte intermedia ya el terreno es más llano con pendientes que van desde 15° a 20° y cerca al río Tuco el terreno es ampliamente llano ya que considera el valle del río. (Mori, 2017, p. 11).

1.1.3. Recursos naturales

Flora: La flora de la zona de la mina Magistral corresponde; arbustos silvestres como el quenual, pastos naturales, plantas nativas de la zona alto andina o puna como el ichu.

Fauna: La fauna de la zona de la mina Magistral al ser ubicado en la zona alto andina corresponde; aves silvestres, chinchillas, y roedores, en la zona también se practica el pastoreo de animales domesticados como el ganado ovino y el ganado vacuno. (Mori, 2017, p. 11).

1.1.4. Clima y vegetación

Según la división climática de W. Koppen (1984), el área de estudio presenta un clima frío, cuyas temperaturas mínimas se producen entre los meses de “Mayo – Agosto” oscilando entre los “10°C a -15°C”. Los mayores registros de precipitaciones pluviales en la zona ocurren entre los meses de “Noviembre – Abril”. La vegetación en el área circundante a la mina y zonas adyacentes es escasa; típicamente se constituye por “Stepha Obtusa”, la presencia de esta vegetación en las zonas de mayor densidad (partes bajas adyacentes a la bocamina del nivel 01) reduce los efectos erosivos de las aguas de precipitación. La zona de estudio tiene altitudes que varía entre los 4.500 hasta 5.100 m.s.n.m., correspondiendo a un clima húmedo a húmedo frígido, característico de las zonas andinas. La temperatura varía estacionalmente en el rango de 10°C hasta por debajo del punto de congelamiento. La humedad relativa promedio es de 60%, variando e incrementando en épocas de lluvia o verano y menores durante el invierno o época seca. La vegetación existente en el entorno está constituida por gramíneas conocido como “ichu”, también existen plantas herbáceas especialmente de la familia de las compuestas. En el flanco se presentan hierbas de los géneros *Asplenium Polystichum* y *Polypodium*. En terrenos planos y húmedos y en laderas rocosas, existen plantas. Que forman

alfombras cerradas y duras. En las zonas húmedas existe la jureacea y la yareta, así mismo existen plantas almohadillas. En las zonas bajas se encuentran vegetación más densa y variada como plantas semi- arbustivas. Según la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERS), indican que la Flora del Parque Nacional Huascarán (PNH) está representada por especies arbóreas, arbustivas en número de 93 familias, 309 géneros y de 551 especies. La fauna nativa se observan vizcachas, zorro andino, el zorrino. Las aves están representadas por fringílicos, la lechuza de los arenales, los pamperos, perdices, el puco puco, ganso andino. La fauna en las laderas es más variada, se observan bandurrias, el yanavico, la tórtola cordillerana, las golondrinas y el jilguero negro. También existen especies en vías de extinción como el cóndor andino, comadrejas, puma, taruca, venado gris de los andes. (Flores, 2016 citado por Rodríguez, 2018, p5)

1.2. Entorno Geológico

1.2.1. Geología regional

En cuanto a la geología regional el área de estudio desde el punto de vista presenta una secuencia de sedimentos Jurásico - Cretácico de la parte occidental del grupo Gollarisquizga constituido por lutitas, cuarcitas y calizas fuertemente plegadas y sobre esto en discordancia angular los volcánicos terciarios Calipuy. Las intrusiones son del tipo stock de tonalita y algunas apófisis de pórfidos cuarcíferos de naturaleza monzonítica. 3 (Mori, 2017, citado por corcino, 2022, p. 14).

✚ **Formación Chimú (ki-ch):** La de chimú formación aflora mayormente en el sector NE del área, estructuralmente se presenta plegada y fallada,

litológicamente consiste de areniscas cuarzosas limpias con estratificación cruzada y cuarcitas blancas, se presentan en bancos potentes y fuertemente cizallados. En los lugares donde aflora debido a su dureza constituye zonas escarpadas y abruptas. Su grosor es variable de 150 a 400 mts. Yace supra yaciendo a la formación Chicama e infra yace a la formación Santa, se le asigna una edad Valanginiano del cretáceo inferior.

✚ **Formación Santa (ki-sa):** En seguida vemos la formación Santa área se le da cartografía a una secuencia de calizas grises en estratificación delgada, ocasionalmente con fragmentos conchíferos y horizontes de calizas dolomíticas resaltando la Ankerita por sus relieves positivos a la erosión. Estructuralmente esta secuencia se encuentra plegada disarmónicamente, pudiendo apreciarse fuertes sobre escurrimientos en el área estudiada, en especial frente al yacimiento. Normalmente estas calizas sobre yacen a las cuarcitas Chimú e infra yacen a la formación Carhuaz. Su espesor se estima entre 100 a 350 mts. Aproximadamente y se le asigna también por la fauna encontrada al Valanginiano Cretácico inferior.

✚ **Formación Carhuaz (ki-c):** De mismo modo la formación Carhuaz formación consiste mayormente de lutitas con algunos horizontes de areniscas grises que por meteorización presenta una coloración marrón amarillenta. Tectónicamente es una unidad suave e incompetente algo plástica que yace mayormente sobre la formación Santa. La formación generalmente infra yace concordante a las cuarcitas de la formación

Farrat, aunque en los extremos Sur Occidentales de la cuenca se le encuentra infra yaciendo a las calizas de la formación Pariahuanca. Se le asigna una edad Aptiano Cretáceo Inferior. (Morí, 2017 citado por corcino, 2022, p. 15).

✚ **Formación Pariahuanca (ki-ph):** La formación Pariahuanca consiste en bancos medianos de calizas finas de color grises, se estima su grosor en 50mts. En el área de estudio aflora en la margen derecha de la quebrada Tuco y estructuralmente consiste de un sinclinal recumbente que descansa sobre las lutitas Carhuaz. Es de gran importancia desde el punto de vista económico-minero, porque la mineralización en Magistral está controlada por esta formación en su contacto con las lutitas Carhuaz. Infra yace en discordancia angular a los volcánicos Calipuy.

✚ **Formación Calipuy (N-ca):** También consideraremos de la siguiente secuencia de piroclásticos y derrames de grosor considerable, supra yaciendo en discordancia angular a las formaciones Cretácicas plegada. El grosor de la unidad se calcula en 100 m, aproximadamente, litológicamente está constituida por piroclásticos y derrames volcánicos. Se puede diferenciar dos unidades:

- Unidad brechoide. Está conformado por una secuencia de piroclásticos de colores abrigados que están constituidos por una matriz de grano fino y que engloba clastos de constitución variada que pueden ser calizas, lutitas e inclusive volcánicos.

- Unidad porfirítica. Mayormente está conformado por derrames y flujos andesíticos de textura porfirítica y colores abigarrados macroscópicamente se puede apreciar fenocristales de plagioclasas, homblenda y ocasionalmente piroxenos.
- ✚ **Depósitos Morrenicos (Q-mo):** En los sectores septentrionales del área y en cotas superiores a los 4200 msnm se le han cartografiado depósitos de origen glaciar que se encuentran mayormente represando las lagunas glaciares y que son indicadores del retroceso gradual de los glaciares en el pleistoceno. Litológicamente están constituidas por materiales semiconsolidados de cantos subredondeados y estriados, de granulometría heterogénea que varían desde bloques de un metro hasta guijarros de 2cm, en una matriz limo-arcillosa y ocasionalmente gravilla y arena fina. (Morí, 2017, citado por corcino, 2022, p. 16).
- ✚ **Depósitos consolidados:** Se han agrupado a los materiales aluviales y los conos de escombros o talud que se presentan en el área cubriendo a las litologías anteriormente mencionadas. Las terrazas aluvionales a lo largo de los afluentes del río Pativilca han ocurrido dentro de la etapa de erosión "canon" y nos revela los últimos levantamientos ocurridos en esta etapa.
- ✚ **Rocas intrusivas:** En esta área afloran rocas acidas a intermedias ubicadas en el sector meridional, pero a manera de stoks y diques aislados que a traviesan tanto a las formaciones cretácicas como a la volcánica.

- ✚ **Granodiorita Tonalita (KN-ga. /Toh):** De igual manera los vértices SE y SW del área afloran potentes stocks de composición granodiorita que pasan parcialmente a tonalita. Macroscópicamente se observa una roca eurócrata, textura fanerítica de grano a medio a grueso, con cristales de ortosa, plagioclasa, así como biotita y hornblenda en mejor proporción se le ha considerado como perteneciente al batolito de la costa de edad Cretácico Neógeno.
- ✚ **Pórfido Cuarzo Monzonítico (Kn-cmz):** Pequeñas intrusiones, así como diques y sills son frecuentes, emplazados tanto en formaciones cretáceas como en la formación Calipuy. Estructuralmente están controlados por fallamientos concordantes o discordantes con la estratificación. Macroscópicamente se observan de textura porfirítica con abundantes feldespatos y notorios los fenocristales de cuarzo hialino y en menor proporción los ferromagnesianos. Meteoriza con colores amarillentos, dados por la oxidación de los máficos. (Morí, 2017 citado por Corcino, 2022, p. 17).

1.2.2. Geología local

En el distrito minero aflora la secuencia sedimentaria del cretáceo medio superior, que está dada por las Lutitas negras de la formación Carhuaz y hacia el centro del sinclinal tendremos las calizas en capas gruesas, de color gris claro de la formación Pariahuanca, la secuencia en general sigue un rumbo de N 20-30° W y buzamiento de 30-46 al SW. El yacimiento se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW que es la principal manifestación de la orogenia andina, el eje de dicho plegamiento es de N 46° W y tiene un

plunge de 22°. En ambos flancos del sinclinal entre las formaciones sedimentarias Carhuaz y Pariahuanca se tiene la presencia de mineralización puesto en manifiesto como mantos, vetas y cuerpos irregulares. Los mantos y cuerpos mineralizados se ubican dentro de un estrato calcáreo el cual superficialmente tiene un relieve positivo, dicho estrato cuyo espesor es de 400.00 metros., presenta zonas de alteraciones constituidos por óxidos y carbonatos recristalizados los cuales son notorios por la coloración y la recristianización producida solamente en la proyección superficial de los mantos y cuerpos de Magistral no así a lo largo del estrato donde se tiene conocimiento que anteriormente se han trabajado hacia el norte estructuras mineralizadas, hacia el sur no se observa alteración superficial por estar cubiertas por las morrenas glaciales, pero se tiene trabajando en profundidad estructuras mineralizadas producto de la tectónica que dio lugar al plegamiento que viene asociado consigo un fallamiento que se manifiesta mediante fallas transversales a la estructura, dichas fallas son de poco recorrido (al menos este no se nota en la superficie), casi verticales que han desplazado al horizonte calcáreo que es lo más notorio en superficie y que de algún modo ha controlado la mineralización a lo largo de todo el yacimiento. También tenemos producto de la flexura fallas de rumbo o sobre escurrimientos que se han producido aprovechando los planos de estratificación, algunas de estas fallas de rumbo, presenta una mineralización incipiente como el 240, la cual por estar en capas arcillosas no ha sido favorable para la mineralización por ser un material impermeable y no presentar las características geológicas más favorables; los cuerpos

mineralizados son lenticulares y concordantes con la estratificación y de carácter estrato ligado - estratiforme.

Los pliegues y sobre escurrimientos del distrito comprenden el 90% del área, el que se considera bajo esta denominación tectónica y se ubica íntegramente hacia el sector este, se caracteriza por presentar potentes secuencias sedimentarias plegadas y asociadas a grandes sobre escurrimientos, desarrollados en rocas cretácicas. (Morí, 2017, citado por Corcino, 2022, p. 18). Los pliegues vistos en esta zona varían tanto en forma como en tamaño y dependen de las rocas en que se han desarrollado. Hacia la margen derecha de la quebrada Tucu se halla un pliegue sinclinal volcado desarrollado sobre las lutitas Carhuaz y en el núcleo estratos masivos de caliza de la formación Pariahuanca. Hacia la otra margen se aprecia pliegues decumbentes en las calizas de la formación Santa las cuales son bastantes plásticas.

- ✚ **Formación Carhuaz. (ki-c):** Sobre yace a la formación Santa en forma concordante y solo expone el techo de la secuencia en la quebrada Tucu en el extremo occidental del cerro Ichichira, su morfología constituye superficies suaves onduladas, deleznable y fácilmente erosionables. Litológicamente está constituido por paquetes delgados de arenisca cuarzosa, arenisca de grano medio y lutitas de grano fino gris oscuras, limoarcillitas de colores grises a gris verdosas con niveles delgados de yeso principalmente en la base de la formación, algunas veces se hace presente areniscas ferruginosas friables de grano fino intercalado con areniscas limolíticas de

estratificación centimétrica. (Mori, 2017 citado por Corcino, 2022, p. 19).

✚ **Formación Farrat. (Ki-f):** Sobreyace a la formación Carhuaz en forma concordante y subyace a la formación Pariahuanca en aparente concordancia, en parte está cubierta por depósitos lacustrinos y cuaternarios recientes, viene a constituir la unidad menos potente del grupo Goyllarisquizga, no permitiendo en algunos casos su representación a la escala indicada. Principalmente su litología consiste de areniscas blancas friables de grano medio bien seleccionados, con algunos niveles delgados de limoarcillitas principalmente hacia la base. Al no presentar fósiles, se le asigna por su posición estratigráfica una edad correspondiente al Aptiano Superior, y se correlaciona con la parte inferior del grupo Goyllarisquizga del sector Oriental de la zona de estudio. (Mori, 2017, citado por Corcino, 2022, p. 19).

✚ **Formación Pariahuanca. (Ki-ph):** Se encuentra sobre yaciendo a la formación Farrat en aparente concordancia, e infra yace también en concordancia a la formación Chúlec, constituye la unidad calcárea del cretáceo que aflora en el geosinclinal, aflora en el sector central de la mina su litología está compuesta principalmente por bancos de La geología local de la mina Magistral de Huaraz nos muestra las formaciones concordantes que expone el techo de la secuencia en la quebrada Tucu. Calizas macizas de color gris azulado, de estratos cuyos bloques son de 1.00 a 2.00 m. de espesor, con ligera apariencia

lajosa, están intercaladas con calizas margosas y delgadas capas de calizas ferruginosas, la potencia estimada es de 100 m., pero que se adelgaza a medida que se dirige hacia el sur. Esta formación está intruida por rocas intrusivas tipo diques sills y algunos stocks generando aureolas de skarn, donde se presenta la mineralización de Zn, Pb, Ag y Cu. (Morí, 2017, citado por Corcino, 2022, pp. 19-20).

✚ **Formación Pariatambo. (KI-PT):** Se encuentra sobre yaciendo a la formación Chúlec en forma concordante e infra yaciendo a la formación Pariahuanca también en concordancia, se encuentra encerrada dentro de la cuenca Chavín y sobre el bloque del Marañón presentando una potencia estimada de 100 m. hacia la cordillera de Huayhuash su potencia llega hasta los 500 m. Aflora en la parte central del cerro Ichichira, presenta un moderado plegamiento interno, litológicamente consiste de calizas de color gris oscuro con intercalaciones de homfels, limó-arcillitas y lutitas calcáreas, algunas veces presenta niveles delgados de margas bituminosas de color marrón oscuras, es común las intercalaciones de calizas en estratos delgados con limoarcillitas calcáreas de color gris oscuras con restos de ammonites. (Morí, 2017, citado por Corcino, 2022, p. 20).

✚ **Rocas intrusivas:** Se manifiestan en forma de stocks, diques y sills que instruyen principalmente a la formación Pariahuanca, la principal geoforma es sills en la gran parte concordante a la estratificación, así como también en la mineralización.

✚ **Sills y diques:** Los floramientos de los sills son mucho mayores que los diques. Su dirección preferencial es NW-SE con potencias que varían desde los centímetros hasta 100 metros en promedio. La ocurrencia mayor está en el flanco occidental del cerro Ichichira, en general su composición es de granito porfirítico, granodiorita se debe señalar que aún falta determinar la composición de todas las rocas intrusivas que existe en la zona. Los diques son de la misma composición que los sills, resaltando un sills de 800 m., con potencia promedio de 5 metros, de composición Monzonítica con fenocristales de ortosa de 2 a 5 cm y cuarzo hialino bipiramidal. (Mori, 2017, citado por Corcino, 2022, p. 20).

1.2.3. Geología estructural

Plegamiento: Los ejes de plegamiento tienen tendencia NW-SE resultado de los esfuerzos de compresión en dirección NE-SW. Los pliegues y sobre- escurrimientos del distrito comprenden el 90% del área, el que se considera bajo esta denominación tectónica y se ubica íntegramente hacia el sector este, se caracteriza por presentar potentes secuencias sedimentarias plegadas y asociadas a grandes sobre- escurrimientos, desarrolladas en rocas cretácicas. Los pliegues vistos en esta zona varían tanto en forma como en tamaño y dependen de las rocas en que se han desarrollado. Hacia la margen derecha de la quebrada Tuco se halla un pliegue sinclinal volcado desarrollado sobre las lutitas Carhuaz y en el núcleo estratos masivos de caliza de la formación Pariahuanca. Hacia la otra margen se aprecia pliegues recumbentes en las calizas de la formación Santa las cuales son bastantes plásticas.

Fallamiento: En el área Tuco se aprecian dos sistemas de fallamientos que son:

- ✚ **Sistema de fallamiento NW -SE:** Coincidente con la orientación de la cordillera andina y que controla parcialmente la red de drenaje del área. De la misma manera los rumbos de los sobres escurrimientos siguen también esta dirección.

- ✚ **Sistema de fallamiento E-W:** Estos sistemas de fallas son menores en su extensión y dislocan la secuencia estratigráfica observándose un desplazamiento del estrato grueso calcáreo, estas fallas son estériles pues no presentan mineralización al parecer son posteriores a esta. También se tiene productos de la flexura fallas de rumbo a sobre escurrimientos que se han producido aprovechando los planos de estratificación, algunas de estas fallas de rumbo, presenta una mineralización por ser un material impermeable y no presentar las características geológicas más favorables; los cuerpos mineralizados son lenticulares y concordantes con la estratificación y de carácter estratoligado – estratiforme.

Fracturamiento: Las rocas Cretáceas presentes en la zona, han sufrido fracturamientos resultado de los diferentes eventos tectónicos a lo largo de las eras geológicas, es por ello que presentan una dirección NW-SE, que a la vez son paralelas a las direcciones del sistema de fallamiento existente. (Mori, 2017, pp. 19 - 20).

1.2.4. Geología económica

Origen y tipo de yacimiento: El yacimiento de Magistral es un yacimiento de remplazamiento, geométricamente un yacimiento estratoligado dentro de las calizas Pariahuanca y las lutitas de la formación Carhuaz, del tipo hidrotermal en forma de Mantos, que se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW, el eje de dicho plegamiento es N 45° W y tiene un plunge de 22°. Los mantos se emplazan en la caliza dolomítica de la formación Pariahuanca, las cuales se hallan en forma concordante con la estratificación, dichos mantos están separados casi rítmicamente en tres estratos: Sorpresa, Manto, 240, la mineralización se ubica en el piso y/o techo de las capas, los mencionados mantos son en forma lenticular que se repite en forma discontinua en los mismos niveles estratigráficos, en una distancia de 600 mts, con potencia de 1 a 20 mts. El yacimiento se encuentra ubicado en un sinclinal volcado hacia el SW que es la principal manifestación de la orogenia andina, el eje de dicho plegamiento es de N 46° W y tiene un buzamiento de 22°. En la zona del limbo los lentes del mineral han sido desplazados por una falla sub vertical conjugada cuyo rumbo es N 30-40° W y un buzamiento 70-80° N el desplazamiento es de 2 a 10 mts. En la formación Carhuaz se tiene un estrato fallado y mineralizado de Ag-Cu que son lenticulares y concordantes a la estratificación y de carácter estratoligado – estratiforme de 300 mts de longitud con potencia de 0.60 a 1.50 mts, con rumbo N 40-50° W, que sigue el alineamiento del estrato que en partes es cortado por intrusiones de diques granodioríticos que son posteriores a las fases principales de las deformaciones. La mineralización por las evidencias que presenta a lo largo de todo el estrato calcáreo es persistente

horizontalmente así como verticalmente. Verticalmente el cuerpo presenta un comportamiento homogéneo a lo largo de todo el flaco y esta mineralización es más o menos 250 mts., en que se llega al eje del pliegue donde por debajo del eje del pliegue continua la mineralización de los cuerpos donde ya se tienen reconocidos 200 mts. La posibilidad del yacimiento radica en la continuidad horizontal de la mineralización hacia el lado norte el que está subordinado al aspecto estructural es decir a la capa calcárea y la estructura sinclinal.

Mineralogía: A nivel del yacimiento se observa que los mantos mineralizados ubicados en la parte basal del Pariahuanca son piritosos mientras que los mantos de los niveles estratigráficos superiores contienen esfalerita, galena y poca pirita. A nivel de manto mineral, la galena se presenta preferentemente en el piso estratigráfico y la esfalerita en el techo. Las alteraciones observadas en los lentes minerales y en las rocas encajonantes consisten en una argilización y una débil silicificación.

Minerales de mena:

Galena Argentífera-Sulfuro de plomo plata. (PbS - Ag).

Chalcopyrita-Sulfuro de hierro cobre. (CuFeS₂).

Esfalerita-Sulfuro de Zinc. (ZnS).

Bornita-Sulfuro de cobre fierro. (Cu₅FeS₄).

Minerales de ganga:

Calcita-Carbonato de calcio. (CaCO_3) Pirita-Sulfuro de hierro. (FeS_2).

Rodocrosita-Carbonato de Manganeso. (MnCO_3). (Mori, 2017, pp. 21 - 23).

Tabla 2. Estimación de Reservas

Recursos	TM	Leyes			
		Ag (oz/tc)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)
Recursos medidos	45,000.00	3.15	3.25	2.60	7.80
Recursos indicados	1 460,000.00	4.60	3.70	2.50	6.50
Recursos inferidos	1 170,000.00				

Fuente: Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Arteaga, J. (2021) en la tesis titulada *“MINADO SELECTIVO PARA EXPLOTAR VETAS ANGOSTAS DE ORO EN LA MINERA MARSA S.A. PATAZ – REGIÓN LA LIBERTAD”*. Nos muestra un análisis para minimizar la dilución del mineral en las vetas de oro y mejorar la estabilidad de las cajas mediante el método de explotación selectiva, considerando los parámetros mínimos como es el caso de la dilución del mineral, la dimensión de los equipos, la geomecánica, performance de los equipos de perforación, consumo de explosivos, los tiempos de tareas, etc. En conclusión, para el mejoramiento de la malla de perforación, se identifica la resistencia comprensiva del mineral, longitud del banco, sección del área a perforar y el tipo de explosivo a utilizar con la finalidad de obtener una buena productividad en la recuperación del mineral.

Buendía, C. (2021) en la tesis titulada *“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO ASCENDENTE EN VETAS ANGOSTAS EN EL TAJO CARMELITA DE LA MINA TOCTOPATA – ANDAHUAYLAS”*. El objetivo es la de implementar el método de explotación corte y relleno ascendente, considerando el macizo rocoso y las características geométricas del depósito mineral en vetas angostas en el tajo Carmelita. Los resultados indican la calidad del macizo rocoso es el siguiente: el RMR promedio de las cajas es 57,83; el RMR de la mena es 39,5;

el tipo de roca es regular A, requiere sostenimiento con pernos puntuales, el más apropiado es el split set de cinco pies de longitud. Su geometría indica un depósito mineral de cobre de vetas angostas, la potencia de veta es de 1,60 m con la dirección N 70° W, con Bz. de 66° SW forma irregular, los resultados de selección del método de explotación indican, la segunda opción ha sido el método de explotación de corte y relleno ascendente con un puntaje de 21.31, conforme la evaluación económica, la ley de corte será: 0,346 % Cu/TM, el pay back de US\$ 6 284 245,00 que será recuperada al cabo del término de un periodo de tiempo de 4,05 años (4 años 1 mes), Según los ingresos del proyecto para una duración de 12 años (beneficio) comparados con el costo de inversión será de 1,7, por lo tanto, según el resultado de este indicador el proyecto es considerado rentable.

Tuncar, K. (2020) en la tesis titulada *“DISEÑO DE TAJEO DE VETA RAMAL TECHO PARA CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CON PERFORACIÓN EN BREASTING U.E.A. TICLIO”*. El objetivo de este estudio es evaluar la influencia del diseño de tajeo de la veta ramal techo en la elección del método de explotación de corte y relleno ascendente, para eso se caracterizó la calidad que tiene el macizo rocoso tanto de la caja piso, caja techo y mineralización de los tajeos de la veta Ramal Techo Oeste ubicado entre los niveles 9 al 11 de la U.E.A. Ticlio. En conclusión, al mecanizar las operaciones unitarias del “Método de Corte y Relleno Ascendente con perforación en breasting” y utilizar equipos como: jumbo, scoops de 4 y 6 yd³, raptor, volquetes de 25 TM de capacidad, empernador, desatador, raptor lanzador y mixer, permitió incrementar la producción hasta 1 003 TMS/día, y de esta producción la veta Ramal Techo Oeste aportó con la producción en 54 %, mejorando la productividad de esta empresa.

Pérez, C. (2019) en la tesis titulada *“MECANIZACIÓN DEL MÉTODO DE MINADO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE EN EL TAJO 2590 DE LA MINA ROSA NV.2430, UNIDAD PARCOY – CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.C. PARA INCREMENTAR EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN”*. Parcoy – La Libertad. El presente estudio tiene por objetivo la mecanización del método de explotación Corte y Relleno Ascendente convencional en el tajo 2590, veta Rosa, nv 2430. Para ello se determinó la calidad del macizo rocoso de la veta Rosa, utilizando el criterio de clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski (1989). Luego se implementó el método Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en Tajo 2590; los resultados obtenidos se han evaluado, generando un incremento del volumen de producción de 87%, una disminución en el tiempo de sostenimiento en un 23%, y la eliminación de consumo de madera. En conclusión, aplicando el método Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en la explotación del Tajo 2590 de la veta Rosa, se obtiene una ventaja económica de 22 % en costos de operación, en relación con el Método Corte y Relleno Ascendente Convencional.

Nuñez, J. (2019) en la tesis titulada *“ELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE PARA LA EXPLOTACIÓN DEL PROYECTO MINERO CORY COLLUR AÑO 2019”*. Ocros – Ancash. La investigación tuvo por objetivo general la elección e implementación del método corte y relleno ascendente para la explotación del proyecto minero Cory Collur año 2019. La conclusión es que con la elección e implementación del método corte y relleno ascendente se explotará económicamente el yacimiento minero Cory Collur año 2019, optimizando los costos y aumentando la producción

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Minería Subterránea

La minería subterránea es una industria dinámica que avanza a gran velocidad con nuevas ideas, métodos y que está evolucionando constantemente. Una característica de esta industria es la voluntad de intercambiar nuevas tecnologías y experiencias. Las descripciones de los métodos de minería subterránea son generalizadas y enfocados a aplicaciones típicas. Los accesos son a través de galerías, túneles o piques. (Córdova, 2019, p. 22).

2.2.2. Clasificación de Métodos

Antes de poner en explotación una mina es necesario realizar un conjunto de labores previas, como accesos, preparaciones, tajos, sistemas de ventilación, etc., que en la mayoría de los casos suponen un importante desembolso de capital. La forma de extracción del mineral y el tratamiento del hueco creado son los factores que definen, de alguna manera, el método de explotación, pudiendo distinguirse tres grandes grupos.

A. Sostenimiento de los huecos con macizos:

- Método de cámaras y pilares.
- Método de tajeo por subniveles.
- Método cráteres invertidos.

B. Relleno o fortificación de los huecos:

- Método de corte y relleno (ascendente o descendente).
- Método de almacenamiento provisional.
- Método de entibación con cuadros.
- Método Long Wall.

C. Hundimiento controlado de los huecos:

- Método de hundimiento por subniveles.
- Método de hundimiento por bloques. (Córdova, 2019, pp. 24 - 25).

2.2.3. Selección del método de explotación por aproximación numérica

Existen diversos factores que son considerados como determinantes en la fase inicial de elección del método minero, siendo estos los relacionados con la distribución de leyes, la geometría, las diversas propiedades geomecánicas que posee el mineral y los estériles colindantes a este. Por medio de los análisis de los diversos factores se logrará una clasificación preliminar y con ello también ordenar los métodos de explotación apropiados, los cuales se podrán aplicar desde una visión técnica, (Arteaga R., citado por Buendía, 2021, p. 18).

Geología: En consecuencia, una adecuada evaluación de reservas y del recurso del depósito debe provenir de una correcta investigación geológica, la cual también deberá proporcionar información sobre zonas de alteración, accidentes tectónicos, principales tipos de roca y estructura, entre otros. citado por Buendía, 2021, p. 18).

Distribución de leyes y Geometría del yacimiento: La geometría del yacimiento está definida mediante su profundidad, potencia, distribución de leyes, forma general e inclinación según diversas especificaciones que se muestran en la Tabla 2. citado por Buendía, 2021, p. 18).

Tabla 2. Distribución de leyes y geometría del yacimiento.

1. FORMA	
• Masivo (M): Dimensiones similares en cualquier dirección.	
• Tabular (T): Vetas o mantos	
• Irregular (I): Dimensiones varían a distancias muy pequeñas.	
2. POTENCIA DEL MINERAL	
• Estrecho (E): < 10 m	
• Intermedio (I): 10 – 30 m	
• Potente (P): 30 – 100 m	
• Muy Potente (MP): > 100 m	
3. INCLINACIÓN	
• Tumbado (T): < 20°	• Intermedio (IT): 20 – 55°
• Inclinado (IN): > 55°	
4. PROFUNDIDAD DESDE LA SUPERFICIE	
• Superficial (S): < 150 m	• Intermedio (I): < 300 m
• Profundo (P): > 300 m	
5. DISTRIBUCIÓN DE LEYES	
• Uniforme (U): Ley media del yacimiento se mantiene casi constante en cualquier punto de este.	
• Gradual (G) o diseminado: Las leyes tienen distribución zonal, identificándose cambios graduales de unos puntos a otros.	
• Errático (E): Sin relación espacial entre las leyes, ya que estas cambian radicalmente de unos puntos a otros en distancias muy pequeñas.	

Fuente: Nicholas, 1992, citado por Cesar José Buendía Meza, 2021.

Características geomecánicas del mineral y del estéril. Con respecto al comportamiento geomecánico de distintos materiales está relacionado fundamentalmente con el grado de fracturación de los macizos rocosos, la roca y la resistencia de las discontinuidades,

Ramírez O. y Alejano L. (2004), siguiendo, el espacio que existe entre fracturas puede ser determinado por el RQD (Rock Quality Designation), o mediante fractura por metro, siendo este el porcentaje de trozos de testigo con más de 10 cm de longitud, ver Tabla 3. (Buendía, 2021, p. 19).

Tabla 3. Características geomecánicas de las rocas.

1. RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA		
(Resistencia a compresión simple (Mpa)/Presión del recubrimiento (Mpa))		
<ul style="list-style-type: none"> • Pequeña (P): < 8 • Media (M): 8 – 15 • Alta (A): > 15 		
2. ESPACIAMIENTO ENTRE FRACTURAS		
	Fracturas/m	RQD (%)
• Muy Pequeño (MP):	> 16	0-20
• Pequeño (P):	10 – 16	20-40
• Grande (G):	3 – 10	40-70
• Muy Grande (MG)	3	70-100
3. RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES		
<ul style="list-style-type: none"> • Pequeña (P): Limpias con una superficie suave o material relleno blando. • Media (M): Limpias con una superficie rugosa. • Grande (G): Rellenas con material de resistencia = o > que la roca intacta. 		

Fuente: Nicholas, 1992, citado por Cesar José Buendía Meza, 2021.

Procedimiento numérico de selección. El procedimiento consta en establecer calificaciones, según los parámetros y características que presenten los yacimientos, según la aplicación de los diferentes métodos de explotación, Nicholas D. (1992) En las siguientes tablas se muestran las calificaciones ver Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6, (Buendía, 2021, p. 19).

Tabla 4. Valores para la aplicabilidad de los métodos de explotación.

Aplicabilidad	Calificación
Preferido	3 – 4
Probable	1 – 2
Improbable	0
Desechado	-49

Fuente: Nicholas, 1992, citado por Cesar José Buendía Meza, 2021.

Tabla 5. Clasificación según la distribución de leyes y geometría del yacimiento

Métodos de Explotación	Forma del Yacimiento			Potencia del Mineral				Inclinación			Distribución de Leyes		
	M	T	I	E	I	P	MP	T	IT	IN	U	D	E
Cielo abierto	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Hundimiento de bloques	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Cámaras por subniveles	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
Tajo largo	-49	0	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Cámaras y pilares	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Reducción dinámica	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
Corte y relleno ascendente	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3

Fuente: Nicholas, 1992, citado por Cesar José Buendía Meza, 2021.

Tabla 6. Clasificación según las particularidades geomecánicas de las rocas: zona del mineral.

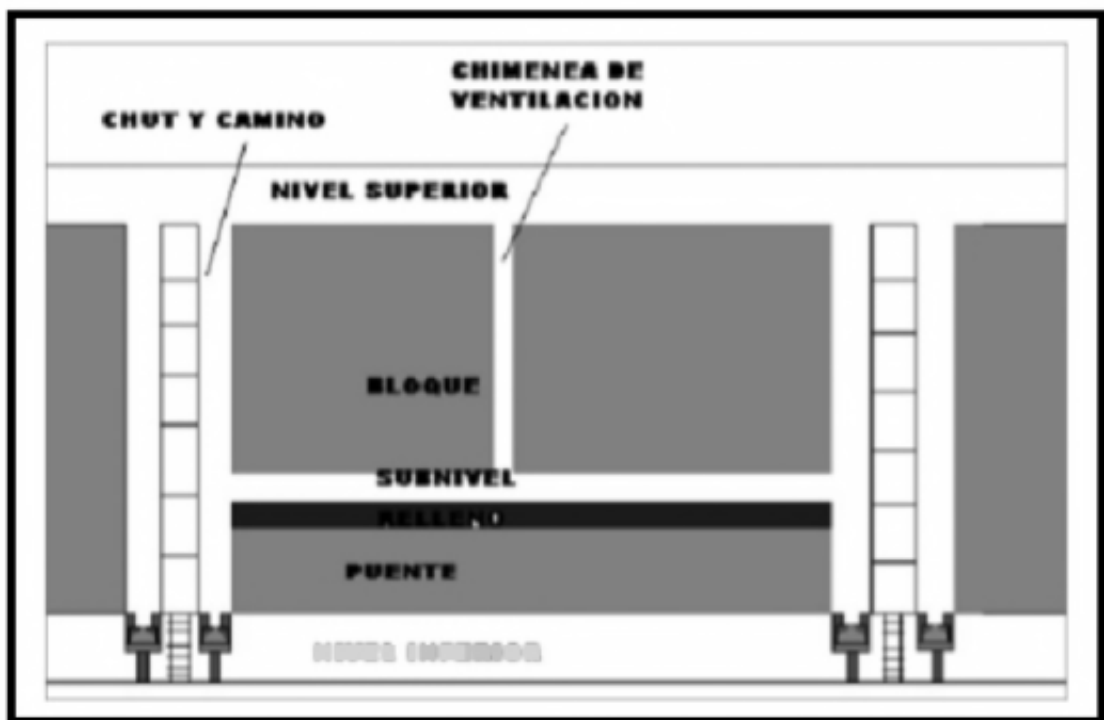
Métodos de Explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas				Resistencia de las Discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	M	P	M	G
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Tajo largo	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Reducción dinámica	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Corte y relleno ascendente	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2

Fuente: Nicholas, 1992, citado por Cesar José Buendía Meza, 2021.

2.2.4. Corte y Relleno Ascendente (Over cut and fill)

Es un método ascendente (realce). El mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno), que sirve de piso de trabajo a los obreros y al mismo tiempo permite sostener las paredes, y en algunos casos especiales el techo. "Consiste en excavar el mineral por tajadas horizontales en una secuencia ascendente (realce) partiendo de la base del tajo. Todo el mineral arrancado es extraído del tajo. Cuando se ha excavado una tajada completa, el vacío dejado se rellena con material exógeno que permite sostener las paredes y sirve como piso de trabajo para el arranque y extracción de la tajada siguiente". (Córdova, 2019, pp. 25-26).

Figura 2. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente.



Fuente: UNAM, 2018, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019.

Condiciones de aplicación: Se aplica por lo general en cuerpos de forma tabular verticales o sub-verticales, de espesor variable desde unos pocos metros hasta 15 o 20 m en algunos casos. La roca mineralizada debe ser estable y competente, especialmente si se trata de cuerpos de gran espesor. El mineral extraído debe ser suficientemente valioso de modo que el beneficio obtenido por su recuperación compense los mayores costos del método (Castillo Zegarra, 2018, pág. 18, citado por Córdova, 2019, p. 26).

Manejo del Mineral: El manejo del mineral arrancado en el Tajo consiste en cargarlo y transportarlo hasta las chimeneas de traspaso. Dependiendo de las dimensiones del tajo y de la capacidad productiva de la faena, esta operación puede ejecutarse con palas manuales y carretillas (minería artesanal), palas de arrastre o scrapers, y también con equipos cargadores sobre neumáticos LHD. En la base del tajo, las chimeneas de traspaso descargan el mineral por intermedio de buzones a carros de ferrocarril o volquetes (Castillo Zegarra, 2018, pág. 19, citado por Córdova, 2019, p. 27).

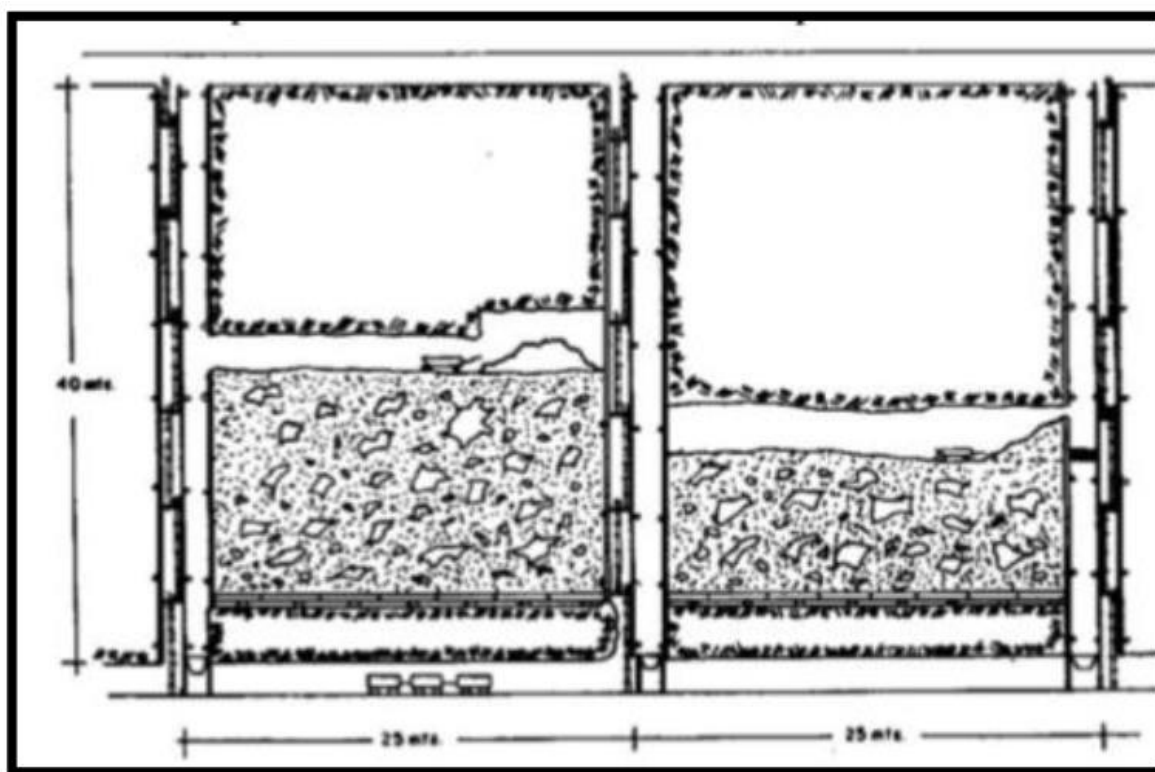
Arranque: Se puede realizar con perforación horizontal (breasting) como también vertical hacia arriba (bancos invertidos). Ambas soluciones tienen ventajas y desventajas, las cuales dependen de las dimensiones del cuerpo mineralizado, espacios disponibles y capacidad productiva, es posible utilizar perforación manual (Jack Leg o stopper) o equipos tales como jumbos (Castillo Zegarra, 2018, pág. 19), así mismo es factible la perforación por sub blocks dentro del mismo tajo, agilizando el ciclo de minado.

Características: Es un método bastante versátil, con un rango de aplicación amplio, especialmente en condiciones de roca incompetente o de características impredecibles. Permite una buena recuperación y selectividad de las reservas, se pueden obviar sin problemas las irregularidades del yacimiento. La dilución es controlable utilizando sistemas de soporte adecuados. Con los equipos sobre neumáticos disponibles hoy en día, se puede alcanzar un buen nivel de mecanización. La habilitación de rampas de acceso facilita el desplazamiento de los equipos de un tajo a otro, lo que permite mejorar sus rendimientos y, por consiguiente, la productividad del método. En suma, es un método de alto costo, cuya aplicación se justifica cuando el mineral extraído tiene un valor asociado importante y las condiciones de estabilidad de la roca encajadora son precarias (Castillo Zegarra, 2018, pág. 20).

Variantes del Método de Corte y Relleno: De acuerdo a las dimensiones, condiciones del terreno y los equipos usados para la explotación del yacimiento se puede dividir en:

A. Corte y Relleno Ascendente Convencional: Esta variante del método de explotación corte relleno, está limitada a equipos convencionales, por ejemplo, para la perforación se usan maquinas Jack Leg, para la limpieza se usan carretillas, winches con rastra, usando relleno detrítico de labores de preparación o de superficie. Este método tiene un ritmo de producción lento. (Córdova, 2019, p. 29).

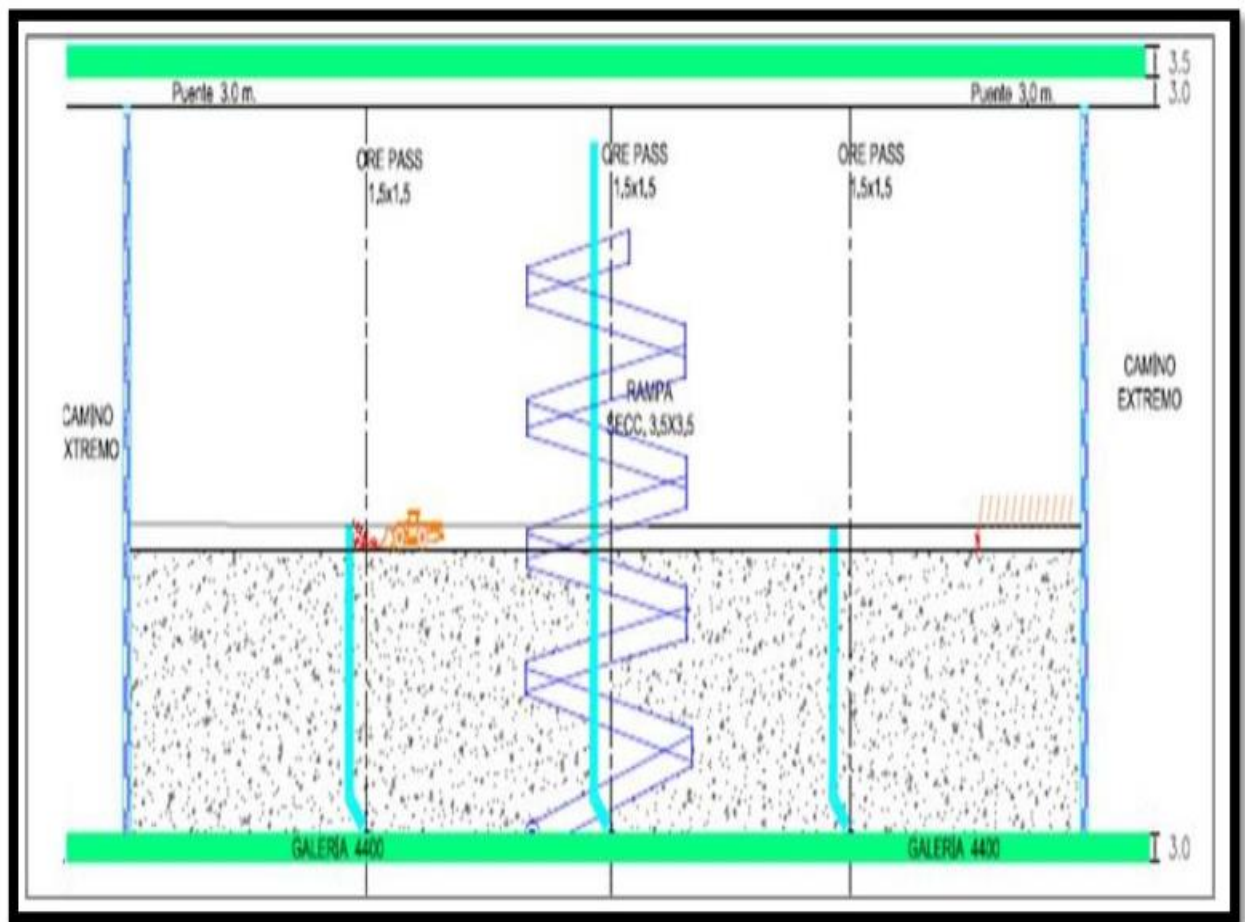
Figura 3. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente



Fuente: Valencia, 2009, pág. 6, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019.

- B. Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado:** Este método va implementando nuevas tecnologías para sus operaciones, se utiliza mitad de equipos mecanizados y mitad de equipos convencionales. El método requiere de la ejecución de una rampa operativa, de la misma se genera cruceros hacia la estructura y se corre la galería a lo largo del rumbo de la veta y por la longitud del tajo, luego se inicia el proceso de explotación cuya perforación se realiza con máquinas Jack Leg y la limpieza por intermedio Scooptram (1.5 yd³) hacia los ores pass, el proceso de relleno se realiza con desmote usando el mismo equipo. Tiene alto grado de flexibilidad en potencias variables, con alto control de dilución y minado. (Bautista Condori, 2017, pag.82, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019).

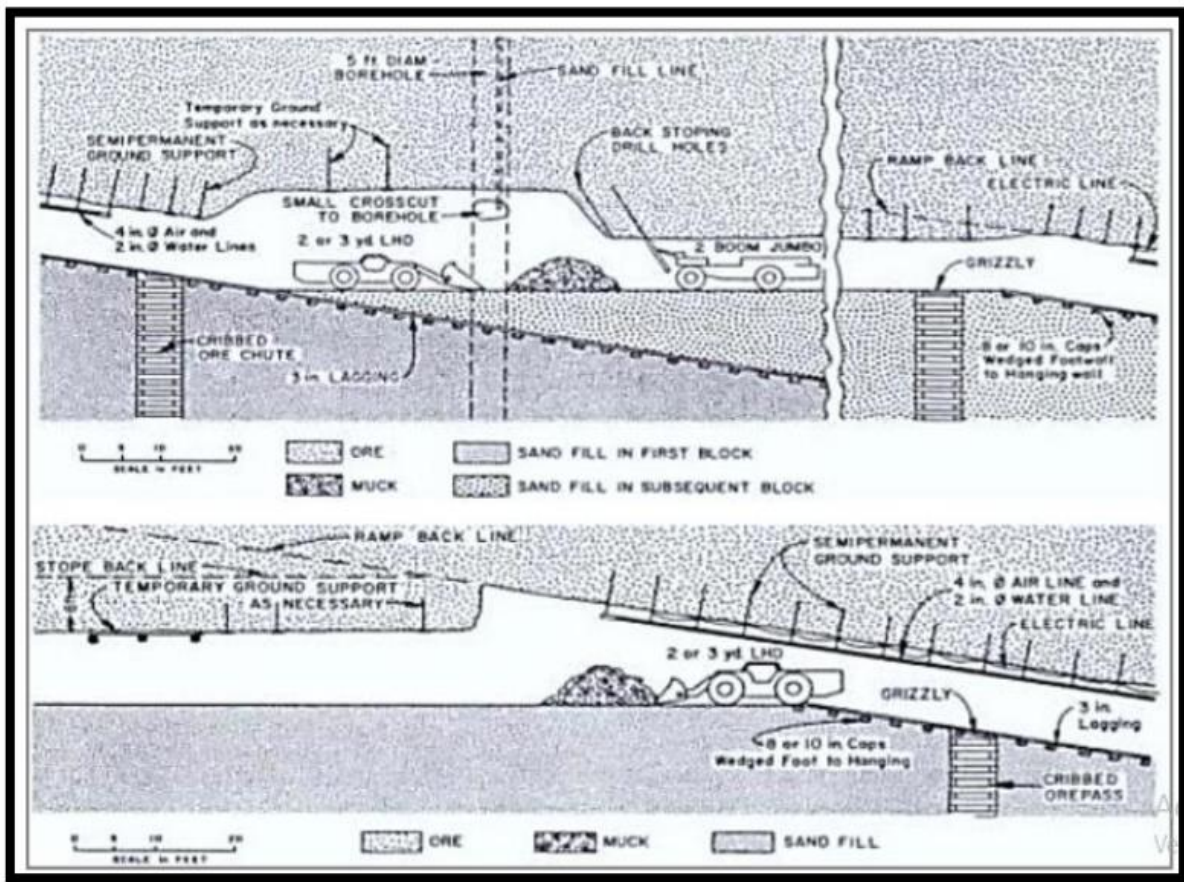
Figura 4. Método de Explotación Corte y Relleno ascendente semimecanizado.



Fuente: CIA Minera Ares S.A.C., 2018, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019.

- C. Corte y Relleno Ascendente Mecanizado:** Este método utiliza equipos modernos y mecanizados para sus operaciones. Por ejemplo, usan maquinas Jumbos para la perforación, Scooptram (4 y 6 yd³) como equipo de limpieza e incluso equipos modernos para fortificación (como Boltec), generando mayor producción en la recuperación del mineral. Este método requiere de mayor tiempo de preparación como son rampas, accesos, etc.

Figura 5. Método corte y relleno ascendente mecanizado.



Fuente: Castillo Zegarra, 2018, pág. 22, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019.

Condiciones de aplicación del método de explotación: Este método es aplicable en yacimientos tipo vetas con buzamientos pronunciados mayores a 55°, con cajas de una competencia en el macizo rocoso medio o superior. El mineral debe tener buena ley y debe existir una disponibilidad de material detrítico para el relleno. Así como este método se puede aplicar otro tipo de métodos que cumplan con los requisitos en cuanto a los parámetros de control, como son los niveles de producción y la seguridad, dado esto se tiene que evaluar las ventajas y desventajas de la aplicación del método.

A. Ventajas

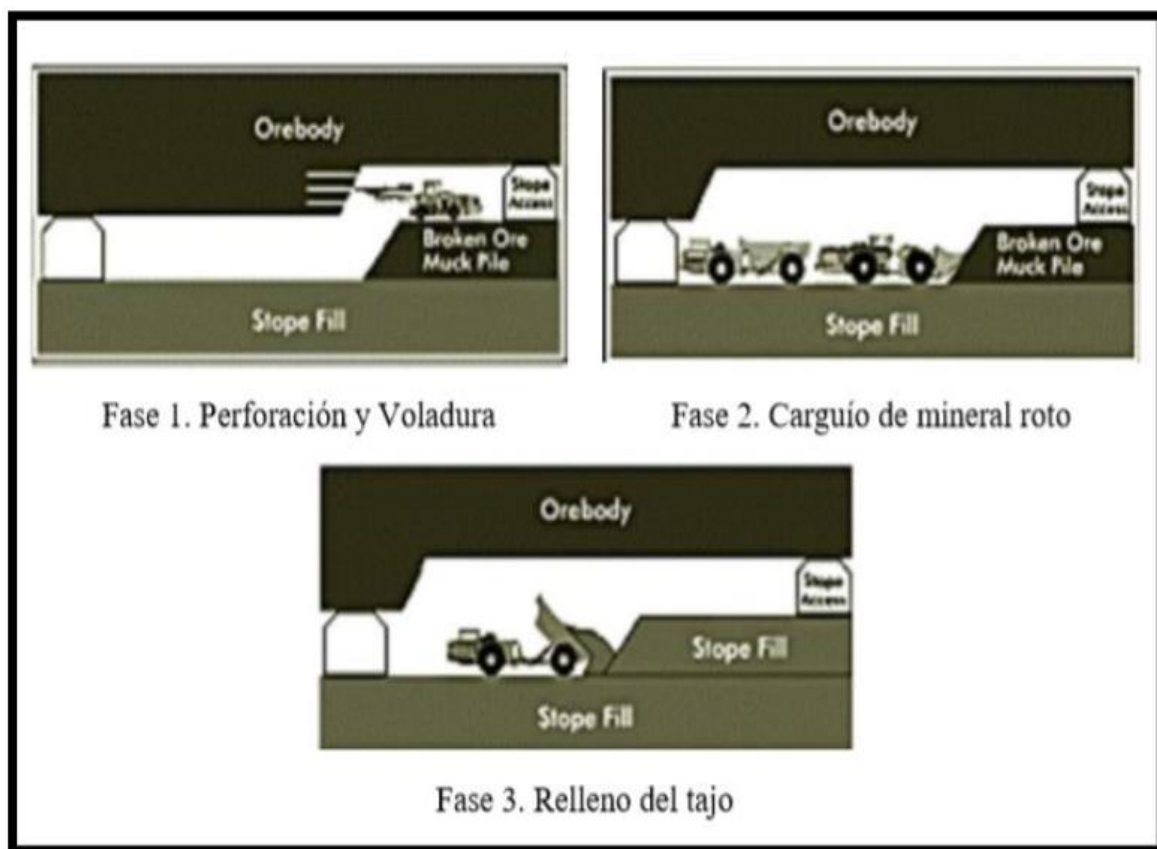
- La recuperación es cercana al 100%.
- Es un método altamente seguro.
- Puede alcanzar un alto grado de mecanización.
- Buena ventilación.
- Facilidad de cambio de método.
- Poca mano de obra requerida.
- Permite una buena recuperación y selectividad de las reservas.
- La dilución es controlable utilizando sistemas de soporte adecuados.

B. Desventajas

- Costo de explotación elevado.
- Bajo rendimiento como consecuencia del relleno.
- Consumo elevado de materiales de fortificación.
- El volumen en un ciclo de trabajo es relativamente pequeño.
- El requerimiento de mano de obra en actividades no productivas es alto, por lo tanto, la productividad del método es baja.
- El mantenimiento de chimeneas es costoso.

C. **Ciclo de Minado:** El ciclo de trabajo es definido a continuación.

Figura 6. Ciclo de minado en un corte y relleno mecanizado.



Fuente: Ortiz, 2018, pág. 308, citado por María Loidi Córdova Mondragón, 2019.

Preparación:

- **Galerías:** Una galería principal (inferior) de transporte situada a lo largo de la base del caserón y una galería superior ambas conectadas entre ellas por dos chimeneas.
- **Chimeneas:** En los extremos del block se llevan los caminos pegados a los Chuts (Chut-camino); que sirven para el acceso de materiales y personal. La chimenea en la parte central del block que servirá para la ventilación y acceso de relleno a utilizar.

- **Subnivel:** De corte inicial (under cut), a partir de donde se inicia la rotura del mineral en sentido ascendente, hasta llegar al nivel superior donde se deja un puente de 3 o 4 metros. El subnivel se construye dejando a 3m de la galería principal (nivel de transporte) un puente sobre la galería (chut-camino) hasta comunicar las 2 chimeneas de doble compartimento. En la parte central se construye una chimenea que va a servir para la ventilación y como echadero de relleno.

Explotación:

- Después de las labores de preparación se empieza a la rotura del tajeo a partir del sub-nivel, sacando el corte en la parte central del tajeo con la finalidad de mantener el ciclo siguiente: perforación, voladura, ventilación y desate, limpieza y relleno.

Relleno:

- Como relleno, se utiliza el material estéril proveniente de los desarrollos subterráneos o de la superficie, también relaves o ripios de las plantas de beneficio, e incluso, mezclas pobres de material particulado y cemento para darle mayor resistencia. (Córdova, 2019, pp. 22 - 34).

2.3. Definición de Términos.

- ✚ **Buzamiento:** Es el ángulo de inclinación que presentan las rocas ya sean estratificadas o que presenten una estructura geológica. (Tuncar, 2020, p. 50).
- ✚ **Macizo rocoso:** Se refiere a las áreas rocosas cuyo núcleo está compuesto por rocas de tipo ígneas, sedimentarias y metamórficas. (Tuncar, 2020, p. 50).
- ✚ **Mecánica de rocas:** Ciencia teórica y aplicada que tiene como objeto de estudio al comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. (Tuncar, 2020, p. 50).
- ✚ **Método de explotación subterráneo:** Es la estrategia integral que permite la excavación y extracción del mineral que está dentro de la corteza terrestre de un modo técnico y económico. (Tuncar, 2020, p. 50).
- ✚ **Método de corte y relleno ascendente:** Es aquel método donde el mineral es arrancado en franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajeo y avanzando verticalmente. El mineral arrancado se extrae completamente del tajeo. (Tuncar, 2020, p. 50).
- ✚ **Rumbo:** Dirección que persigue la línea de intersección conformada entre un plano horizontal y un plano del estrato en relación al norte o al sur. (Tuncar, 2020, p. 51)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. El Problema.

En la actualidad en el Tajo 328, de la mina Magistral de acuerdo al muestreo mineralógico se tiene un promedio de leyes de 3.12 Oz/Tm de plata, 3.55% de plomo, 2.89% de cobre y 7.25% de Zinc, con los precios casi estables en el año 2022, la empresa necesita la implementación de un método de explotación subterráneo, para la extracción de 40,176 toneladas métricas del Tajo 328, considerando algunas características geológicas, geométricas, geomecánicas, y el tipo de mineralización, para poner en marcha las operaciones de minado. Se tiene conocimiento que es un yacimiento muy importante, en este sentido se requiere determinar la calidad del macizo rocoso encajonante del Tajo 328, de acuerdo a la potencia de la veta de 1.50 m., cuyo rumbo promedio es N 30 - 40° W y un buzamiento 70 - 80° N, el desplazamiento es de 2 a 10 metros, la implementación y diseño del método de explotación del tajo, se realizara de cuerdo al método de Nicholas. (Buendía, C. 2021, p. 1).

En el Yacimiento Minero de Magistral, se ha determinado y se viene aplicando el método de cámaras y pilares, para su aplicabilidad ha sido necesario tomar en cuenta diferentes criterios tanto geológicos, como mineros, y de seguridad de tal forma que dicho método sea el más adecuado para el yacimiento y la seguridad de todo el personal que labora en la unidad minera. Este método es aplicado en tajos donde las cajas son firmes, pero en el Tajo 328, donde la calidad es media, de clase tipo III, es necesario cambiar de método de explotación para garantizar una buena recuperación y poca dilución en la extracción del recurso mineral.

3.1.1. Formulación del Problema.

3.1.1.1. Formulación del problema General

¿La implementación del método de explotación corte y relleno ascendente incidirá en la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022?

3.1.1.2. Problemas Específicos

1. ¿Las labores de exploración y desarrollo permitirán tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso?
2. ¿El diseño y construcción de labores mineras subterráneas desarrollará el método de corte y relleno ascendente?
3. ¿La extracción de las reservas minables se aplicará en el método de explotación corte y relleno ascendente?

3.1.2. Objetivos de la investigación.

3.1.2.1. Objetivo General.

Implementar el método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022.

3.1.2.2. Objetivos Específicos.

1. Ejecutar labores de exploración y desarrollo que permitan tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso.
2. Diseñar y construir labores mineras para desarrollar el método de corte y relleno ascendente.
3. Extraer las reservas minables aplicando el método de explotación corte y relleno ascendente convencional.

3.1.3. Justificación e importancia.

A través de una investigación de las operaciones, la tesis se justifica porque con la implementación del método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328 de la Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. se busca garantizar una buena recuperación y poca dilución en la extracción del recurso mineral, además que es de fácil aplicación e implementación en la mina, asimismo este método tiene como ventaja, que se puede emplear en vetas que tienen buzamiento hasta menores de 50° y las cajas sean rocas regular, con un RMR de 40.

El estudio de investigación es importante puesto que permitirá la elección del “método de explotación subterráneo de corte y relleno ascendente” a partir de su estudio geomecánico, para ello será necesario determinar sus estructuras geológicas, caracterización del macizo rocoso, propiedades del macizo

rocoso, caracterización estructural, zonificación de corte geológico y mecánico de la masa rocosa, las condiciones en cuanto al agua subterránea, direcciones de carácter preferente del avance con la que se llevan las excavaciones, así también las aberturas máximas de las excavaciones y como también el sostenimiento de los tajeos. (Tuncar, 2020, p. 20).

3.1.4. Alcances.

El trabajo de investigación tiene por alcance la implementación del método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328. La finalidad principal es de la explotación racional de los recursos minerales polimetálicos utilizando métodos adecuados y con plena seguridad durante su ejecución. Así mismo, desarrollar una cultura de seguridad, basada en la prevención de incidentes y/o accidentes, que tiendan a lograr el objetivo trazado de “CERO” accidentes, tratando en lo posible cambiar el comportamiento humano.

3.1.5. Limitaciones de la investigación

En el presente trabajo de investigación las posibles limitaciones son:

- Acceso limitado a la información por parte de la Minera.
- No contar con la suficiente solvencia económica para el desarrollo de la investigación.

3.2. Hipótesis

Hipótesis General

La implementación del método de explotación corte y relleno ascendente permite la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. el año 2022.

Hipótesis Especificas

1. La ejecución de las labores de exploración y desarrollo permite tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso.
2. El diseño y construcción de labores mineras permite el desarrollo del método de corte y relleno ascendente.
3. La extracción de las reservas minables se realiza aplicando el método de explotación corte y relleno ascendente convencional.

3.3. Variables

Variable Independiente (x):

- Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente.

Variables dependientes (y):

- Extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente.	Características geomecánicas del tajo	• TM/día
			• RQD
			• Excavabilidad
		Condiciones geométricas del yacimiento	• Forma (Largo y ancho).
			• Potencia de la veta.
			• Inclinación.
Relleno detrítico.	• M ³ /día		
Costo del relleno detrítico	• US\$/m ³		
Variable dependiente	Extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022.	Perforación.	• Numero de taladros.
		Voladura	• Kilogramos por tanda de voladura.
			• Dilución
		Transporte y acarreo	• Tiempo de carguío
			• Cantidad de viajes
		Productividad de tajo.	• TM/día
		Tiempo de minado.	• #Ciclos/día
Costo de Minado	• US%/Tms.		

Fuente: Elaboración Propia.

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

Este estudio, por su propósito es aplicada, por su naturaleza es cuantitativa, por el nivel de conocimiento es descriptiva y de propósito, por las condiciones de información es de campo. (Tuncar, 2020).

3.4.2. Nivel de la investigación

Según el grado de profundidad con que abordaremos este estudio será descriptiva, pues se caracterizará la calidad del macizo rocoso de la caja piso, caja techo y mineralización del Tajo 328. (Tuncar, 2020).

3.4.3. Método

En este quehacer científico, como método general, se hizo uso del método científico, y como se asumió el método analítico-sintético, como método específico. (Tuncar, 2020).

3.4.4. Diseño de investigación

Se empleó un diseño descriptivo - explicativo, para lo cual se especifica los siguientes símbolos:

G = grupo

X = observación y medición de la primera variable Y = observación y medición de la segunda variable M = muestra

R = relación entre las variables. (Tuncar, 2020).

3.4.5. Población y muestra

Población

La población del trabajo de investigación está constituida por todos los tajos en explotación de la mina Magistral.

Muestra

La muestra está constituida por el Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022.

3.4.6. Técnicas, instrumentos de recolección y técnicas de procesamiento de datos

Técnicas de recolección: Se efectuará trabajo de campo para la recolección de la información de las características del macizo rocoso de las labores de desarrollo y preparación del Tajo 328, para comprender el comportamiento y reacción del macizo de tipo rocoso al realizar las excavaciones, ya que para describir y definir sus particularidades se requiere investigaciones geomecánicas. Toda la información geomecánica estará registrada mediante el respectivo logueo geomecánico detallado y especificado para este caso.

Al efectuar el mapeo geomecánico de las labores subterráneas del Tajo 328, se debe almacenar la información fotográfico y digital de toda la información recabada para su validación o verificación posterior.

Instrumentos de recolección: Para efectuar este estudio es necesario contar con: inclinómetro, medidor de grietas, medidor de convergencia, medidor de inclinación, piezómetro, estación total, células de carga, medidor de tensión, y extensómetro.

Técnicas de procesamiento de datos: Las técnicas de procesamiento de datos serán llevados a la tabla geomecánica, para su clasificación, registro, tabulación y codificación, procesamiento de los datos respectivos, análisis de datos, y presentación de los mismos. Para ello será necesario el empleo de

software especializados como: Dips versión 6 (para el análisis interactivo de orientación de las estructuras que se basa en los datos geológicos), Phase versión 8 (para el análisis de los esfuerzos en las excavaciones subterráneas de las rocas), Rocdata versión 4,0 (apara analizar de la envolvente de los esfuerzos utilizando los criterios de esfuerzos de Hoek & Brown), y Slide versión 6 (para el modelamiento y análisis de estabilidad de taludes disponible con análisis de filtración de aguas subterráneas por el método de elementos finitos) y Unwedge versión 3,0 (apara el análisis de la geometría y la estabilidad de las cuñas formado por las discontinuidades estructurales). (Tuncar, 2020)

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos

La Compañía Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022, emplea diversos métodos de explotación según las características del macizo rocoso empleando de manera tradicional los métodos como, cámaras y pilares y shiringage convencional. En el Tajo 328 se programa una producción mensual de enero y febrero de 1,000 Tm, de marzo, abril y mayo de 1,200 Tm, se junio, julio y agosto de 1,500 Tm, y de setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2,000 Tm, haciendo un total programado de 18,100 Tm.

4.2. Características geológicas, geomecánicas y geométricas del macizo rocoso.

La mina Magistral presenta una secuencia de sedimentos Jurásico-Cretácico de la parte occidental del grupo Goyllarisquisga, constituido por Lutitas, y calizas, de la formación Pariahuanca, fuertemente plegadas, y sobre todo en discordancia angular con los volcánicos terciarios del Calipuy.

4.2.1. Características de la roca

Las rocas principales del yacimiento están conformadas por calizas de la formación Pariahuanca que consiste en estratificaciones con bancos medianos de calizas, finas de color gris a negro, con intercalaciones esporádicas de lutitas magras grises, clasificadas como rocas semiduras y muy competentes

4.2.2. Discontinuidades de la masa rocosa

Las observaciones tomadas en el campo de las siguientes discontinuidades:




- a) **Sistema de fallamiento NW-SE.** - Coincidente con la orientación de la cordillera andina y que controla parcialmente la red de drenaje del área.
- b) **Sistema de fallamiento E-W.** - Este sistema de fallas son menores en su extensión y dislocan con la secuencia estratigráfica observándose un plegamiento del estrato semi- calcáreo.
- c) **Planos de exfoliaciones menores.** - Contacto litológico calizas-Lutitas

4.2.3. Meteorización y alteración

Las alteraciones observadas en los lentes minerales y en las rocas encajonantes consisten en una débil argilización y una silicificación de moderada a fuerte. Todas estas alteraciones hidrotermales, hacen que la roca huésped en el depósito de Magistral, sea regular a competente.

4.2.4. Criterios según la resistencia de la masa rocosa

Considerando la resistencia de la roca, a romperse, e intertratarse con golpes de la picota, por lo que la guía más práctica de la clasificación de acuerdo a la escala G.S.I. de la roca es la siguiente escala:

-  Resistencia suave: Se indenta superficialmente con el golpe de la picota
-  Resistencia media: Se rompe con uno o 2 golpes de la picota
-  Resistencia buena: Se rompe con varios golpes de la picota

Por lo que de los trabajos de exploración se determinó que la resistencia que predomina del macizo rocoso es la que se rompe de 4 a 6 golpes de picota, o sea: resistencia buena.

4.2.5. Criterios según las características de fracturamiento de la roca

Se clasificó el macizo rocoso tomando en cuenta las características del fracturamiento, el grado de presencia de las continuidades, se midió a lo largo de un metro lineal, el número de fracturas se presentan, de acuerdo a este procedimiento y criterio de G.S.I.:

Levemente fracturado:	2 a 6 fracturas por metro.
Moderadamente fracturado:	6 a 12 fracturas por metro.
Muy fracturado:	12 a 20 fracturas por metro.
Intensamente fracturado:	más de 20 fracturas por metro.

Por lo que se llegó a la conclusión siguiente: Las mediciones en el campo nos dan moderadamente fracturada (de 6 a 8 fracturas por metro)

4.2.6. Criterios según las condiciones de las paredes de las discontinuidades

Se tomó en cuenta algunas propiedades de las paredes de las discontinuidades como son la apertura, la rugosidad, el relleno, la meteorización, o alteración la guía de la clasificación de la masa rocosa fue la siguiente: Condición Regular, si es que están ligeramente abiertas, ligeramente rugosas, o lisas, no presentan oxidación.

4.2.7. Condiciones geomecánicas

Según los criterios mencionados, el comportamiento de la masa rocosa es de condiciones geomecánicas regulares a buenas, para el minado.

4.2.8. Controles y sostenimiento

Las dimensiones del diseño para las galerías proyectadas en SMRL. Magistral de Huaraz SAC, obedecen a cuestiones operativas y estándares de diseño que ha proyectado la empresa. Dada las condiciones de una probable inestabilidad estructuralmente controlada (ver análisis de estabilidad estructuralmente controlada).

Desde el punto de vista geomecánico los tipos de sostenimiento aplicables en la mina, según el carácter “temporal o permanente” de las excavaciones subterráneas evaluadas, en función a la calidad geomecánica de la masa rocosa. Las “dimensiones máximas” y los “tiempos de auto-soporte” no necesariamente cumplen los requisitos de aberturas propias de las excavaciones de las labores mineras preestablecidas de la operación (Galerías 2.1 x 2.4 m²), ya que las dimensiones de estas excavaciones en algunos casos son menores y en otros mayores a las dimensiones estimadas con el ábaco de Bieniawski.

Tabla 4. Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski 1989).

Párametros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	250-100	12
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	< 25	3
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	< 0.006	5
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	1-3	4
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Suave	0
Relleno	Relleno blando, < 5 mm	2
Alteraciones	Moderada, Alteradamente	3
5 Agua freática		
Caudal por 10 m de tunel	10-25 l/min	7
Presión agua/Tensión principal mayor	0-0,1	10
Estado general	Húmedo	7
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0
Puntuación		58

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Media	III	1 semana con 5 m de vano	2-3	25-35

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Método de corte y relleno ascendente

El método de explotación subterránea Corte y Relleno Ascendente Convencional; consiste en explotar el mineral polimetálico en franjas horizontales de 2.5 m de espesor, y se comienza por la parte inferior del tajo y se avanza en forma

verticalmente, y se va rellenando cuando se acaba de tajar todo el mineral de la rebana horizontal de altura 2.5m luego se procede al relleno con material detrítico, que sirve de piso y sostenimiento a la vez, luego se realiza el realce (breasting), este método de explotación es altamente selectivo teniendo en cuenta que además de los beneficios de la extracción en labores de pequeña dimensión, para incrementar la productividad se utiliza el circado del mineral, que consiste en una voladura secuencial, primero la parte estéril y luego el mineral y de esta manera disminuir la dilución del mineral.

4.3.1. Diseño de labores mineras

El planeamiento de minado constituye todas las actividades de exploración, desarrollo, preparación, explotación y extracción del mineral a la superficie que se ejecutaran de acuerdo al programa de trabajo

- **Exploración.** - Consiste en labores mineras de sección 7'x8' entre cortadas, cruceros y galerías con longitudes variables entre cortadas y galerías con los objetivos de interceptar las estructuras mineralizadas.
- **Desarrollo y preparación.** - Las labores de desarrollo y preparación son las que sirven para delimitar la magnitud del material y preparar los blocks para su explotación y consisten en:
 - ✓ Chimeneas simples sección de 4' x 5'.
 - ✓ Chimeneas doble compartimento de 4' x 8'.
 - ✓ Sub niveles principales de 7'x 8'.
 - ✓ Sub niveles de tajos son de 4' x 6' y 4'x7'.

- ✓ By pass de 7'x8' y 5'x7'.
- ✓ Rampa de 8'x8' y 7'x8' con gradientes de 12%.
- **Explotación.** – La mina Magistral, se ha determinado y se viene aplicando el método de corte y relleno ascendente, puesto que para su aplicabilidad ha sido necesario tomar en cuenta diferentes criterios tanto geológicos, como mineros, y de seguridad de tal forma que dicho método sea el más adecuado para el yacimiento y la seguridad de todo el personal que labora en la Unidad Minera, teniendo más que nada en cuenta la competencia de las rocas encajonantes, y la misma estructura mineralizada. El método trabaja muy bien en minerales que tienen un buzamiento entre 65 a 75 grados, de tal manera que dicho mineral debe caer por gravedad hacia el piso o las tolvas que van a ser construidas para el chuteo correspondiente del mineral.
 - ✓ La potencia de la veta varía desde 0.80 cm hasta 4.0 metros
 - ✓ La veta es de forma regular y definida, sin embargo, a veces se presentan caballos de desmonte los que complican el minado correspondiente.
- **Descripción de la preparación y explotación del método.** - Antes de nada, debería de estar bloqueado el Tajeo correspondiente, para lo cual debería de haberse corrido las Galerías correspondientes, tanto en el nivel superior como también en el nivel inferior de tal manera se va a determinar la continuidad del yacimiento. Luego se realizan los trabajos de desarrollo, es decir haber ya trabajado las Chimeneas de bloqueo,

con lo cual ya el Tajeo queda delimitado perfectamente, la longitud de los tajeos, varían de acuerdo a la competencia de la roca, pueden ser entre 40 a 50 metros de longitud y de altura lo delimita la distancia entre los niveles, cuya diferencia puede ser desde 30 metros hasta 60 metros. Luego del cual se empiezan a realizar los trabajos de preparación del tajo. Es necesario realizar la construcción de tolvas, para poder facilitar el laboreo de extracción ya que cuando se trabaja con carga al piso se hace mucho más dificultoso, ya que es necesario realizarlo con lampa o en caso contrario contar con los Winches de arrastre, para la limpieza de la carga que se halla en el piso de cada nivel.

- **Extracción de mineral.** - La extracción se realiza mediante carros mineros jalados por una locomotora a batería y en otras veces manualmente hasta superficie donde se encuentra la tolva principal en donde es descargado el material en forma provisional hasta su descarga a volquetes que lo transportaran a la planta de beneficio que se encuentra a una distancia de 22 Km aproximadamente.

4.3.2. Sustento de los ciclos de minado

- **Perforación.** - Se dispondrá de Jack Leg BBC 16 o equivalentes con un desgaste medio de su vida útil, lo cual nos permitirá garantizar una velocidad de penetración para el tipo de roca presente de 1.10 pie/min. La malla de perforación se diseña de acuerdo al tipo de roca, la sección de la labor, de la potencia del explosivo, al grado de fracturamiento que se desea conseguir y del porcentaje de sobrerotura que se debe evitar.

✓ Velocidad de penetración (pie/min) = 1.10.

- ✓ Longitud de taladro (Pie) = 5.5.
 - ✓ Número de taladros perf. Roca moderada = 30.
 - ✓ Área total (sección –m2) = 4.79.
 - ✓ Perímetro (sección – m) = 8.3.
 - ✓ Tiempo marcado de Malla (min) = 10.0.
 - ✓ Tiempo de perf. = $N^{\circ} \text{ tal} \times \text{Long. Tal} \times \text{Eff} \times V_p = 30 \times 5.5 \times 0.68 \times 1.1 = 123,4 \text{ min}$
 - ✓ Total, tiempo de perforación = 133.4 min
- **Voladura.** - La voladura actual es netamente convencional, la cual se realiza con los explosivos utilizados para avances, sin embargo, va a ser necesaria la implementación de otros accesorios para el logro de nuestras expectativas. Las propiedades físicas del explosivo a considerarse respecto al tipo de roca son: la velocidad de detonación, energía disponible del explosivo versus la energía necesaria para su fracturamiento, diámetro del taladro versus diámetro del explosivo atacado o confinado. El cálculo de cantidad de explosivos por taladro de los arranques, ayudas, sub- ayudas, contornos y arrastres, se determinan de acuerdo al tipo de roca. Otro aspecto a considerar es el costo de dichos explosivos.
 - ✓ El factor de carga en avances para diferentes secciones estimado es de: 2.8 Kg.explos./m3 a 3.5 Kg.explos./m3.

- ✓ Los explosivos y accesorios a usar serán los siguientes: Emulsión 65% en cartuchos 7/8"x7" o equivalente.
 - ✓ ANFO preparado Cordón detonante, Detonadores No eléctricos, Fulminantes N 08.
 - ✓ Mecha lenta, Conectores, Mecha rápida.
 - ✓ Tiempo estimado de cargado de explosivos 0.75 Hrs = 45 min.
 - ✓ El factor de potencia en tajeos estimado es: 1.2 Kg.explos./Tn a 1.8 Kg.explos./Tn.
 - ✓ Los explosivos y accesorios a usar serán los siguientes: Emulsión 65% en cartuchos 7/8"x7" o equivalente ANFO Preparado Detonadores No eléctricos Cordón detonante Fulminantes N 08.
 - ✓ Mecha lenta Conectores Mecha rápida.
 - ✓ Tiempo estimado de cargado de explosivos 1.25 Hrs = 1 hora 15 min
- **Carguío y transporte.** - Para la limpieza se contará con winches de arrastre de 20 HP para la limpieza de los subniveles superiores; este sistema permite limpiar un frente en 03 hrs 20 min, y tiene un alcance de hasta 40 mts lineales, mientras que en los galerías principales se tendrá un scoop diesel de 1.5 Yd³, parte del material roto será cargado hacia carros U-35 y el resto a cámaras de almacenamiento a una distancia menor a 80 mts; este sistema permite limpiar el frente en 02

hrs 15 min en promedio, culminando la evacuación del material roto durante la perforación.

- **Ventilación.** - La ventilación en las labores mineras generalmente son naturales y adicionalmente se aplica ventiladores eléctricos/neumáticos que van desde los 2,500 CFM hasta los 20,000 CFM (con el uso del scoop diesel), con sus correspondientes mangas de succión e insuflación. Dichos ventiladores y su uso están de acorde con lo que especifica el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional (DS 024-2016 EM – Modificatoria DS 023-2017-EM). El método de ventilación a emplear en las labores de avance es impelente y en serie, posesionando los ventiladores como máximo a 30 mts del tope. La capacidad del ventilador impelente es de 300 mts de manga con la perdida de presión respectiva por rozamiento del aire con la manga.
- **Sostenimiento activo.** - Pernos de anclaje helicoidal (con inyección de cemento y/o resina), la instalación y pruebas de los pernos de anclaje a ser colocados como parte del refuerzo en función a la clasificación geomecánica (Nota: La colocación de inyección de cemento o resina debe realizarse a columna completa; por ningún motivo deberán colocarse cartuchos de cemento debido a que estos no garantizan un performance de rendimiento del perno helicoidal salvo en el caso especial que se realicen ensayos específicos de flexo-tracción, y ensayos químicos en los morteros de estos cartuchos cementicios que garanticen su buen rendimiento duración en el tiempo).

- **Echaderos para desmontes.** - El desmonte está compuesto por material estéril “in situ”, procedente de las labores mineras de exploración y de otras afines. Este producto se trasladará a las labores inferiores a través de las chimeneas que conectaran a los subniveles secundarios y niveles principales; servirán como relleno detrítico de los tajeos que se vayan extrayendo el mineral, de manera ascendente, permitiendo tener estabilidad en los hastiales de la franja extraída y un nuevo piso de trabajo.

4.4. Extracción de reservas aplicando el método de explotación Corte y relleno ascendente convencional en el Tajo 328

Para la extracción de las reservas del Tajo 328 del yacimiento Magistral para ello de acuerdo al plan de minado propuesto se estimó la producción mensual el cual está reflejado en el siguiente cuadro.

Tabla 5. Producción proyectada del Tajo 328 para el año 2022.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Producción Programado	1000	1000	1200	1200	1200	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	18100

Fuente: Elaboración propia

Dentro del programa de producción se optimizó una serie de procesos (cambio de método de explotación: corte y relleno ascendente) los cuales comenzaron a reflejarse en la producción:

Tabla 6. Producción optimizada detallada de explotación minera del Tajo 328, año 2022. (Con aplicación del método corte y relleno ascendente)

Descripción					Sección		Año 2022													
Veta	Nivel		Labor	Fase/etapa	Ancho	Alto	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	
Cobre	6	TAJO 328	GL +30 N	Desarrollo	2.1	2.4	150	350	450	450	350	350							2100	
Cobre	6		GL +60 N	Desarrollo	2.1	2.4								250	405	440	300	370	400	2165
Cobre	6		GL 350 N	Desarrollo	2.1	2.4	180	410	410	410	310	380	290	400	300	300	370			3760
Cobre	6		SN-415 N-S	Preparación	1.2	2.1								400	420	315				1135
Cobre	6		SN-437 N	Preparación	1.2	2.1									330	350	380	380		1440
Buena Fortuna	6		GL 280	Exploración	2.1	2.4	185	355	350	350	350	380	320							2290
Buena Fortuna	6		GL 480 N	Exploración	2.1	2.4					330	400	430	430	400	300	380	400		3070
Buena Fortuna	6		GL 480 S	Exploración	2.1	2.4		400	300	400	300					300	400	400		2500
Manto 170	6		GL 170	Desarrollo	2.1	2.4	300	300	300	400	300									1600
Manto 170	6		SN 211 N	Preparación	1.2	2.1	300	440												740
Manto 170	6		SN 211 S	Preparación	1.2	2.1	300		452	446										1198
Manto 170	6		CH 170-1	Preparación	1.2	2.4	250				300	330								880
Manto 170	6		CH 170-2	Preparación	1.2	2.4								325	225					550
Manto 170	6		CH 170-3	Preparación	1.2	2.4										200	200			400
Manto 170	6		CH 170-4	Preparación	1.2	2.4												225	250	475
Cobre	6		EST 0	Preparación	2.1	2.4							100	100	130	130	120	100	90	770
Cobre	6		CH 415	Preparación	1.2	2.4					165									165
Cobre	6		CH 405-0	Preparación	1.2	2.4							235							235
Cobre	6		CH 405	Preparación	1.2	2.4								215						215
Producción Optimizada (Real)							1,665	2,255	2,262	2,456	2,405	2,175	1,930	1,990	2,220	2,185	2,225	1,920	25,688	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7. Cuadro comparativo de la producción programa y la real en el Tajo 328, año 2022.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Producción Programado	1000	1000	1200	1200	1200	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	18100
Producción Optimizada (Real)	1665	2255	2262	2456	2405	2175	1930	1990	2220	2185	2225	1920	25688

Fuente: Elaboración propia

El incremento de la producción de 18 100,00 TM a 25 688,00 TM; aumentando la producción en un 41.92%, lo que al final se traduce en ganancias.

Tabla 8. Plan de Producción del Tajo 328, año 2022.

PLAN DE MINADO DEL TAJO 328 - 2022																
Labores mineras		Exploración			Desarrollo			Preparación			Explotación			Datos generales		
Labores	Sección (m)	Avance (m)	Desmonte (Tms)	Mineral (Tms)	Avance (m)	Desmonte (Tms)	Mineral (Tms)	Avance (m)	Desmonte (Tms)	Mineral (Tms)	Avance (m)	Desmonte (Tms)	Mineral (Tms)	Diámetro taladro (mm)	N° taladros por disparo promedio	Avance/disp promedio
Cruceros	2,1x2,4	4,190	59868,4	0	0	0	0	400	5715,36	0	0	0	0	38	29	1.4
Galerías	2,1x2,4	8,130	116163,26	0	7200	102,876	0	1110	6344,05	12,34	0	0	0	38	29	1.4
Piques	2,5x2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	35	1.2
Sub niveles	1,2x2,1	1,56	11124,95	0	0	0	0	1456	4160.78	8,09	0	0	0	38	16	1.4
Chimenea	1,2x2,4	0	0	0	0	0	0	1645	5372.44	0	0	0	0	38	19	1.2
Tajeos	1,5X1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9347.33	0	114,55	38	23	1.4
Totales		13,877	187,157	0	7,200	102,88	0	4 611	21,59	30,87	9,347	0	114,55			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 9. Requerimiento de explosivos y accesorios, año 2022.

Requerimiento de Explosivos y Accesorios 2022										
Labores	Emulsión (Kg)	Dinamita (Kg)	Fulminante N° 8 (Pza)	Detonador Ensamblado (Pza)	Detonador No eléctrico (Pza)	Cordón detonante (m)	Mecha lenta (m)	Mecha rápida (m)	Conector (Pza)	Anfo (kg)
Cruceros	47069	22009	37811	30757		0	103675	11435	37811	16005
Galerías	126439	118244	135426		46000	23000	371329	40955	135426	42348
Piques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub niveles	4262	15943	13695	11140	0	0	37550	4142	13695	5795
Chimeneas	3224	6030	0	8426	0	0	0	0	0	0
Tajeos	19006	17774	61069	49677	0	0	167447	18468	61069	25850
Totales	200 000	180 000	248 000	100 000	46 000	23 000	680 000	75 000	248 000	90 000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Cronograma de ejecución de las actividades del Tajo 328, año 2022.

Cronograma de Actividades/Fases 2022													
Fase/Etapa	Avance (m)	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Exploración	13,877	680	1,090	1,117	1,490	1,590	1,410	1,330	1,200	1,200	1,000	970	800
Desarrollo	7,200	780	960	860	680	610	510	300	280	450	540	640	590
Preparación	4,611	205	205	285	286	205	255	300	510	570	645	615	530
Total	25,688	1,665	2,255	2,262	2,456	2,405	2,175	1,930	1,990	2,220	2,185	2,225	1,920

Fuente: Elaboración propia

4.5. Discusión de resultados

- El yacimiento de la mina Magistral está emplazado en el grupo Goyllarisquisga, constituido por Lutitas, y calizas, de la formación Pariahuanca, del cual se obtiene un RMR de 58, clase III calidad media, con dos sistemas de fallamiento uno con orientación NW-SE y el otro E-W.
- El diseño y construcción de las siguientes labores permite la aplicación del método de explotación subterránea Corte y Relleno Ascendente Convencional, en el Tajo 328:
 - ✓ Chimeneas simples de sección de 4' x 5' y de doble compartimiento de 4' x 8'.
 - ✓ Sub niveles principales de 7' x 8', sub niveles de tajos de 4' x 6' y 4' x 7'.
 - ✓ By pass de 7' x 8' y 5' x 7'.
 - ✓ Rampa de 8' x 8' y 7' x 8' con gradientes de 12%.
- La extracción de las reservas minables con el método de explotación corte y relleno ascendente permite el incremento de la producción de 18 100,00 TM a 25 688,00 TM; aumentando en un 41.92%, lo que al final se traduce en ganancias.

4.6. Aportes del tesista

Se aporato con realizar el estudio de implementación del método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328 de la mina Magistral, esto de acuerdo a los resultados geomecánicos.

CONCLUSIONES.

1. El yacimiento de la mina Magistral está emplazado en el grupo Goyllarisquisga, constituido por Lutitas, y calizas, de la formación Pariahuanca, lo que nos permite evaluar y obtener un RMR de 58 clase III, calidad media, con dos sistemas de fallamiento uno con orientación NW-SE y el otro E-W. (Lo que hace factible la aplicación del método corte y relleno ascendente).
2. La ejecución de las labores de exploración y desarrollo que serán construidos en forma convencional para la aplicación del método de explotación corte y relleno ascendente consiste en:
 - Chimeneas simples sección de 4' x 5' y de doble compartimiento de 4' x 8'.
 - Sub niveles principales de 7' x 8', sub niveles de tajos son de 4' x 6' y 4' x 7'.
 - By pass de 7' x 8' y 5' x 7'.
 - Rampa de 8' x 8' y 7' x 8' con gradientes de 12%.

Lo que nos permitirá tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso.

3. La extracción de las reservas minables permitirá aumentar de 18 100,00 TM a 25 688,00 TM; lo que supone un incremento de 41.92%, lo que al final se traduce en ganancias, para la compañía minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda cambiar al método de Corte y Relleno Ascendente convencional en el Tajo 328 de la mina Magistral ya que es un método más rentable.
2. Se aconseja realizar la distribución de los equipos de una manera óptima para que no tengan demoras operativas en el ciclo de minado.
3. Para el sostenimiento es recomendable emplear Split Set en donde el tipo de rocas tenga condiciones desfavorables.
4. Se recomienda la aplicación de voladura controlada para evitar voladuras secundarias y así se pueda cumplir con el avance programado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (Mining Technologies Innovation Lab). (2020). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV: Métodos de explotación de interior. (Serie "Introducción al Laboreo de Minas")*. Universidad Politécnica de Madrid (Technical University of Madrid). E.T.S.de Ingenieros de Minas y Energía (H.T. School of Mines and Energy) y Laboratorio de Innovación en Tecnologías Mineras Madrid, España.
- Arteaga Espinoza, J. (2021). *Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas. Cerro de Pasco, Perú.
- Barreto Corcino, J. (2022). *Implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para minimizar incidentes - accidentes en la mina Magistral de Huaraz de SMRL Magistral de Huaraz SAC – 2021*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú.
- Buendía Meza, C. (2021). *Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente en vetas angostas en el tajo Carmelita de la Mina Toctopata – Andahuaylas*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. .
- Córdova Mondragón, M. (2019). *Análisis del método de corte y relleno ascendente semimecanizado, frente al método long wall en la producción de mineral del Tajo 6520, NV 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.* [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería de Minas Escuela de Ingeniería de Minas. Piura, Perú.

- Flores Isidro, E. (2016). *Monografía implementación del modelo matemático de áreas de influencia, para el diseño de malla de perforación y voladura en la Rampa (-) 445SW en la UM. Arequipa M. de la CIA. AC. Agregados S.A.C. UNASAM FIMGM. Huaraz.*
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). • *Hernández Sampieri Roberto, FernMetodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición. México.*
- Mayta Martel, S. (2021). *Influencia del programa anual de seguridad y salud ocupacional para prevención de accidentes en la Compañía minera S.M.R.L Magistral de Huaraz S.A.C. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. .*
- Mori Villanueva, R. (2017). *Mori Villanueva, R. Recuperación de pilares mediante el método de pilares artificiales en el Tajo Manto Sur, nivel 8, mina Magistral, SMRL Magistral De Huaraz S.A.C.-2017. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Metalurgia. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú. .*
- Núñez Alvarado, J. . (2019). *Elección e implementación del método corte y relleno ascendente para la explotación del proyecto minero Cory Collur año 2019. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú. .*
- Pérez Flores, C. . (2019). *Mecanización del método de minado corte y relleno ascendente en el Tajo 2590 de la mina Rosa NV.2430, unidad Parcoy – Consorcio Minero Horizonte S.A.C. PARA incrementar el volumen de producción. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería De Minas. Trujillo, Perú. .*

Rodriguez Lucas, D. . (2018). *Geomecánica aplicada para mejorar la estabilidad de labores mineras subterráneas en la unidad minera Arequipa M de la compañía minera A.C. Agregados S.A. - año 2018.* [Tesis de Pregrado.] Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Metalurgia. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Huraz, Peru. .

Tuncar Curi, K. (2020). *Diseño de tajeo de veta Ramal Techo para corte y relleno ascendente con perforacion en Breasting U.E.A. Ticlio.* . [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo Perú. .

ANEXOS



ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS
IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO ASCENDENTE PARA LA EXTRACCIÓN DE RESERVAS MINERALES DEL TAJO 328 CÍA. MINERA MAGISTRAL DE HUARAZ S.A.C. - 2022

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis General	Variable Independiente	Población
¿La implementación del método de explotación corte y relleno ascendente incidirá en la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022?	Implementar el método de explotación corte y relleno ascendente para la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. – 2022.	La implementación del método de explotación corte y relleno ascendente permitirá la extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. el año 2022.	Implementación del método de explotación corte y relleno ascendente.	La población del trabajo de investigación está constituida por todos los tajos en explotación de la Mina Magistral.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis General	Variable Dependiente	Muestra
¿Las labores de exploración y desarrollo permitirán tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso?	Ejecutar labores de exploración y desarrollo que permitan tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso.	La ejecución de las labores de exploración y desarrollo permitirán tener un conocimiento total de las características geológicas, geomecánicas, geométricas del macizo rocoso.	Extracción de reservas minerales del Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022	La muestra está constituida por el Tajo 328 Cía. Minera Magistral de Huaraz S.A.C. en el año 2022
¿El diseño y construcción de labores mineras desarrollará el método de corte y relleno ascendente?	Diseñar y construir labores mineras para desarrollar el método de corte y relleno ascendente.	El diseño y construcción de labores mineras permitirán el desarrollo del método de corte y relleno ascendente.		
¿La extracción de las reservas minables se aplicará en el método de explotación corte y relleno ascendente?	Extraer las reservas minables aplicando el método de explotación corte y relleno ascendente convencional.	La extracción de las reservas minables se realizarán aplicando el método de explotación Corte y relleno ascendente convencional.		

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 2. ACRÓNIMOS

Dip: Buzamiento. (Buendía, 2021, p. 13).

Dip Dir: Dirección de buzamiento. Pv: Presión vertical. (Buendía, 2021, p. 13).

Ph: Presión horizontal. (Buendía, 2021, p. 13).

Ø: Angulo de fricción interna. C: cohesión. (Buendía, 2021, p. 13).

m: Metro. (Buendía, 2021, p. 13).

Q: Índice de Barton. (Buendía, 2021, p. 13).

SIMR: Sociedad Internacional de Mecánica de rocas. EG: Estación Geomecánica. (Buendía, 2021, p. 13).

RMR: Rock mass rating. (Buendía, 2021, p. 13).

RQD: Designación de calidad de roca (Rock quality designation). RCU: Resistencia compresiva uniaxial. (Buendía, 2021, p. 13).

GSI: Índice de resistencia geológica. MPa: Mega Pascales. (Buendía, 2021, p. 13).

Bz: Buzamiento. (Buendía, 2021, p. 13).