



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



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**

**TESIS**

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON EL MÉTODO  
DE EXPLOTACIÓN CORTE Y RELLENO ASCENDENTE  
MINA MARIA CECILIA UNO COMPAÑÍA MINERA  
ULDASH S.A.C. - 2022**

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

**PRESENTADO POR:**

**BACH.: GAYTAN VEGA RAY FRANKLIN**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. QUIÑONES POMA JUAN ROGER**

**HUARAZ – PERÚ**

**2022**





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**  
*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS,**  
**GEOLOGIA Y METALURGIA**




**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL**

En la ciudad de Huaraz, siendo las diez horas con cero minutos de la mañana (10:00 a.m.) del día diecisiete de Enero del dos mil veintitres (17/01/23), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 210-2022-FIMGM/D, de fecha 03 de Noviembre del 2022, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO, como Presidente; M.Sc. Ing, ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO, como Secretario y el Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO, como Vocal;** para la sustentación de la tesis Titulada: **"OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION CON EL METODO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MINA MARIA CECILIA UNO COMPAÑIA MINERA ULDASH S.A.C. - 2022"** presentado por el Bachiller RAY FRANKLIN GAYTAN VEGA, 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°210-2022-FIMGM/D de fecha 03 de Noviembre del 2022. 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 - diez horas y cincuenta minutos (10:50 a.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. JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO**  
Presidente

  
-----  
**M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO**  
Secretario

  
-----  
**Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO**  
Vocal

  
-----  
**Dr. JUAN ROGER QUINONES POMA**  
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 INGENIERÍA DE MINAS,**  
**GEOLOGÍA Y METALURGIA**



**ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS**

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION CON EL METODO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MINA MARIA CECILIA UNO COMPAÑÍA MINERA ULDASH S.A.C. - 2022"** presentado por el Bachiller **RAY FRANKLIN GAYTAN VEGA**, y sustentada el día 17 de Enero del 2023, por Resolución Decanatural Nº 210-2022-FIMGM/D, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 17 de Enero del 2023

Dr. JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO  
Presidente

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO  
Secretario

Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO  
Vocal

Dr. JUAN ROGER QUÍÑONES POMA  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso por darme la vida y su bendición diaria  
a lo largo de mi existencia.

También dedico esta tesis toda mi querida familia y amigos  
por acompañarme en este proceso.

**Ray Franklin**

## AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a mi alma mater la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo por medio de mi querida Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, a mis docentes que con su sabiduría han logrado ayudarme a llegar a este punto en mi vida profesional.

No fue fácil, pero gracias a su aliento incansable logre culminar mis estudios a todos ustedes muchas gracias.





## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Optimización de la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022”, tiene como objetivo general Optimizar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022. Se justifica porque con el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente, se optimizará la producción. La hipótesis formulada: Es viable y factible el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022. Los resultados, mas importantes fueron que: el Estudio Geo mecánico de las Labores Mineras Subterráneas de la Mina María Cecilia Uno de la Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022, se han realizado en base a las investigaciones de campo, y trabajos de gabinete realizando y en el tajeo el ciclo de producción es dinámico e inmediato. La conclusión más importante fue que se realizó el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022.

**Palabras claves:** Optimización, producción, método de explotación corte y relleno ascendente, Mina María Cecilia Uno, Compañía Minera Uldash S.A.C., 2022.

## ABSTRACT

The present research brought titled "Optimization of production with the ascending cut and fill exploitation method, María Cecilia Mine Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022", its general objective is to optimize production with the ascending cut and fill exploitation method of the María Cecilia Mine Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022. It is justified because with the design and implementation of the ascending cut and fill exploitation method, production will be optimized. The formulated hypothesis: It is viable and feasible to design and implement the ascending cut and fill exploitation method of the María Cecilia Mine Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022. The most important results were: the Geomechanical Study of the Underground Mining Works of the María Cecilia Uno Mine of the Uldash Mining Company S.A.C. – 2022, they have been carried out based on field investigations, and office work carried out and in the stope the production cycle is dynamic and immediate. The most important conclusion was that the design and implementation of the ascending cut and fill exploitation method was carried out in María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022.

**Keywords:** Optimization, production, ascending cut-and-fill exploitation method, María Cecilia Uno Mine, Campania Minera Uldash S.A.C.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
<b>1.1. Entorno Físico.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Ubicación y acceso.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. Relieve.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.3. Topografía.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.4. Fisiografía.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.5. Geomorfología.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.6. Clima y Meteorológica.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Entorno Geológico.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Geología regional.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Geología local.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3. Geología estructural.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.4. Geología económica.....</b>	<b>8</b>
CAPITULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN.....	9



<b>2.1. Marco Teórico</b> .....	9
<b>2.1.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	9
<b>2.2. Definición de Términos</b> .....	13
<b>2.3. Fundamentación teórica</b> .....	17
<b>2.3.1. Optimización de la producción</b> .....	17
<b>2.3.2. Métodos de explotación – selección de método</b> .....	18
<b>2.3.3. Método de explotación corte y relleno ascendente (Cut and Fill Stopping)</b>	
24	
<b>2.3.4. Métodos de selección del minado subterráneo</b> .....	32
<b>CAPITULO III</b> .....	35
<b>METODOLOGÍA</b> .....	35
<b>3.1. El Problema</b> .....	35
<b>3.1.1. Descripción de la realidad problemática</b> .....	35
<b>3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema</b> .....	36
3.1.2.1.    Formulación del problema General.....	36
3.1.2.2.    Formulación de problemas específicos .....	36
<b>3.1.3. Objetivos de la investigación</b> .....	37
<b>3.1.3.1. Objetivo General</b> .....	37
<b>3.1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....	37
<b>3.1.4. Justificación e importancia</b> .....	37
<b>3.1.5. Alcances</b> .....	38
<b>3.1.6. Delimitación de la Investigación</b> .....	38
<b>3.1.7. Limitación de la Investigación</b> .....	38
<b>3.2. Hipótesis</b> .....	39

<b>3.3. Variables</b> .....	39
<b>3.3.1. Operacionalización de variables</b> .....	40
<b>3.4. Diseño de la investigación</b> .....	41
3.4.1. Tipo de investigación .....	41
3.4.2. Nivel de la investigación .....	41
3.4.3. Método .....	42
3.4.4. Diseño de investigación .....	42
3.4.5. Población y muestra .....	43
3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	43
<b>CAPITULO IV</b> .....	46
<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	46
<b>4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos</b> .....	46
<b>4.2. Caracterización geomecánica de la Mina María Cecilia Uno, Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022</b> .....	46
4.2.1. Aspectos técnicos desarrollados .....	49
4.2.2. Caracterización geomecánica .....	51
4.2.3. Geología .....	63
<b>4.3. Diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente</b> 64	
4.3.1. Operaciones mina producción (detalles de diseño) .....	64
4.3.2. Ciclo de minado .....	65
4.3.3. Descripción del método de explotación .....	66
4.3.4. Simulación del corte & relleno ascendente - zona Mina María Cecilia Uno .....	71

<b>4.4. Discusión de resultados .....</b>	<b>76</b>
<b>4.5. Aporte del tesista.....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 2. BALANCE METALURGICO .....</b>	<b>86</b>
Fuente. Elaboración propia.....	86
<b>ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina María Cecilia Uno.....	2
Figura 2. Métodos de explotación superficial y subterráneo.....	24
Figura 3. Principios del método Corte y relleno Ascendente.....	29
Figura 4. Método Corte y relleno Ascendente Convencional. ....	30
Figura 5. Principios del método Corte y relleno Ascendente Mecanizado. ....	31
Figura 6. Principios del método Corte y relleno Ascendente Mecanizado. ....	32
Figura 7. Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.....	52
Figura 8. Sistema de fallas de la mina María Cecilia Uno. ....	53
Figura 9. Diagrama de rosetas - Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.....	54
Figura 10. Diagrama de rosetas - Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.....	55
Figura 11. Corte y relleno ascendente circado en bresting y relleno inmediato.....	67
Figura 12. Simulación numérica.....	72
Figura 13. Simulación numérica.....	72
Figura 14. Simulación numérica.....	73
Figura 15. Simulación numérica.....	73
Figura 16. Simulación numérica.....	73
Figura 17. Simulación numérica.....	74
Figura 17. Punto de equilibrio. ....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Itinerario de Accesibilidad a la Mina María Cecilia Uno.....	1
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	40
Tabla 3. Dominio estructural.....	51
Tabla 4. Principal sistema de falla.....	52
Tabla 5. Criterio de valoración "RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana, 2000".	58
Tabla 6. Resistencia de la roca intacta.....	63
Tabla 7. Datos de diseño del método de explotación.....	65
Tabla 8. Costos Optimizados.....	74
Tabla 9. Análisis del punto de equilibrio.....	75

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de explotación minera, se desarrollará en el Sector Huashtacruz en la quebrada Yacururi ubicada a aproximadamente 3,892 m.s.n.m. localizada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, departamento de Ancash. La actividad minera opera a una capacidad máxima de extracción de 20 a 30 TM de mineral por día y método de explotación es el Método Corte y relleno ascendente mediante circado, el mismo que será extraído y acondicionado en un depósito temporal, para luego ser transportado a una planta de beneficio cercana al proyecto. La unidad tiene un cálculo estimado de 35,000 TM de reservas minerales, por lo que se ha considerada una vida útil de 15 años.

La necesidad de incrementar la producción de 30 TM día a 100 TM/día para el año 2022 nos pone en la urgencia de optimizar la producción con el método semi mecanizado de corte y relleno ascendente, de acuerdo a las condiciones geométricas, geológicas y geomecánicas del yacimiento. El yacimiento es del tipo Polimetálico: Con presencia de minerales como galena, calcopirita, bornita y covelina con leyes promedio de Ag = 8 oz/TM, Pb = 5 %, Cu = 3 %, a nivel mundial la subida de los precios de los metales hace que tengamos un visión de incremento de la producción lo que permitirá maximizar las ganancias de la Compañía Minera Uldash S.A.C.

**CAPÍTULO I: GENERALIDADES**, en la que se describe algunas características de la Mina María Cecilia Uno, en su entorno físico y el entorno geológico.

**CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN**, Se trata el marco teórico, con la los antecedentes de la investigación, la definición de términos y las bases teóricas.



**CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**, se plantea la pregunta de investigación, así como los objetivos, la justificación e importancia. Redacción de la hipótesis, las variables, metodología incluyendo a la población y muestra del estudio.

**CAPÍTULO I: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**, se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

Luego se presentan las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1. Entorno Físico

##### 1.1.1. Ubicación y acceso

Minera Uldash S.A.C. (2022) el proyecto de explotación minera, se desarrollará en el Sector Huashtacruz en la quebrada Yacururi ubicada a aproximadamente 3,892 m.s.n.m. localizada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, departamento de Ancash.

##### Accesibilidad.

Tabla 1. Itinerario de Accesibilidad a la Mina María Cecilia Uno.

Tramo	Tipo	Distancia Aprox. (Km.)
Lima – Pativilca	Asfaltada	203.00
Pativilca - Huaraz	Asfaltada	200.00
Huaraz – Pueblo Libre	Asfaltada	74.90
Pueblo Libre – Mina María Cecilia Uno	Afirmada	27.60
Total		505.50

Fuente: Minera Uldash S.A.C., 2022.

Tabla 2. Coordenadas de la actividad minera Minera Uldash S.A.C.

Concesión minera: MARIA CECILIA UNO – Código: 010141811	Área de la actividad minera UTM WGS 84 Zona 18S*			
	Vértice	Norte	Este	Área (ha)
COMPAÑÍA MINERA ULDASH S.A.C	1	8 992 978,82	184 773,54	74.29 Ha
	2	8 992 420,02	185 744,32	
	3	8 991 803,36	185 390,21	
	4	8 992 323,39	184 486,78	
	5	8 992 634,07	184 622,70	
	6	8 992 634,07	184 773,54	

Fuente: Minera Uldash S.A.C., 2022.

### 1.1.2. Relieve

Minera Uldash S.A.C. (2022) presenta un contraste entre relieve accidentado, interrumpidos por las pequeñas colinas de laderas suaves a moderadas y de pequeñas superficies con pendientes que varían de ligeramente inclinadas a inclinadas que corresponden a afloramientos rocosos.

### 1.1.3. Topografía

Minera Uldash S.A.C. (2022) tiene una topografía accidentada y muy empinada, se tiene solo un pequeño espacio en la zona del campamento que es ligeramente plana, las zonas de mina son de pendiente alta de mayor a 65 grados.

Figura 1. Ubicación de la mina María Cecilia Uno.



Fuente: Elaboración propia.

#### 1.1.4. Fisiografía

Minera Uldash S.A.C. (2022) contraste entre relieve accidentado, interrumpidos por las pequeñas colinas de laderas suaves a moderadas y de pequeñas superficies con pendientes que varían de ligeramente inclinadas a inclinadas que corresponden a afloramientos rocosas.

#### 1.1.5. Geomorfología

Minera Uldash S.A.C. (2022) el Área estudiada, presenta rasgos morfológicos producidos principalmente por el tectonismo en plutonismo y la erosión

#### 1.1.6. Clima y Meteorológica

En el área del proyecto de explotación en la concesión minera María Cecilia Uno, predomina un clima dominado por la cordillera de los andes. Las características climáticas se detallan a continuación.

- **Temperatura.** - La temperatura media anual en esta área bioclimática es de 15. 2 grados centígrados, de acuerdo a la estación climatológica de Huascarán (Ancash), la media anual mínima es de 15 grados de acuerdo a la estación climatológica de Huascarán (Áncash).
- **Viento.** - La dirección del viento en el área es variable, predominante tienen una dirección Noreste a Sur Oeste, aunque también son importantes los vientos de Sur Este a Nor Oeste.
- **Precipitación.** - El promedio de precipitación por año es de 495 mm y el promedio mínimo es de 355 mm. de acuerdo a la estación

Climatológica Huascarán. De acuerdo al Diagrama Bioclimático de Holdrige, el promedio de evo transpiración potencial total por año es de 12 mm. (Minera Uldash S.A.C., 2022).

## 1.2. Entorno Geológico

### 1.2.1. Geología regional

**Geomorfología.** - El levantamiento de la cordillera Negra y posteriormente de la cordillera Blanca dio lugar a la formación del valle del río Santa. El cual fue profundizado en los años posteriores por la tectónica de graben y la erosión de fondo y lateral.

**Estratigrafía.** - Regionalmente el basamento lo constituyen rocas del Jurásico de la formación Chicama, suprayaciendo tenemos rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior perteneciente a las Formaciones Oyón, Chimu, Santa y Carhuaz; todas ellas concordantes formando una serie de pliegues largos de rumbo NW-SE y están siendo intruidas por una serie de stoks alineados NW-SE y diques sills, que han mineralizado el área

Descripción de las unidades estratigráficas:

- **Formación Chicama.** - Lo constituyen una secuencia de lutitas y areniscas finas; las cuales forman la cuenca Chavín, con potencias que van de 800 a 1 000 metros, Tiene reservas potenciales de Carbón y cuya edad está calculada como Titoniana del Jurásico Superior correccionable con el grupo yura del sur del Perú.
- **Formación Oyon.** - Sobreyace a la formación Chicama y está conformada por areniscas limonitas carbonadas con intercalaciones de

limo arcillas carbonadas de las cuales existen algunos niveles de carbón Bituminoso y Sub bituminoso su edad está calculada como la del Neocomiano Inferior.

- **Formación Chimú.** - Sobreyaciendo a la formación oyon, con una potencia variable entre 150 a 400 metros compuesto generalmente por cuarcitas de color blanco a gris claro, se presenta como mantos gruesos su edad corresponde al Valanginiano Inferior a Medio, Correlacionable con la formación Salto del Fraile (La Herradura, Lima), y las de Huancané y Muní del sur del Perú.
- **Formación Santa.** - Con una potencia de 100 a 389 metros constituido generalmente calizas, arcillitas calcaresas, sobre yace a la formación Chimu y su edad corresponde a la Valanginiana
- **Formación Carhuaz.** - Con una potencia de 500 metros discordante a la formación Santa, consiste de areniscas, cuarcitas con intercalaciones de arcillitas de caliza y yeso, su edad se tipifica como la del Aptiano.
- **Formación Farrat.** - consiste de cuarcitas finas con intercalaciones de arcillitas rojas, discordante a la formación Carhuaz con grosores entre 150 a 200 m; su edad se le asigna al Aptiano.
- **Formación Pariahuanca.** - compuesto de calizas- suprayace a la formación Farrat; su edad según Benavides (1956) indica al Albino Aptiano.



- **Formación Chulec.** - en forma concordante subyace a la Formación Pariahuanca; consiste en calizas margas y arcillitas calcáreas, con grosores de 100 a 250 m. Su edad se ubica en al Albiano Inferior.
- **Formación Pariatambo.** - consiste en metros de margas y arcillitas negras, es de edad Albiano Medio.
- **Formación Huaylas.** - compuesto por Conglomerados, areniscas; infrayace al Grupo Calipuy su edad se considera parte inferior Albiano; parte superior Cretáceo Superior.
- **Grupo Calipuy.** - tiene un grosor de 2000 m; y está diferenciado dos unidades: Calipuy Inferior compuesto por aglomerados, brechas (6). La edad por dataciones radiométricas K- Ar Webb (1976) sugiere Eoceno.
- **Formación Yungay.** - consiste de rocas piroclásticas, donde predomina tobas blancas. Subrayase al grupo Calipuy. Su grosor aproximado de 150 m. Su edad por dataciones radiométricas da de 5.8 a 7.8 MA correlacionable con las Formaciones Fortaleza y Bosque de Piedras.
- **Depósitos Cuaternarios.** - están sobrayaciendo todas las unidades antes descritas. (Minera Uldash S.A.C., 2022).

### 1.2.2. Geología local

La zona donde está emplazada el yacimiento se caracteriza por una topografía accidentada por la presencia de la Cordillera de los Andes, con pendientes inclinadas, áreas de relieve suave a sub-horizontales, y pequeños afloramientos rocosos. Sus altitudes varían de 3,500 m.s.n.m. a 5,000

m.s.n.m. En el área predomina la presencia de pastos naturales llamados “pajonales de puna”, conformados por manojos dispersos de gramínea altoandina que lleva el nombre de “Ichu”. Geológicamente está constituido por rocas volcánicas del Grupo Calipuy, compuestas de derrames andesíticos. La edad de estos volcánicos oscila entre el Paleógeno y Neógeno. Depósitos Cuaternarios, sobreyacen a estas unidades, siendo los más importantes los fluvioglaciares, que alcanzan su desarrollo máximo en los alrededores de la Cordillera Blanca; incluyen a los grupos de morrenas, extensos mantos de arenas y gravas. Además, existen abundantes terrazas fluvioglaciares prominentes en algunos sectores del río Santa. Dentro del área que corresponde a las vetas expuestas de las actividades de explotación en la Concesión “Sol María Micol”, se ha identificado, la formación volcánica calipuy, el cual se distribuye ampliamente a lo largo del departamento, ocupando gran parte de la cordillera negra. De acuerdo a las evidencias paleontológicas encontradas, se estima que la acumulación volcánica de esta unidad tuvo lugar durante la parte tardía del Terciario inferior. (Minera Uldash S.A.C., 2022).

### **1.2.3. Geología estructural**

El rasgo estructural resaltante es la presencia del Batolito de la Cordillera Blanca y de las fallas longitudinales NW-SE (Cordillera Blanca y Santa), fallas transformantes que desplazan a las anteriores, las cuales son casi E-W y fallas tensionales; todo esto dio como consecuencia que se genere un fallamiento en bloques y se forme el valle tectónico del Callejón de Huaylas y en el lugar donde convergen estas fallas fue aprovechado por las rocas

ígneas para intruir. Por efecto del movimiento de las placas tectónicas de nuestra tierra, tenemos que se han formado una serie de pliegues largos, de rumbo NW-SE. (Minera Uldash S.A.C., 2022).

#### 1.2.4. Geología económica

El yacimiento se caracteriza por la presencia de minerales polimetálicos: Con presencia de minerales como galena, calcopirita, bornita y covelina con leyes promedio de Ag = 8 oz/TM, Pb = 5 %, Cu = 3 %, dispuestos en vetas que tiene una dirección de norte a sur, con un buzamiento promedio de 79 °C, la potencia varia de 1,20 a 2,30 metros.

Se estima unas reservas probadas de 35,000 toneladas de mineral polimetálicos con leyes promedio anteriormente mencionados.

Tabla N° 1: Reservas de mineral minera Uldash S.A.C., 31 de diciembre del 2022.

Categoría	Potencia promedio (m.)	Tonelaje Tms	Leyes		
			OzAg/TM	%Pb	%Cu
Probado	1,75	35 000	8,00	5,00	3,00
Probable	1,75	35 000	8,00	5,00	3,00
Total	1,75	70 000			

Fuente: Datos estimados por el Tesista

## CAPITULO II

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1. Marco Teórico

##### 2.1.1. Antecedentes de la investigación

Según Casimiro (2021) en la tesis titulada “Diseño e implementación del método de minado por bench and fill en el tajeo 100 de la Unidad Productora Carahuacra”, la tesis se estudia la aplicación del método de minado Bench and Fill, para vetas angostas se evaluaron los estudios geológicos, de geomecánica, seguridad, operaciones y planeamiento de mina. La evaluación del trade off se realizó en base al margen económico analizado para el método de minado para corte y relleno ascendiendo a US\$ 78.24 / t en relación con el método de minado Bench and Fil/ que es de US\$ 83.83 / t, es notorio que se debe considerar el método de minado Bench and Fill para la aplicación del método de minado para generar un ahorro de US\$ 5.6 / t. (Casimiro, 2021).

Según Alvarez (2021) en la tesis titulada “Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S. A. Unidad Minera Atacocha.”, la tesis surge a partir de la necesidad de mejorar y lograr una operación sostenible que vaya juntamente con el cuidado del medio ambiente, seguridad de los trabajadores/equipos y la productividad frente a la fluctuación de costos y variación de los precios de los metales en el mercado. Inicialmente, se realiza un diagnóstico y análisis de los factores que afectan positiva y negativamente

la productividad de la operación de transporte de mineral, los métodos de trabajo, los sistemas de control, etc. A este análisis se le acompaña con propuestas de solución para cumplir con los objetivos de compañía y la contrata. Sus objetivos, incrementar la rentabilidad económica, optimizar y reducir costos de la operación de transporte de mineral, que tiene como finalidad cumplir con la producción programada y alcanzar los niveles aceptables de rentabilidad de la contrata Mceisa. El método de investigación utilizado en la presente tesis es el método científico de tipo de investigación aplicada y de nivel de investigación descriptivo – explicativo – relacional. Finalmente, como resultado, se logró incrementar la rentabilidad económica en 7.23% que representa en términos monetarios \$ 22 099.54, reducir los gastos operacionales en \$ 119 708.40 y optimizar la operación de transporte de mineral reduciendo la flota de equipos, demoras operativas e incrementando la producción en 38 272 toneladas. (Alvarez, 2021).

Según Aquino (2020) en la tesis titulada “Implementación del método de minado bench and fill en la veta Mary del tajo 120 Unidad Productora Carahuacra de Volean Compañía Minera S. A. A.”, la tesis se indica que La unidad minera Carahuacra - Yauli, es una de las unidades de la compañía minera Volcán S.A.A. dedicada a la explotación y tratamiento de minerales polimetálicos, siendo mineral de cabeza zinc, plata, cobre y plomo. La presente tesis detalla la implementación del método de minado por Bench and Fíll en la veta Mary tajo 120 E - W del nivel 1120, se consideraron las variables de estudio geomecánico y costos como gastos operacionales. La implementación de método de minado Bench and Fíll reduce el gasto de capital (capex) en el método de explotación de minado en 42,918,080.86

dólares. De este modo, se minimiza el costo de operación (opex mina), siendo que, en el método de minado Bench and Fíll es 58.34 dólares por tonelada y en el método de minado por corte y relleno es de 72,46 dólares por tonelada. Entonces, se tiene una reducción del costo de operación en favor a la implementación del método de minado Bench and Fíll en 14 dólares por tonelada. El costo de operación en relación a la producción anual para el método de minado Bench and Fil/ es de 42,918,080.86 dólares y en el método de corte y relleno es de 51,516,268.20 dólares, en la implementación se tiene una reducción de costo operacional de la producción anual de 8,598,187.34 dólares. El costo unitario para el método de minado por Bench and Fíll en comparación con el cut and fíll, se reduce el costo de 1.41 dólares por tonelada. El TRADE Off para la implementación del método de minado significó un ahorro de 5.88 \$/t. (Aquino, 2020).

Según Espinoza (2018) en la tesis titulada “Optimización de la rentabilidad en las operaciones de las vetas San Cristóbal Sur Oeste de la mina San Cristóbal de la Compañía Minera Volean S.A.A.”, la tesis se indica que la mina San Cristóbal constituye una Unidad de Producción actual de la Compañía Minera Volean S.A.A. el cual es un yacimiento polimetálico de Zinc, Plomo, Cobre y Plata, conformada por cuatro minas subterráneas y un tajo abierto, cuyo mineral es tratado en tres plantas concentradoras, con una capacidad instalada de 11,350 toneladas por día. Durante el 2015, el tratamiento de mineral en sus tres plantas concentradoras alcanzó 4.0 millones de toneladas, con leyes de 4.76% Zn, 0.73% Pb, 0.15% Cu y 3.72 oz Ag/TM, lo que representa el 50% del mineral tratado de Volcán consolidado. ¡El método principal de minado en la Mina San Cristóbal se ha



determinado por la estimación de las reservas, siendo el método Sublevel Stopping, con una participación del 56% del total de mineral, mientras que el método Over Cut and Fill (OCF), ocupa el 32% y el método de cámaras y pilares (OCFP) el 12%. La Mina San Cristóbal en su proceso de estabilización de la producción, ha logrado incrementar su aporte de mineral en 23% respecto al año 2015. Asimismo, se ha continuado con los proyectos del sistema de bombeo en la zona central y la construcción de una subestación eléctrica, los cuales han permitido tener una capacidad de bombeo de 300 I/s, asegurando las preparaciones en profundización. (Espinoza, 2018).

Según Castro (2018) en la tesis titulada “Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación Open Stopping, Compañía Minera A.C. agregados S.A.C. - año 2017”, la tesis tiene por objetivo general fue el de optimizar la producción mediante la Aplicación del método de explotación Open Stopping, en la compañía minera A.C. Agregados S.A.C. - AÑO 2017. Se justifica porque la compañía minera A.C. Agregados S.A.C. tiene como meta prioritaria la de mejorar y ampliar la producción, para hacer frente al requerimiento de la planta concentradora de tener una cuota constante de mineral tanto en calidad como en cantidad para mantener la rentabilidad proyectada por el departamento de ingeniería mina de A.C. Agregados S.A.C. - Año 2017. Se concluyó que se optimizará la producción si aplicamos el método de explotación Open Stopping. (Castro, 2018).

Según Rojas (2018) en la tesis titulada “Optimización de la producción en mantos auríferos mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Semi Mecanizado en la empresa minera J.H.S. e Hijos S.R.Ltda..”, la tesis

se indica que se están realizando operaciones de minado subterráneo en mantos auríferos inclinados mediante el método de Cámaras y Pilares y actualmente tiene problemas de baja producción de mineral por día, debido a las restricciones del método de explotación utilizado y para lograr el incremento de la producción se ha planteado como objetivo optimizar la producción en mantos auríferos inclinados, mediante el método de Corte y Relleno Ascendente semi- mecanizado La metodología del estudio de investigación ha consistido en evaluar y estudiar el método de explotación de Corte y Relleno ascendente semi-mecanizado, se han analizado los equipos utilizados, número de taladros perforados, explosivos utilizados, producción del mineral en t/día, el ciclo de minado, personal requerido, los datos se han recolectado en los formatos de control. Finalmente analizando ambos métodos se llegó a las siguientes conclusiones: que mediante el método de explotación por Corte y Relleno ascendente semi-mecanizado, la producción de mineral se ha incrementado de 33.53 t/días producidos con el método de Cámaras y Pilares a 50.30 t/día en la Empresa Minera J.H.S. e Hijos S.R.Ltda. (Rojas, 2018).

## 2.2. Definición de Términos

- **Anfo:** Es una mezcla explosiva adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con 93.5 a 94.5% de Nitrato de Amonio en esferas y 6.5 a 5.5% de combustible líquido pudiendo ser; Petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado. (Castro, 2018, p. 28).

- **Botadero:** Lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a tajo abierto y los ripios que se obtienen al desarmar pilas de lixiviación. (Castro, 2018, p. 29).
- **Bocamina:** Boca que sirve de entrada a una mina. (Castro, 2018, p. 29).
- **Buzón:** Construcción en la madera en de las galerías, que permiten el descenso de la carga. (Castro, 2018, p. 29).
- **Carguío:** Es el traslado de material quebrantado, roto disgregado, desde el frente de voladura hasta la tolva del vehículo. (Castro, 2018, p. 29).
- **Capataz:** jefe de cuadrilla de obreros. (Castro, 2018, p. 29).
- **Cartucho:** Explosivo. (Castro, 2018, p. 29).
- **Caja:** La parte estéril, a ambos lados de las menas, que comprende los hastiales. Término que también se aplica a los fragmentos de roca que sale en las voladuras de los parajes. (Castro, 2018, p. 29).
- **Cateo:** Búsqueda de minerales con cateador, pala, pico, punta, combo y barreno. El término se usa también para la pequeña labor minera realizada con anterioridad. (Castro, 2018, p. 30).
- **Capacitación:** Consiste en instruir conocimientos teóricos y prácticos del trabajo a los participantes. (Castro, 2018, p. 30).
- **Empresa minera:** Es la persona jurídica, que ejecuta las acciones y trabajos de la actividad minera de acuerdo a las normas legales vigentes, diseños,

métodos de explotación, estándares, procedimientos y prácticas establecidas. (Castro, 2018, p. 30).

- **Explosivos:** Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas, y presión ocasionando efectos destructivos. (Castro, 2018, p. 30).
- **Fulminante:** Término utilizado para designar las cápsulas explosivas de un tipo común que se emplean con mecha para iniciar la detonación. (Castro, 2018, p. 30).
- **Ley de corte:** Corresponde a la ley más baja que puede tener un cuerpo para ser extraído con beneficio económico. (Castro, 2018, p. 30).
- **Mecha lenta:** Es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora. (Castro, 2018, p. 30).
- **Mina:** Para fines de fiscalización, incluye a todo:
  - a. Lugar donde se ha realizado rotura de la corteza terrestre o cualquier excavación hecha para explorar o producir minerales metálicos y no metálicos con título de concesión minera.
  - b. Actividad incluida perforaciones de exploración, explotación, beneficio, depósito de desmonte, relaves, plantas de tratamiento de aguas de mina, entre otros.
  - c. Mina cerrada o abandonada. (Castro, 2018, p. 30).

- **Operaciones mineras:** Conjunto de medios mineros que se ponen en Juego para conseguir un resultado favorable durante y después de la actividad minera (Ver definición de actividad minera). (Castro, 2018, p. 30).
- **Productividad:** Tiempo de utilización en que un elemento se desarrolla óptimamente sin reparaciones mayores. Se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En las operaciones mineras la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. Productividad en términos empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (insumos) en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.  $Productividad = Salida / Entradas$ . (Espinoza, 2018, p. 24).
- **Rampa:** Plano helicoidal dispuesta para el desplazamiento de maquinarias, carga de un Banco o nivel a otro. Castro, 2018, p. 30).
- **Riesgo:** Es la posibilidad/probabilidad de que haya pérdida. Castro, 2018, p. 30).
- **Tajo:** Corte hecho con instrumento adecuado, sitio hasta dónde llega la cuadrilla de operarios que trabaja avanzando sobre el terreno. Castro, 2018, p. 30).
- **Voladura:** Es la operación unitaria del minado destinado a la acción y efecto de volar por el aire y hacer saltar con violencia alguna cosa. Castro, 2018, p. 30).

- **Yacimiento:** Es una concentración anómala de uno o varios minerales (metálicos o no metálicos) en la corteza terrestre, en cantidad suficiente como para ser extraídos con beneficios económicos. (Castro, 2018, p. 30).

## 2.3. Fundamentación teórica

### 2.3.1. Optimización de la producción

Los proyectos mineros enfrentan a muchos desafíos a medida que pasan de la visión a la realidad. La optimización de la producción tiene por objetivo el de aumentar leyes, tonelajes, reducir riesgos y aumentar la rentabilidad, con la ejecución y producción de diseños con la planificación minera que se ajusten a las fluctuaciones de los precios del producto y el costo de capital con una visión estratégica de la operación minera. La optimización se realiza en base a la planificación que tiene un modelamiento económico con un enfoque único y eficaz que puede ofrecer un cambio radical en el rendimiento económico. La optimización del proyecto ofrece muchos beneficios:

- Un diseño de mina integrado basado en análisis financieros convincentes y defendibles.
- Un desglose compartimentado entre disciplinas de ingeniería (por ejemplo: geo metalurgia, ingeniería minera, ingeniería de procesos e infraestructura) para incrementar la confianza en los resultados del estudio.
- Mayor confianza en la información presentada a inversionistas.
- Aumento de ganancias.

- Mayor rentabilidad para los accionistas.
- Reducción de los riesgos del proyecto. (Ausenco, 2018, Citado por castro, 2018, p. 27).

### 2.3.2. Métodos de explotación – selección de método

El método de explotación es la estrategia global que permite la excavación y extracción de un cuerpo mineralizado del modo técnico y económico más eficiente:

- Define los principios generales según los que se ejecutan las operaciones unitarias
- Define criterios con respecto al tratamiento de las cavidades que deja la extracción

**Clasificación de Métodos:** Una primera clasificación de los métodos se refiere a si la explotación se realiza siempre expuesta a la superficie o si se desarrolla a través de labores subterráneas. Así, debemos primero separar:

- Métodos de explotación a cielo abierto.
- Métodos de explotación subterránea.

Entre los métodos de explotación de superficie, se pueden identificar los siguientes:

- Cielo abierto, rajo abierto o tajo abierto (llamado Open Pit en inglés). Es el método que más se ve en Chile, particularmente en la explotación de yacimientos de metales básicos y preciosos.



- Cantera (llamado Quarry en inglés). Este nombre se da a la explotación de mineral que puede utilizarse directamente en aplicaciones industriales, como es el caso de la sílice, caliza y piedra de construcción.
- Lavaderos o placeres. Corresponde a la explotación de depósitos de arena en antiguos lechos de ríos o playas, con el fin de recuperar oro, piedras preciosas u otros elementos químicos valiosos.
- Otros. Existen otros métodos poco convencionales para la extracción de algunos elementos de interés, como por ejemplo la disolución, que corresponde a la extracción de azufre o sales solubles mediante la incorporación de un solvente y posterior extracción del soluto de la solución recuperada, y la minería costa afuera, para la extracción de nódulos de manganeso presentes en el fondo del océano.

En cuanto a los métodos de explotación subterráneos, se distinguen según el tratamiento que hagan de la cavidad que deja la extracción de mineral. Sin embargo, en la práctica, la explotación requiere variar y combinar los métodos presentados a continuación, dado que los depósitos raramente se ajustan exactamente a las características ideales de aplicación de alguno de los métodos.

- Métodos autosoportantes o de caserones abiertos: Corresponden a aquellos que consideran la extracción del mineral y dejar la cavidad que éste ocupaba vacía. Para ello, el caserón debe mantenerse estable en forma natural (ser autosoportante) o requerir escasos elementos de

refuerzo. Estos caserones se dejan vacíos una vez que concluye la explotación.

- ✓ Room and Pillar.
- ✓ Stope and Pillar.
- ✓ Shrinkage Stopping.
- ✓ Sublevel Stopping.
- ✓ Vertical Crater Retreta
- Métodos soportados o de caserones que requieren elementos de soporte para mantenerse estables y/o que se rellenan con algún material exógeno.
  - ✓ Cut and Fill Stopping
  - ✓ Excavation Techniques
  - ✓ Backfilling Methods
- Métodos de hundimiento, esto es, donde las cavidades generadas por el mineral extraído son rellenas con el material superpuesto (mineral, mientras dura la explotación, y estéril, una vez finalizada). El hundimiento y consecuente relleno de las cavidades se produce simultáneamente a la extracción del mineral.
  - ✓ Longwall Mining
  - ✓ Sublevel Caving

- ✓ Block / Panel Caving

### **Criterios de selección del método:**

#### **Características Espaciales: Rajo vs Subterránea**

Afectan tasa de producción, método de manejo de material, diseño de la mina en el depósito.

- Tamaño (alto, ancho o espesor)
- Forma (tabular, lenticular, masivo, irregular)
- Disposición (inclinado, manteo)
- Profundidad (media, extremos, razón de sobrecarga)

**Condiciones Geológicas e Hidrológicas:** Tanto de mineral como de roca de caja (o huésped), Afecta la decisión de usar métodos selectivos o no selectivos.

- Requerimiento de drenaje, bombeo, tanto en rajo como en subterránea.
- Mineralogía es importante para procesos.
- Mineralogía y petrografía (óxidos vs. Sulfuros)
- Composición química.
- Estructura del depósito (pliegues, fallas, discontinuidades, intrusiones).
- Planos de debilidad (grietas, fracturas, clivaje).

- Uniformidad, alteración, meteorización (zonas, límites).
- Aguas subterráneas e hidrología (ocurrencia, flujo, nivel freático).

**Consideraciones Geotécnicas:** Selección del método (soporte necesario)

Hundibilidad

- Propiedades elásticas
- Comportamiento plástico o viscoelástico
- Estado de los esfuerzos (originales, modificados por la excavación)
- Consolidación, compactación, competencia
- Otras propiedades físicas (gravedad específica, poros, porosidad, permeabilidad)

**Consideraciones Económicas:** Determinan el éxito del proyecto. Afectan inversión, flujos de caja, periodo de retorno, beneficio.

- Reservas (tonelaje y ley)
- Tasa de producción
- Vida de la mina (desarrollo y explotación)
- Productividad
- Costo de mina de métodos posibles de aplicar

**Factores Tecnológicos:** Se busca la mejor combinación entre las condiciones naturales y el método.

- Porcentaje de recuperación
- Dilución
- Flexibilidad a cambios en la interpretación o condiciones
- Selectividad
- Concentración o dispersión de frentes de trabajo
- Capital, mano de obra, mecanización

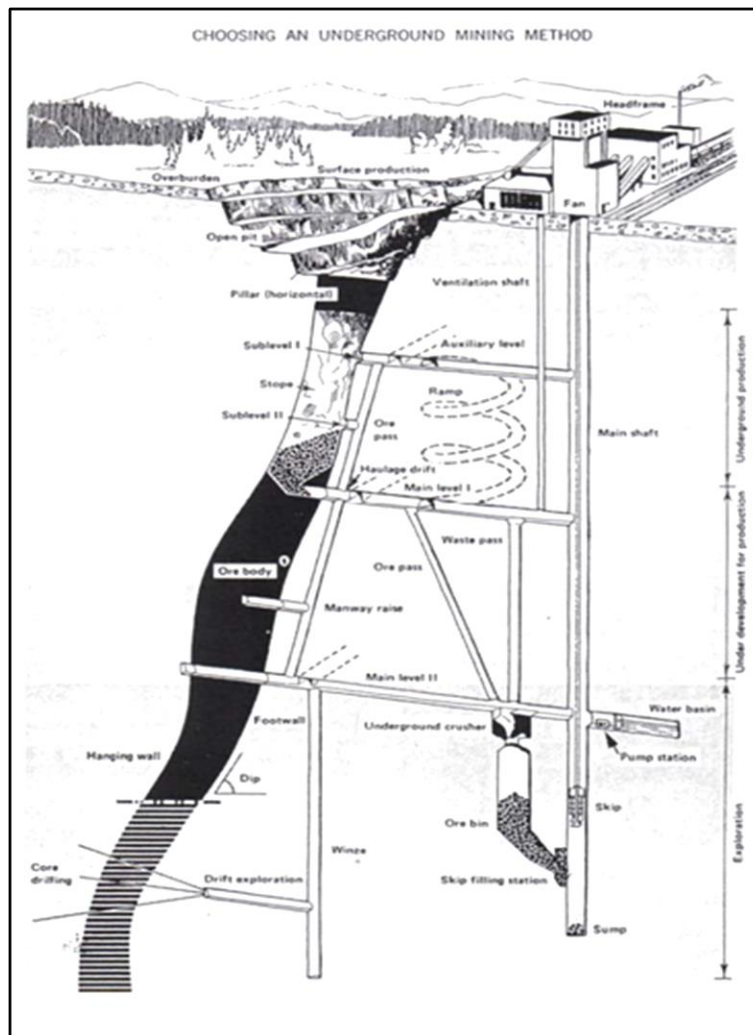
**Factores Medioambientales:** No sólo físico, sino que también económico-político, Social.

- Control de excavaciones para mantener integridad de las mismas (seguridad)
- Subsistencia y efectos en superficie
- Control atmosférico (ventilación, control de calidad de aire, calor, humedad)
- Fuerza laboral (contratos, capacitación, salud y seguridad, calidad de vida, condiciones de comunidad).

En consideración a estos factores, se debe tomar una decisión respecto a si explotar el cuerpo mineralizado mediante métodos de explotación de superficie o métodos de explotación subterráneos. Las características espaciales (geometría del cuerpo) y la competencia de la roca son esenciales dado que pueden determinar la conveniencia de utilizar un método por sobre

otros. Sin embargo, puede haber casos en los que el depósito puede explotarse mediante métodos de superficie o subterráneos. En estos casos, es necesario tomar la decisión en función del beneficio económico que se generará en cada caso. (Ortiz, 2013, pp. 272-275).

Figura 2. Métodos de explotación superficial y subterráneo



Fuente: Julián Ortiz C. 2013.

### 2.3.3. Método de explotación corte y relleno ascendente (Cut and Fill Stopping)

Aplicable a depósitos verticales (vetas) o depósitos de gran tamaño e irregulares.

**Condiciones de aplicación:** Se aplica por lo general en cuerpos de forma tabular verticales o subverticales, de espesor variable desde unos pocos metros hasta 15 o 20 m. en algunos casos. Se prefiere a otras alternativas cuando la roca encajadora (paredes) presentan malas condiciones de estabilidad (incompetente). En cambio, 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.

**Principios:** Consiste en excavar el mineral por tajadas horizontales en una secuencia ascendente (realce) partiendo de la base del caserón. Todo el mineral arrancado es extraído del caserón. 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. El mineral se extrae a través de piques artificiales emplazados en relleno, que se van construyendo a medida que la explotación progresa hacia arriba. 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.

**Desarrollos:** Una galería principal de transporte emplazada a lo largo de la base del caserón, dotada de las correspondientes instalaciones de carguío (buzones).

- Subnivel de corte inicial ubicado entre 5 a 10 m sobre el nivel de transporte, y sus correspondientes chimeneas de acceso.



- Piques o chimeneas de ventilación, acceso y traspaso del material de relleno, comunicadas con la superficie o con un nivel superior.

**Arranque:** Se puede realizar con perforación horizontal como también vertical hacia arriba (bancos invertidos). Ambas soluciones tienen ventajas y desventajas. Dependiendo de las dimensiones del cuerpo mineralizado, espacios disponibles y capacidad productiva, es posible utilizar perforación manual (jack-legs o stopers) como también equipos tales como jumbos o wagon-drills.

**Manejo del mineral:** El manejo del mineral arrancado en el caserón consiste en cargarlo y transportarlo hasta los piques artificiales de traspaso. Dependiendo de las dimensiones del caserón 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 caserón, los piques de traspaso descargan el mineral por intermedio de buzones a carros de ferrocarril o camiones.

**Ventilación:** Por lo general, el aire es inyectado a los caserones desde el nivel de transporte a través de chimeneas de acceso. En los frentes de trabajo, al interior del caserón, se utiliza ventilación secundaria mediante ventiladores auxiliares y ductos. El aire viciado se extrae por las chimeneas de ventilación y/o de acceso hacia el nivel superior, y luego es evacuado incorporándolo en el circuito general de ventilación de la mina.

**Fortificación:** Teniendo en cuenta que este método se aplica en cuerpos tabulares con roca encajadora poco competente, la práctica habitual es el

apernado sistemático de las paredes, incluyendo cintas metálicas, malla de acero o cables según las condiciones de terreno. El techo mineralizado se mantiene estable con elementos de fortificación semi-permanentes tales como pernos y/o malla de alambre.

**Comentarios:** 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. Los sectores estériles pueden quedar como pilares, como asimismo es posible dejar en el mismo caserón mineral tronado de baja ley. La dilución es controlable utilizando sistemas de soporte adecuados. Entre sus debilidades se pueden señalar las siguientes:

- Discontinuidad de las operaciones para permitir la colocación del relleno y los elementos de refuerzo.
- El volumen de mineral arrancado en un ciclo de trabajo es relativamente pequeño.
- Los requerimientos de mano de obra en actividades no productivas son altos, por lo tanto, la productividad del método es baja.

Sin embargo, 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 caserón 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.

### **Variantes:**

#### **Overhand C&F Stopping:**

- Cortes horizontales de 1.8 a 4.6 m son extraídos alejándose del acceso, hacia arriba.
- Mineral arrancado queda sobre el relleno.
- desarrollo se inicia en la base del cuerpo.
- Techo puede sostenerse con pernos ocasionales si el mineral es competente o con pernos en una malla regular, para que el personal trabaje bajo un techo controlado.
- Problemas con perforación para tronadura (interferencia) y porque hay que sacar pernos a mano del material quebrado para que no interfiera en traspaso, y otros procesos (chancado).
- Soporte de techo y muros con madera.

#### **Post Pillar Stopping:**

- Para cuerpos anchos verticalmente que no pueden ser explotados por Room and Pillar.
- Se mantienen pilares para soportar techo, pero el relleno los confina.

- Mineral debe ser de buena competencia para prevenir fallas en pilares y techo.

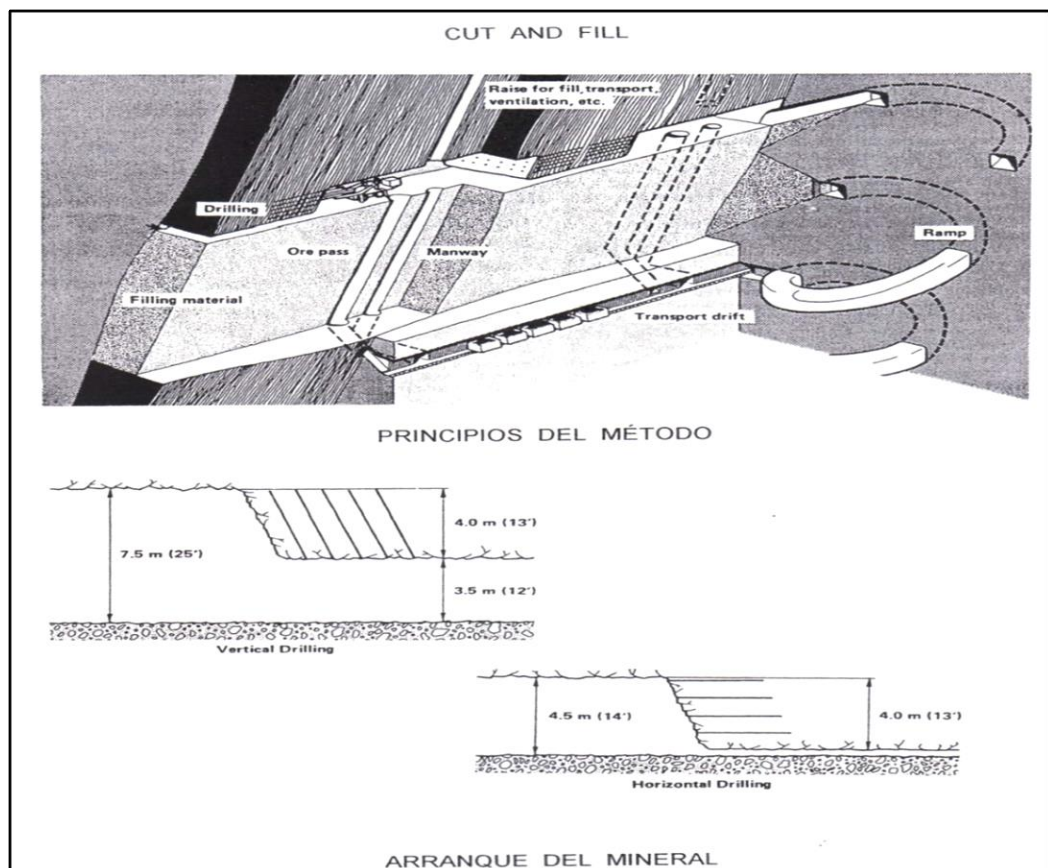
### Under C&F Stopping:

- Igual al Overhand C&F Stopping, pero se procede en dirección descendente.

### Drift&Fill Stopping:

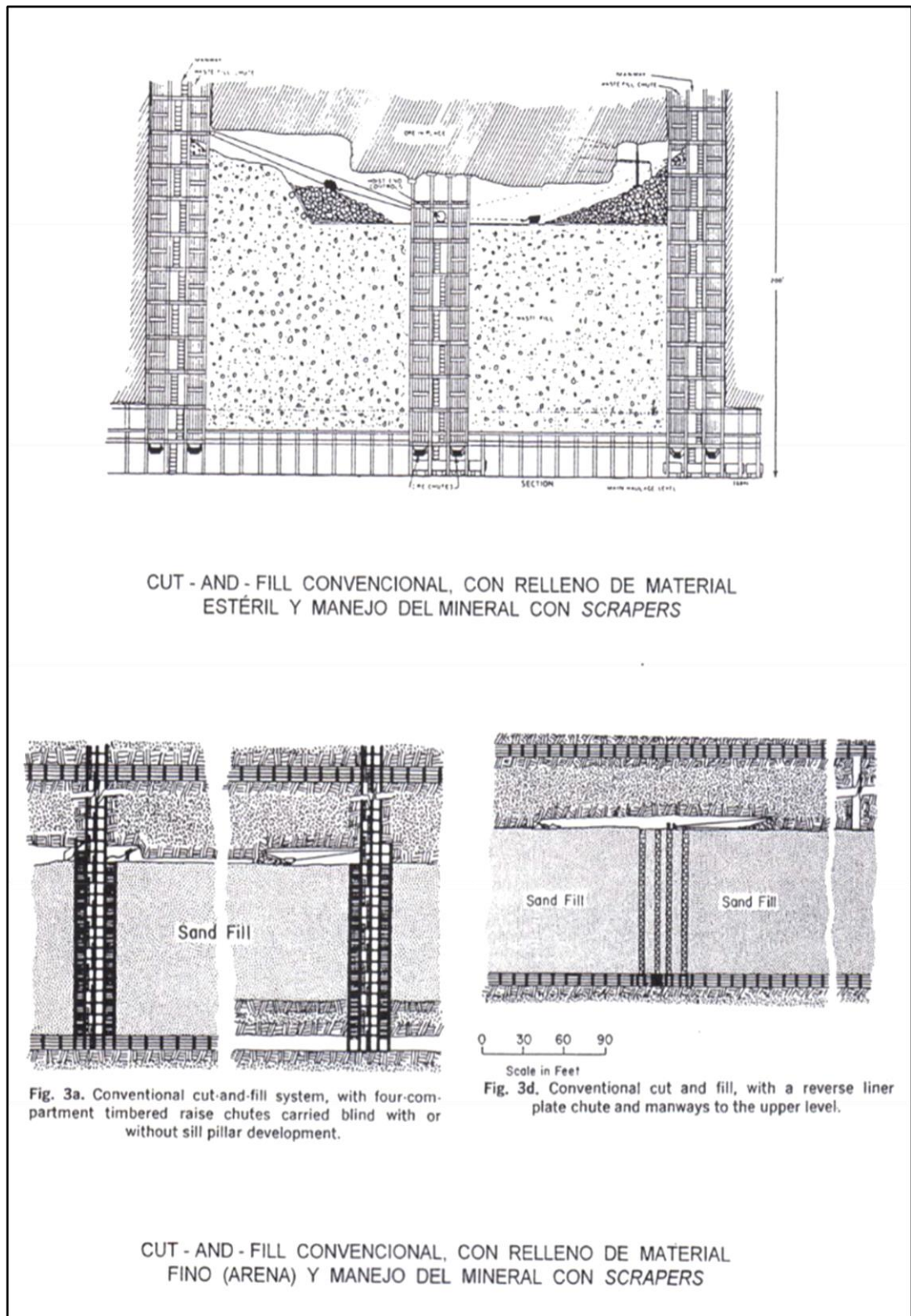
- Consiste en extraer por medio de galerías que son rellenas, permitiendo la extracción de la “galería” adyacente. (Ortiz, 2013, pp. 307-309).

Figura 3. Principios del método Corte y relleno Ascendente.



Fuente: Julián Ortiz C. 2013.

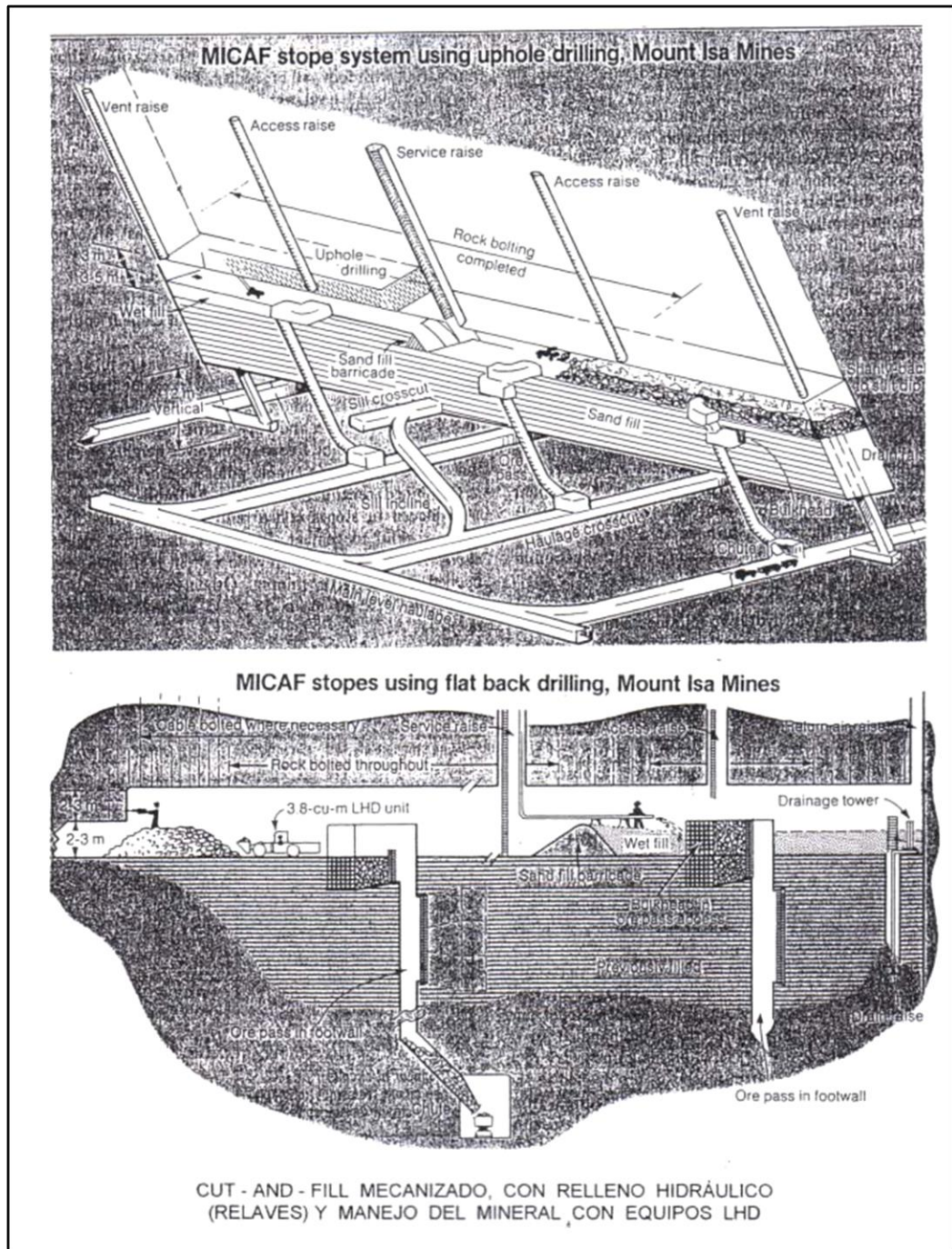
Figura 4. Método Corte y relleno Ascendente Convencional.



Fuente: Julián Ortiz C. 2013.

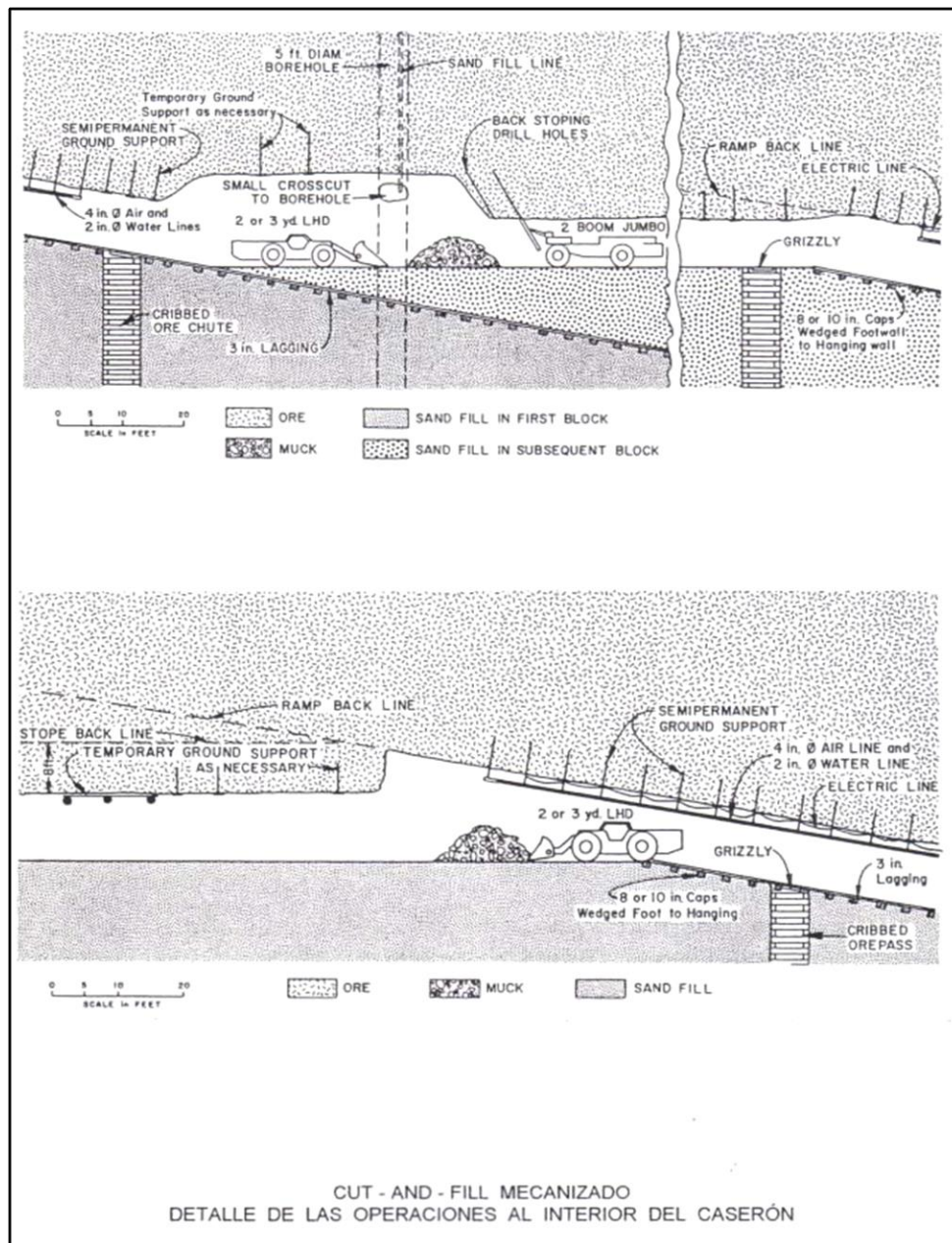


Figura 5. Principios del método Corte y relleno Ascendente Mecanizado.



Fuente: Julián Ortiz C. 2013.

Figura 6. Principios del método Corte y relleno Ascendente Mecanizado.



Fuente: Julián Ortiz C. 2013.

### 2.3.4. Métodos de selección del minado subterráneo

- **Selección del método de minado por Boshkov & Wright:** El sistema de clasificación inducido por Boshkov & Wright (1973), es uno de los primeros esquemas desarrollados de clasificación cualitativa para la selección del método de explotación subterránea, este método utiliza



una descripción general del espesor de la estructura mineralizada, buzamiento, resistencia del mineral y roca encajonante, para identificar métodos comunes que han sido aplicados en similares condiciones, el resultado de esta clasificación sugiere hasta cuatro métodos que pueden ser aplicados a una situación específica.

- **Selección del método de minado por Morrison:** La clasificación propuesta por Morrison (1976), divide la explotación subterránea en tres grupos básicos: 1. Soporte con Pilares Rígidos; 2. Subsistencia Controlada; 3. Hundimiento, las definiciones generales de la potencia de la estructura mineralizada, tipo de soporte y la acumulación de esfuerzos inducidos, son criterios utilizados para la determinación de un método de explotación. La elección de un método sobre otro se basa en las diversas combinaciones de condiciones del terreno, en esta clasificación, las condiciones del terreno ya han sido evaluadas para determinar el tipo de sostenimiento necesario.
- **Selección del método de minado por Hartman:** Hartman (1987), ha desarrollado un diagrama de flujo para la selección del método de explotación, basado en la geometría del depósito mineralizado y las condiciones del terreno en la zona de mineralización. Este sistema es similar al propuesto por Boshkov & Wright, pero está dirigido a métodos específicos de explotación (ver anexo 5). Hartman, acepta que su método de clasificación es cualitativo y sugiere que debería ser usado como una primera aproximación en la selección del método de explotación.

- **Selección del método de minado por Nicholas:** El sistema de clasificación de Nicholas (1981), determina la factibilidad de los métodos extractivos mediante una clasificación numérica. Este método selecciona la geometría y la distribución de mineral; también examina las características de mecánica de rocas presentes en la zona de mineralización y en las cajas encajonantes. Un valor de 3 o 4 indica que característica se prefiere para el método de extracción; Un valor de 1 o 2 indica que una característica es probablemente adecuada, mientras que un valor de 0 indica que una característica probablemente no es adecuada para el método de extracción. Finalmente, un valor de - 49 indicaría que una característica elimina completamente a dicho método. (Rojas, 2018, pp. 23-24).

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. El Problema

En los actuales tiempos los precios de los minerales hacen que la minería en general sea rentable, la minería en el Perú es uno de los pilares de la economía peruana. La necesidad de aumentar la producción minera de 30 Tm/día a 100 Tm/día en la Compañía Minera Uldash S.A.C., en año 2022. Hace que se optimice la productividad, y se maximicen las utilidades, en el proceso de mejora continua las compañías mineras tienen la tendencia a optimizar los costos operativos y de esta manera mejorar la rentabilidad, en base de la aplicación de los métodos de explotación subterránea que se adapten al yacimiento, para el caso de la Mina María Cecilia Uno, el método de explotación corte y relleno ascendente semimecanizado en sus diferentes variantes es el más adecuado porque las leyes garantizan rentabilidad.

##### 3.1.1. Descripción de la realidad problemática

La Mina María Cecilia Uno - Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022, produce minerales polimetálicos con una producción diaria 30Tm/día, la estructura mineralizada que se presenta del tipo rosario hace que se tenga en cuenta la necesidad de incrementar la producción a 100 Tm/día, la veta permite la preparación de tajos de explotación con una recuperación mayor al 80%. Por ello el método de explotación corte y relleno ascendente, es el adecuado por la naturaleza de las cajas y de la veta en si, además permitirá que en el tajo de explotación piloto se incremente la producción a 100 Tm/día,

sobre los aspectos operativos la ventilación será con tiro de aire en forma natural y evacuada por medio de una chimenea.

### **3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema**

#### **3.1.2.1. Formulación del problema General**

Los investigadores tales como: Chew Gutiérrez y Karim Lucsett, Hernandez Sampieri y Kerlinger, indican que: frente a eventos, sucesos, fenómenos que ocurren en en el mundo empírico (minería), tal como ocurre en la mina María Cecilia Uno, durante sus actividades que realizan en la mina, recomiendan plantearlo como una interrogante. La pregunta de investigación, según especialistas se considera como el corazón de la investigación, la cual debe ser formulada de manera precisa, clara y entendible de tal manera que no exista ambigüedad respecto a la respuesta que se pueda plantear. En ese sentido considero plantearlo de la forma siguiente:

¿Cómo optimizar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente en la Mina María Cecilia Uno, Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022?

#### **3.1.2.2. Formulación de problemas específicos**

1. ¿Cómo influye el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno?

2. ¿Cómo implementar el método de minado por el método de explotación corte y relleno ascendente en la mejora de la producción en la Mina María Cecilia Uno?

### **3.1.3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1.3.1. Objetivo General**

Optimizar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente en la Mina María Cecilia Uno.

#### **3.1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar y evaluar el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno.
2. Implementar el método del método de explotación corte y relleno ascendente para la mejora de la producción en la Mina María Cecilia Uno.

### **3.1.4. Justificación e importancia**

Se justifica porque con los precios de los metales muy expectantes es muy importante elevar el nivel de producción para generar mayor rentabilidad en la Compañía Minera Uldash S.A.C, debiendo indicar que con el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente, se optimizara la producción.

### **3.1.5. Alcances**

La presente investigación pretende mejorar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno, con el incremento de la producción de 30 Tm/día a 100 Tm/día.

El alcance de la investigación estará dirigido a la organización, a los profesionales y trabajadores en su conjunto. Además, tendrá un alcance económico a favor de toda la población trabajadora, por ende, se reflejará en la producción con altos estándares de seguridad. La presente investigación puede tener alcance para otra unidad minera con igual características que la nuestra.

### **3.1.6. Delimitación de la Investigación**

La investigación se realizará en el escenario de la Mina María Cecilia Uno, durante al año 2022, puesto que, la muestra y la población son los trabajadores de nuestra organización.

### **3.1.7. Limitación de la Investigación**

En el desarrollo de la presente investigación se tuvo como principal inconveniente: (1) poca información de la mina por ser nueva en sus labores de explotación subterránea. (2) Falta de expertos en la materia. (3) Escasa referencias bibliográficas. (4) El aspecto económico para asumir el costo de la elaboración de la tesis. (5) Disponibilidad de tiempo, especialmente, para el recojo de la información.

### 3.2. Hipótesis

Desde la óptica de Tamayo (2004), la hipótesis es como una conjetura o suposición. Por lo general, un problema de investigación es una pregunta que se plantea el investigador con la finalidad de darle una correcta respuesta, del mismo modo se puede incidir que la hipótesis es la respuesta anticipada que el investigador plantea a tal pregunta, respuesta que será sometida a una verificación empírica con los datos que recoja, ya sea de modo directa o indirecta. Es por ello que, se suscito plantea la siguiente hipótesis, según Hernández-Sampieri:

**Hipótesis de investigación (H1):** Es viable y factible el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C.

#### Hipótesis Específicas

1. El estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso influye favorablemente para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno.
2. El diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente mejora la producción en la Mina María Cecilia Uno.

### 3.3. Variables

Una variable constituye cualquier característica, cualidad o propiedad de un fenómeno o hecho que tiende a variar y que es susceptible de ser medido y evaluado. Una variable puede definirse también como una propiedad que adquiere distintos valores. (Sánchez, H., 2006, p.73). Para nuestro caso se aplicará dos tipos de variables, la variable independiente y la variable dependiente.



### Variable Independiente (x)

Método de explotación corte y relleno ascendente.

### Variable dependiente (y)

Optimización de la producción.

### 3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Método de explotación corte y relleno ascendente.	Características Geomecánicas del macizo rocoso.	<ul style="list-style-type: none"><li>• RMR.</li><li>• RQD.</li><li>• Excavabilidad</li><li>• Perforación y voladura</li><li>• Tipo de sostenimiento.</li><li>• Forma (Largo y ancho).</li></ul>
		Condiciones geométricas del yacimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencia de la veta.</li><li>• Inclinación.</li><li>• Profundidad.</li></ul>
Variable dependiente	Optimización de la producción.	Nivel de producción.	<ul style="list-style-type: none"><li>• TM/día</li></ul>
		Costos de los ciclos de minado.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Costo por TM extraída</li></ul>
		Análisis del ciclo de minado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dilución, sobrerotura, carguío y acarreo</li><li>• Seguridad.</li><li>• Ventilación</li></ul>

Diseño: Elaboración propia.

### 3.4. Diseño de la investigación

#### 3.4.1. Tipo de investigación

Según Marroquín (2013) los tipos de investigación son básica o pura o sustantiva o fundamental y el tipo de investigación aplicada o tecnológica. La primera, suele llevar a cabo en los laboratorios; contribuye a la ampliación del conocimiento científico, creando nuevas teorías o modificando las ya existentes. Mientras que, la segunda investigación aplicada o tecnológica, es la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad. En tal sentido, para la presente investigación se encuadra la investigación aplicada, pues permite plantear alternativa de solución frente a la realidad minera de optimizar la producción.

El tipo de investigación es **Aplicada**, porque se optimizará la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente en la Mina María Cecilia Uno.

#### 3.4.2. Nivel de la investigación

Según Hermadez (2006) el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Esto es, decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona

una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así -y valga la redundancia-- describir lo que se investiga.

El proceso de la descripción no es exclusivamente la obtención y la acumulación de datos y su tabulación correspondiente, sino que se relaciona con condiciones y conexiones existentes, prácticas que tienen validez, opiniones de las personas, puntos de vista, actitudes que se mantienen y procesos en marcha. Los estudios descriptivos se centran en medir los explicativos en descubrir. El investigador debe definir que va a medir y a quienes va a involucrar en esta medición

El nivel será de investigación descriptiva, porque describe el proceso de optimización de la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno.

### **3.4.3. Método**

En la presente investigación se utilizó el método científico como método general. El método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica. Además, enfatiza que la aplicación del método científico al estudio de problemas pedagógicos da como resultado a la investigación científica. (Aquino, 2020).

### **3.4.4. Diseño de investigación**

Kerlinger (2002), sostiene que, generalmente, se llama diseño de investigación al plan y a la estructura de un estudio. “Es el plan y estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas de un

estudio. El diseño de investigación puede ser experimental y no experimental. Para la presente investigación, se encuadra como una investigación no experimental.

Según Hernández, Fernández y Baptista. La investigación no experimental, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es una investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Solo observamos el fenómeno que ocurren en el escenario de la minería.

El diseño de investigación es No experimental de corte Transversal.

### **3.4.5. Población y muestra**

#### **Población**

La población estará compuesta por todos los tajos de producción de la mina María Cecilia Uno (la mina produce de 20 a 30 TM/Día).

#### **Muestra**

La muestra está constituida por el nivel 2 tajo 1 de producción de la mina María Cecilia Uno (la mina produce de 20 a 30 TM/Día).

### **3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se aplicarán las técnicas de:

1. **Análisis bibliográfico y documental:** Procedimientos habituales que permitirán obtener información sobre la influencia importante de factores directos e indirectos de métodos de explotación minera.

2. **Encuesta:** La encuesta es una técnica desarrollada especialmente para investigaciones, en el que se le incluye los estudios de directos. La encuesta nos permitió trabajar con una muestra amplia y se puede aplicar en forma masiva. Previamente se motivó a los encuestados mediante un dialogo directo, para la obtención de una válida y certera información. (Laura, 2015).

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

**Fichas bibliográficas y de resumen:** Es un instrumento que nos permite recolectar datos bibliográficos.

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

**Estas técnicas e instrumentos pueden ser:**

Primarias, en esta investigación se ha tomado información escrita y oral que ha sido recopilada directamente del campo de investigación a través de las encuestas, cuestionarios, etc. Secundarias, la información que se toma en cuenta en este trabajo se han recopilado y transcrito en algunos casos de muchos autores reconocidos, documentos especiales e internet y para ello se tomó en cuenta trabajos de investigaciones, disertaciones, artículos de revistas, etc.

### **Procesamientos y análisis de datos:**

Selección y Representación por Variables: Los datos serán presentados como informaciones porcentuales en forma de tablas, figuras o resúmenes a las cuales se formularán apreciaciones objetivas. (Laura, 2015).

## CAPI TULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos

Corte y relleno ascendente mediante circado: El método consiste en extraer el mineral o desmonte mediante rebanadas horizontales de longitud acorde al equipo de perforación utilizado y con un ancho mínimo del minado entre 0.6 y 0.9 m. Estas rebanadas son perforadas en forma vertical o inclinadas de acuerdo a una malla de perforación preestablecida y detonada, para luego limpiar el material roto, hacia el echadero. Una gran parte del material roto se deja como relleno hasta una altura que posibilite perforar nuevamente y se extrae hacia el echadero el excedente formado por el incremento en el volumen de la masa rocosa después del disparo (esponjamiento). De esta manera se completa el ciclo de minado, el cual se repetirá hasta llegar al nivel superior del bloc; siendo el ciclo de minado el siguiente: Perforación, Voladura, Limpieza. Este método será aplicado a partir de las chimeneas sobre la cual se correrán subniveles paralelos a las galerías, a 2 m. de distancia vertical del techo y a ambos lados de las chimeneas. Se utilizarán maderas con frecuencia en la preparación de tolvas, caminos y en el armado de barreras para contener el relleno hasta terminar la explotación de los blocks.

#### 4.2. Caracterización geomecánica de la Mina María Cecilia Uno, Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022

Compañía Minera Uldash S.A.C. en el primer trimestre del año 2022, con el apoyo de un consultor externo ha realizado el estudio geomecánico integral de la mina, para determinar “el arreglo estructural, calidad de masa rocosa, estimar parámetros de

resistencia a nivel de roca intacta - discontinuidades - masa rocosa, establecer el modelo geomecánico conceptual, estimar la magnitud y dirección de los esfuerzos principales, evaluar los métodos de explotación aplicado para las condiciones naturales que presenta la estructura mineralizada en la veta María Cecilia Uno, en Nivel 2, tajo1.

**Objetivos y alcances:** El objetivo principal es “EVALUAR LA MASA ROCOSA QUE CONFORMAN LA MINA MARIA CECILIA UNO”.

El alcance del estudio implica el establecimiento de recomendaciones para maximizar la recuperación del mineral en condiciones operacionales seguras para hacer de esta mina una explotación “SEGURA Y RENTABLE”.

Para cumplir con los objetivos planteados, han sido necesarios desarrollar los siguientes alcances:

- Recopilar información existente (topografía áreas de interés).
- Realizar el mapeo litológico estructural en afloramientos rocosos e superficie.
- Realizar el mapeo geomecánico en estaciones de superficie e interior mina usando el método de celdas de detalle en estaciones geomecánicas.
- Realizar ensayos de campo mediante protocolos sugeridos por la internacional society of rock mechanics (ISRM), durante los trabajos de mapeo geomecánico (estimación de la resistencia a compresión de la roca a través del martillo de geólogo, estimación del coeficiente de rugosidad en las paredes de las discontinuidades mediante el uso rugosímetro (JRC), estimación de la



resistencia a compresión en la pared de la discontinuidad con el martillo de rebote (JCS).

- Evaluar los mecanismos de falla potencial deducidos del análisis estereográfico en cada zona.
- Seleccionar preliminarmente los métodos de explotación aplicables a las condiciones naturales que presentan la estructura mineralizada.
- Analizar la estabilidad de las mina, aplicando métodos de elementos finitos.
- Seleccionar, diseñar y establecer las especificaciones técnicas del sostenimiento.
- Evaluar los requerimientos de instrumentación geomecánica aplicable a las necesidades propias de la mina.

**Enfoque de la evaluación:** Para cumplir con el objetivo y los alcances establecidos el estudio se ha realizado en tres fases, los mismos que se resumen líneas abajo.

1. **Fase 1.-** orientado a ejecución de investigaciones básicas (mapeo litológico estructural y geomecánico de afloramientos rocosos en superficie e interior mina, mediante aplicaciones del método Celdas de Detalle).
2. **Fase 2.-** Integración de información obtenida de investigaciones básicas con la finalidad de establecer el modelo geomecánico conceptual.
3. **Fase 3.-** Se realiza el dimensionamiento geomecánico del tajo, pilares y puentes, empleado la técnica grafica desarrollada por Mathews.

#### 4.2.1. Aspectos técnicos desarrollados

**1. Investigaciones básicas: Evaluación geológica (mapeo litológico – estructural en superficie):** Investigaciones geomecánicas de campo y laboratorio orientados a:

- Determinar la distribución espacial de los sistemas de discontinuidades estructurales (fallas y diaclasas) en cada uno de los dominios estructurales.
- Clasificar la masa rocosa, utilizando formatos de registro geológico mecánico según normas sugeridas por la I.S.R.M (internacional SOCIETY FOR ROCK MECHANICS) mediante la aplicación del criterio de clasificación geomecánica RMR 89 de Bieniawski.
- Zonificar la masa rocosa en las áreas de interés, estableciendo dominios geomecánicos en base a información obtenida en las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio.
- Analizar la estabilidad de las unidades de explotación mediante aplicación de los métodos de elementos finitos.

**2. Actividades realizadas:** En el presente estudio, se han realizado investigaciones en campo y gabinete, las cuales se resumen en los siguientes acápite.

**3. Actividades de campo:**

- Reconocimiento “litológico – estructural” de superficie.

- Mapeo geomecánico en afloramientos rocosos de superficie y excavación subterráneas.
- Ensayos de campo (resistencia a la compresión un axial con el martillo de rebote y martillo de geólogo, estimación del coeficiente de rugosidad en las paredes de las discontinuidades con el rugosímetro, estimación de la resistencia a compresión en las paredes de las discontinuidades (JCS).

#### **4. Actividades de gabinete:**

- Revisión de información disponible (topografía, geología).
- Proceso, análisis e interpretación de "información existente e información obtenida en los trabajos de investigaciones realizadas.
- Caracterización geomecánica de la masa rocosa en "dominios geomecánicos".
- Evaluación del estado tensional.
- Elaboración del "Modelo geomecánico".
- Estimación y asignación de parámetros de resistencia al modelo geomecánico.
- Dimensionamiento geomecánico de las unidades de explotación.
- Análisis de estabilidad mediante los métodos "M.E.F"

#### 4.2.2. Caracterización geomecánica

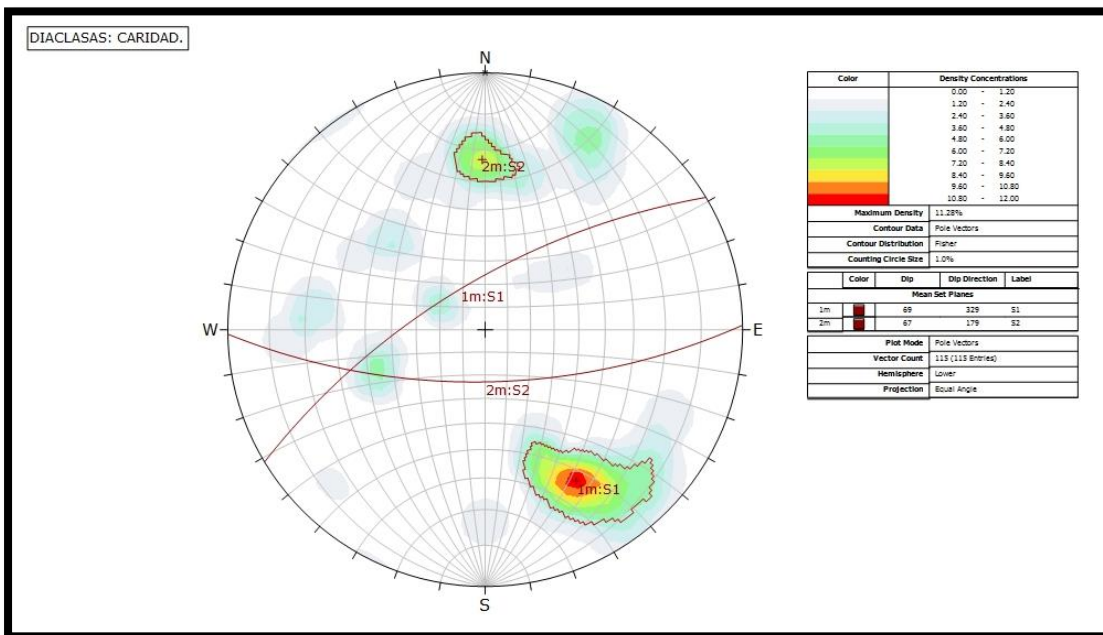
- a. **Aspectos litológicos:** Los dominios "lito-estructurales" conceptuados en los trabajos de investigación geomecánica de campo con la presencia de un tipo de litología predominante constituida por niveles intercalados de "flujos de lava, tufos, brechas y piroclastos" de composición típicamente andesítica y en sectores de composición dacítica pertenecientes al "grupo calipuy".
  
- b. **Distribución de discontinuidades:** Para establecer las características de la distribución espacial de las discontinuidades estructurales (diaclasas) durante el mapeo geomecánico se tomaron registros del "tipo de discontinuidad, la orientación (d-dip//dip) de las discontinuidades". Los resultados de la distribución espacial promedio de los principales sistemas de diaclasas presentes en cada "dominio lito-estructural" (caja techo, estructura mineralizada y caja piso) de las zonas de interés.

Tabla 4. Dominio estructural.

Dominio estructural	Sistema de discontinuidad estructural	
	Sistema 1	Sistema 2
Caja techo, caja piso y veta	315/72	205/65

Diseño: Elaboración propia.

Figura 7. Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.



Fuente: Elaboración propia.

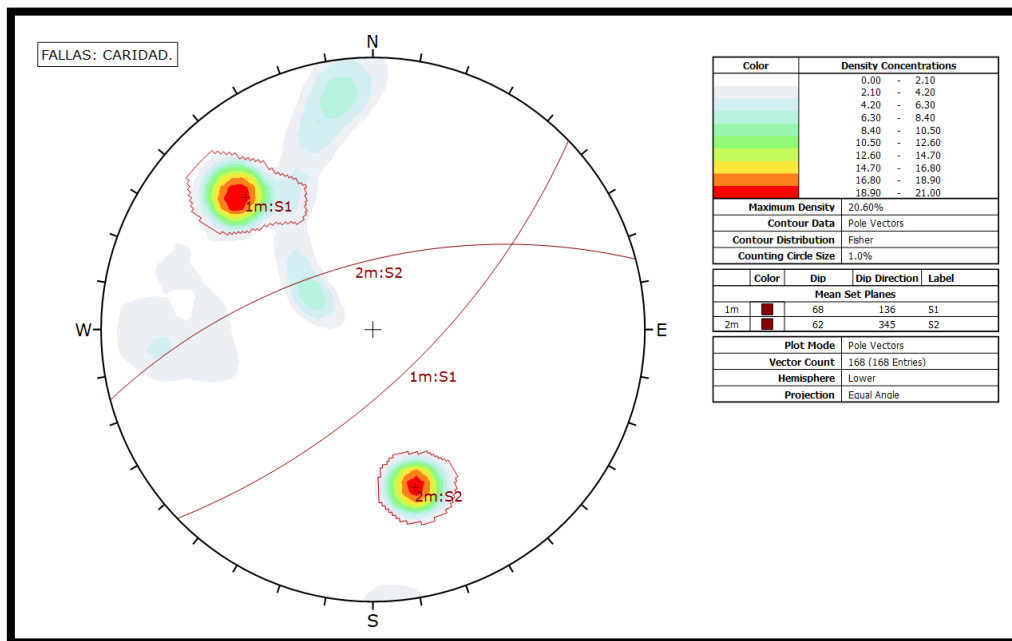
En la tabla 3, se aprecian resultados de la distribución espacial promedio del principal sistema de falla presentes en el dominio "lito-estructural" conceptuados en el Estudio.

Tabla 5. Principal sistema de falla.

Mina	Sistema de discontinuidad estructural	
	Sistema 1	Sistema 2
María Cecilia Uno	125/69	312/74

Diseño: Elaboración propia.

Figura 8. Sistema de fallas de la mina María Cecilia Uno.



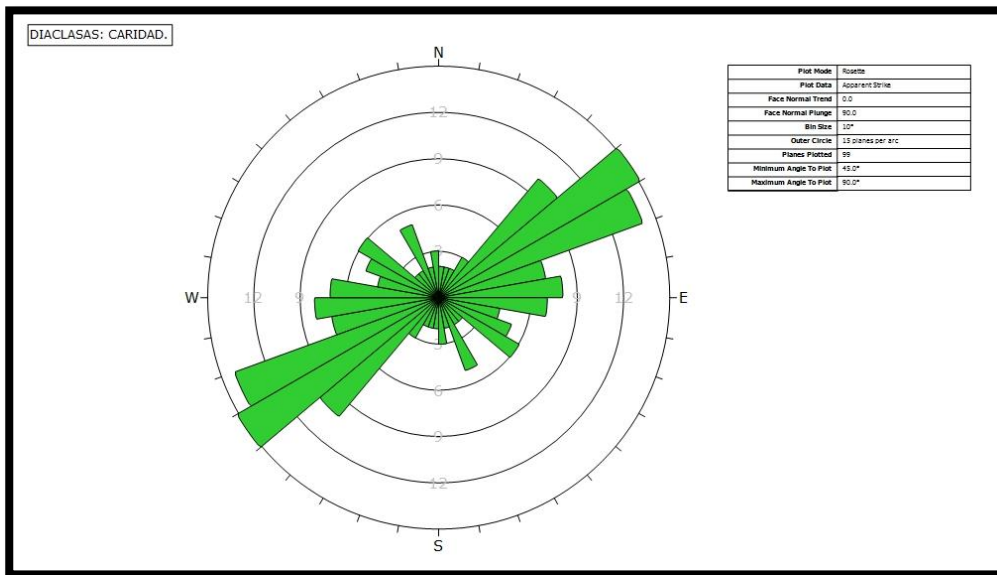
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se aprecian los resultados del proceso estadístico de datos orientacionales de las fallas cartografiadas durante los trabajos de campo en toda la zona de interés, encontrándose dos sistemas de falla principales tipificados como sistema de fallas "F1 y F2" en mina.

Estas estructuras se muestran en planos de zonificación geomecánica de planta, en cada uno de los niveles evaluados en las zonas de interés.

En la figura 9, se muestran el diagrama de rosetas de "diaclasas y fallas", en los dominios lito-estructurales conceptuados para mina María Cecilia Uno, esta roseta representa datos de las discontinuidades estructurales presentes en cada dominio lito-estructural de interés (caja techo, estructura mineralizada, caja piso).

Figura 9. Diagrama de rosetas - Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.



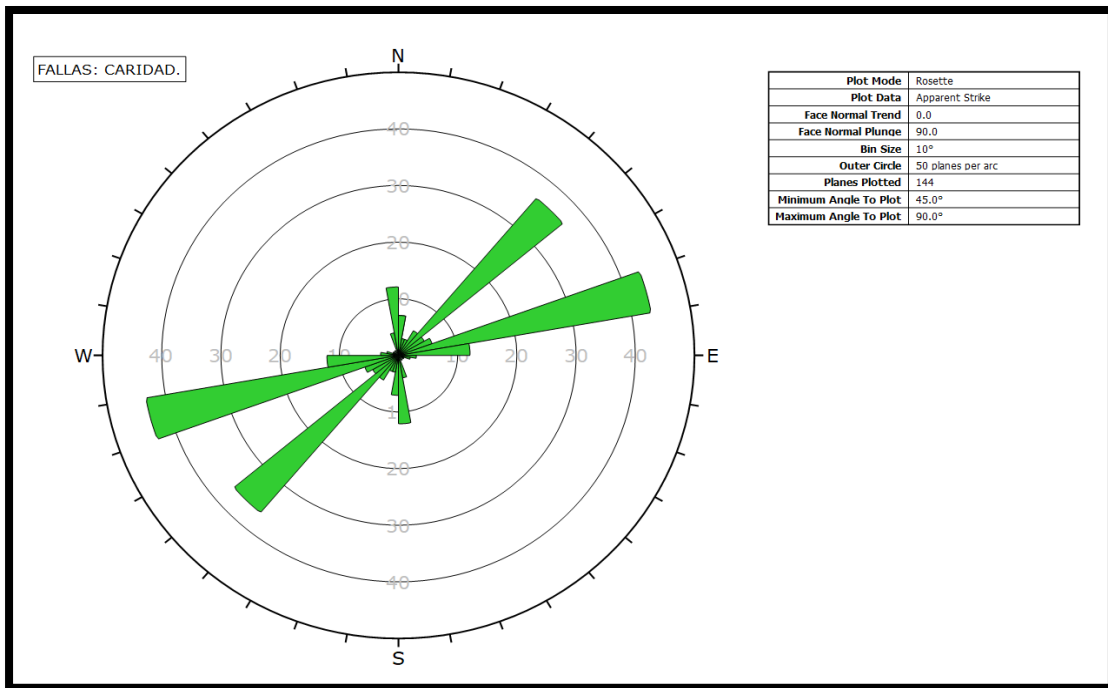
Fuente: Elaboración propia.

De modo similar al análisis estereográfico de las diaclasas. se ha realizado el proceso, análisis e interpretación de las fallas identificadas y registradas en los trabajos de campo con la finalidad de conceptualizar los sistemas principales de fallas que permitan bosquejar de modo conceptual la dirección de los esfuerzos utilizando el criterio de las fallas conjugadas. En la figura 10, se muestra el diagrama de rosetas de las fallas cartografiadas en la mina María Cecilia Uno.

- c. **Sistemas de fallas principales:** Los resultados del proceso de datos estructurales, mostrados, constituyen información válida para estimar la "dirección de los esfuerzos principales, orientación de los ejes preferenciales de minado, análisis de estabilidad estructuralmente controlada, definición y dimensionamiento del sostenimiento" en función a las dimensiones de excavación y al arreglo estructural de la masa rocosa.



Figura 10. Diagrama de rosetas - Sistemas de diaclasas mina María Cecilia Uno.



Diseño: Elaboración propia.

- d. **Aspectos estructurales:** las características estructurales promedias de fallas (estructuras mayores) y diaclasas (estructuras menores) se describen de la siguiente manera.
- e. **Fallas:** Las características de fallas presentes en el área de interés presentan espaciamientos variables por lo general mayores a >2 metros, con una persistencia que va desde unas decenas de metros a cientos de metros, con aperturas muy abiertas "abiertas > 5mm", paredes de discontinuidad "lisas, ocasionalmente exponen espejos de falla y ligeras ondulaciones". Estas fallas por lo general presentan rellenos del "tipo milonitas completamente disturbadas y alteradas, comúnmente se les denomina "rellenos panizados" de espesor variable entre "0.05 metros hasta 1.2 metros", la influencia de estas fallas en el comportamiento de

la roca varía desde unos centímetros hasta unas decenas de metros, superficialmente se aprecian "alteradas a muy alteradas" con presencia del agua en las paredes de discontinuidades a modo "húmedo, mojado y ocasionalmente presencia de goteo moderado", las fallas presentan un menor daño a la masa rocosa, el cual presenta un menor grado de fracturamiento y mayor compacidad (grado de consolidación-empaquetamiento), donde la influencia de la alteración hidrotermal hacia las cajas es menor, excepto hacia el contacto "falla-caja piso, donde se expone un halo de alteración variable entre los "0.5- 3.0 metros"; hacia el contacto "estructura mineralizada-caja techo" la alteración tiene un alcance menor a 1.0 metros.

- f. **Discontinuidades (diaclasas):** La característica geomecánica de las discontinuidades observadas en los dominios lito-estructurales "caja piso, estructura mineralizada y caja techo" presentan espaciamientos en las cajas que varían entre los "15 – 80 centímetros a 80 - 180 centímetros", la persistencia es variable entre "1 - 3 metros, el grado de apertura en las cajas varía desde "angostas, muy angostas a cerradas" y en la estructura mineralizada varía desde "abiertas, angostas a muy angostas", la rugosidad de las paredes de discontinuidades varía desde "rugosas en las cajas", "rugosas a ligeramente rugosas" en la estructura mineralizada con ciertas ondulaciones", en cuanto al relleno de las discontinuidades en las cajas se aprecian limpias y no se aprecia relleno, en la estructura mineralizada se aprecian rellenos "duro<5mm, duro> 5mm" en ocasiones las cajas exponen superficies de discontinuidad con rellenos arcillosos y carbonatos producto de la

disolución de minerales por el agua de infiltración; el grado de alteración se aprecia con mayor intensidad hacia el contacto falla-caja piso con la estructura mineralizada y en la proximidad a las fallas transversales.

- g. **Clasificación de la masa rocosa:** El proceso de clasificación geomecánica de la masa rocosa para los propósitos de este estudio implica "analizar e interpretar" la información desarrollada en la etapa de "investigación geomecánica", el cual fue obtenido durante los trabajos de campo usando el sistema de "Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, Modificado por Romana, 2000". Los valores de resistencia a compresión uniaxial de la roca fueron estimados usando "el martillo de rebote y la picota de geólogo" como se muestran en el Anexo 8 "fotos: A, B", los valores del índice de calidad de roca "RQD" fueron determinados mediante el registro volumétrico de discontinuidades utilizando la relación propuesta por "Palmstrom", adicionalmente con fines del estudio se realizaron estimaciones del coeficiente de rugosidad de juntas y la resistencia a compresión uniaxial de las paredes de la discontinuidad, como datos para los análisis de estabilidad estructuralmente controlada. Como se refirió líneas arriba el criterio adoptado para clasificar a la masa rocosa en este estudio es el "Sistema de clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana, 2000" cuyo rango de valoración se aprecia en la tabla 5. El objetivo de emplear este criterio de valoración es discretizar (sub-dividir) la masa rocosa en rangos más ajustados y evitar errores de "sobre-estimación-sub-estimación" de su

calidad geomecánica para tener una mejor aproximación hacia el diseño del sostenimiento.

Tabla 6. Criterio de valoración "RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana, 2000".

TIPO DE ROCA	RANGO DE VALORACIÓN "RMR"	CLASIFICACIÓN "RMR" DE LA MASA ROCOSA
II A	71 - 80	BUENA A
II B	61 - 70	BUENA B
III A	51 - 60	REGULAR A
III B	41 - 50	REGULAR B
IV A	31 - 40	MALA A
IV B	21 - 30	MALA B
V	< 20	MUY MALA

Diseño: Elaboración propia.

Empleando el criterio mostrado de valoración mostrado en la tabla 5, y el tratamiento de la información obtenida en campo se ha clasificado la masa rocosa en las distintas zonas de interés. En resumen, se tiene la presencia de tres dominios lito-estructurales (caja piso, estructura mineralizada, caja techo) en la mina, también se puede apreciar que los dominios lito - como "dominios geomecánicos" caracterizados por presentar una valoración "RMR89, Modificada por Romana, 2000".

1. **Caja techo (RMR: 75 - 35):** Este dominio se constituye litológicamente por "flujos lávicos intercalados con niveles piroclásticos" de composición andesítica de texturas porfiríticas (en niveles piroclásticos) de tonalidades "violáceas a grisáceas". Estructuralmente se tipifica como un material fracturado (RQD: 50-75), en sectores muy puntuales sobre todo hacia el contacto

falla - caja techo se muestra muy fracturado (ROO: 40-50); una resistencia a la compresión simple variable entre los "115-60 Mpa"; las características de las discontinuidades estructurales en promedio presentan un espaciamiento que varía entre los "0.6-0.2 metros y puntualmente 0.2-0.06 metros", una persistencia variable entre los "> 20 metros, 20-10 metros, eventualmente 3-10 metros", aperturas entre las paredes opuestas de las discontinuidades son variables en las diaclasas va entre los "1.0-0.1 mm, < 0.1 mm, a cerradas"; las superficies de las discontinuidades estructurales se muestran "rugosas, ligeramente rugosas sobre todo disminuyendo siempre hacia el contacto falla-caja techo"; en cuanto al material presente entre las discontinuidades, éstas se encuentran limpias, en ocasiones presentan rellenos duros (cuarzo, sulfuros) y suaves (óxidos y carbonatos); las paredes de las discontinuidades se muestran "sanas a ligeramente alteradas hacia el contacto falla-caja techo); superficialmente se muestran "secas a parcialmente húmedas" y eventualmente presentan "goteo en zonas muy puntuales". La "falla caja techo" presenta una apertura mayor a 5mm con rellenos blandos, húmedos, con espesores ">5 milímetros", muestra superficies "ligeramente lisas", superficialmente se aprecian "húmedas", de baja resistencia a los esfuerzos de corte.

- 2. Estructura mineralizada (RMR: 65-35):** Este dominio se constituye litológicamente por una asociación de minerales "sulfuros primarios, sulfuros secundarios, óxidos, carbonatos y

cuarzo" emplazados en una matriz volcánica. Estructuralmente se tipifican como un material fracturado (RQD 50-75) y en sectores muy fracturado (RQD: 40-50); presentan una resistencia a la compresión simple variable entre los "150 - 40 Mpa". Las características de las discontinuidades estructurales en promedio presentan un espaciamiento que varía entre "0.2-0.6 metros, y en menor grado 0.06-0.20 metros", una persistencia variable entre los "10-20 metros, 3-10 metros, en menor proporción 1-3 metros"; las aperturas entre las paredes de las discontinuidades varían entre los ">5mm, 1-5mm, 0.1-1.0 mm y <1.0 mm"; las superficies de las discontinuidades varían desde "muy rugosas, rugosas, ligeramente rugosas hacia los contactos piso-techo"; en cuanto al material presente entre las paredes de las discontinuidades, éstas se encuentran rellenas con material duro (cuarzo, sílice, sulfuros primarios); muestra superficies "ligeramente alteradas a alteradas"; superficialmente se muestran "húmedas" y en sectores muy puntuales se observa la presencia de "mojado-goteo leve" presumiblemente asociado a la infiltración de aguas superficiales.

- 3. Caja piso (RMR: 65-45):** Este dominio se constituye litológicamente por "flujos lávicos intercalados con niveles piroclásticos" de composición andesítica de texturas porfiríticas (sobre todo los niveles piroclásticos), de tonalidades que van desde "violáceas a grisáceas" bien consolidadas. Estructuralmente se tipifica como un material fracturado (RQD:

50-75) y en sectores muy puntuales sobre todo hacia el contacto falla-caja piso, se muestra muy fracturado (RQD: 35-45); presenta una resistencia a la compresión simple variable entre los "115-40 Mpa", en el contacto "falla-caja" piso la resistencia es "<25-30 Mpa". Las características de las discontinuidades estructurales en promedio presentan un espaciamiento que varía entre los "0.6-0.2 metros y en menor grado espaciamientos entre 0.2-0.06 metros"; una persistencia variable entre los ">20 metros, 20-10 metros, 3-10 metros, puntualmente 1-3 metros"; las aperturas entre las paredes opuestas de las discontinuidades son variables en las diaclasas van entre los "1.0-0.1 mm, < 0.1 mm"; las superficies de discontinuidades van desde "rugosas, ligeramente rugosas"; en cuanto al material presente entre las paredes de las discontinuidades éstas se muestran "limpias y puntualmente exponen rellenos suaves de espesor "<5 mm" (óxidos, carbonatos); las paredes de las discontinuidades se exponen "sanas a ligeramente alteradas y puntualmente alteradas hacia el contacto falla-caja piso"; superficialmente se muestran "secas a húmedas, puntualmente exponen zonas de goteo especialmente hacia el contacto falla-caja piso presumiblemente asociados a filtraciones del agua de lluvias. La falla caja piso presenta una apertura ">5mm hasta 1.50 metros" rellenas con "material de tipo brechoide, intercalados con óxidos, cuarzo, carbonatos y silicificación", moderadamente alteradas a alteradas; superficialmente se aprecian "húmedas, con



presencia de goteo en sectores muy puntuales"; desde el punto de vista geomecánico este dominio se tipifica como el sector más complicado en esta zona.

- h. Zonificación geomecánica:** Para la aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo en la "Mecánica de rocas", se requiere fundamentalmente que la masa rocosa se encuentre sectorizada en áreas con similares características "lito-estructurales y físico-mecánicas" debido a que "el análisis de los resultados y los criterios de diseño serán válidos sólo dentro de las masas rocosas con similares características" lo que en adelante se conocerá como "dominios geomecánicos". En este contexto "la litología, el grado de alteración, el arreglo estructural, las propiedades resistentes de la roca, las propiedades de las discontinuidades estructurales" serán criterios de interés para definir los "dominios geomecánicos" presentes en la masa rocosa (proceso de zonificación geomecánica). Según evaluaciones realizadas "topográfica, geológica, análisis estereográfico de discontinuidades estructurales, clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski de la masa rocosa modificada por Romana 2000" el área de interés se han identificado tres dominios "Lito-estructurales" los cuales en función a su posición espacial visto en un corte transversal al rumbo de las estructuras mineralizadas se han tipificado como "Caja piso, Estructura mineralizada y Caja techo". En estos dominios lito-estructurales se ha realizado el "mapeo geológico-geomecánico" usando el método de "Celdas de detalle" una característica "particular e importante" de resaltar es que la calidad de masa rocosa en los dominios lito-

estructurales "Caja piso y Caja techo" mejora conforme distan del contacto con las estructuras mineralizadas, es necesario precisar que las "fallas piso" en la mina, muestran las condiciones más desfavorables.

- i. **Resistencia de la roca intacta.** Para estimar la resistencia de la roca, se realizaron una serie de ensayos en campo (resistencia a compresión simple usando el martillo de rebote y la picota de Geólogo). Ver tabla 6.

Tabla 7. Resistencia de la roca intacta.

ESTRUCTURA MINERALIZADA	Propiedades físicas	ASTM C97 / ISRM	Densidad (Kg/cm <sup>3</sup> ) Porosidad (%) Absorción (%)	2.85 2.22 0.70
	Compresión simple	ASTM D7012-14e 1 /ASTM D2938 / ISRM	Resistencia a la compresión (Mpa)	130
	Corte directo	ASTM D5607 / ISRM	Angulo de fricción interna (°) Cohesión (Mpa)	35.00 0.077
	Compresión triaxial	ASTM D7012-14e 1 /ASTM D2664 / ISRM	Angulo de fricción interna (°) Cohesión (Mpa)	48.00 8.0
	Carga Puntual	ASTM D5731 / ISRM	Resistencia a la compresión (Mpa)	110
	Tracción indirecta	ASTM D3967	Resistencia a la tracción (Mpa)	11
	Constantes elásticas	ASTM D3148/ISRM	Módulo de elasticidad (Mpa) Módulo de Poisson	26550 0.21

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Geología

La zona donde está emplazada la mina se caracteriza por una topografía accidentada por la presencia de la Cordillera de los Andes, con pendientes inclinadas, áreas de relieve suave a sub-horizontales, y pequeños afloramientos rocosos. Sus altitudes varían de 3,500 m.s.n.m. a 5,000 m.s.n.m. En el área predomina la presencia de pastos naturales llamados “pajonales de puna”, conformados por manojos dispersos de gramínea altoandina que lleva el nombre de “Ichu”. Geológicamente está constituido

por rocas volcánicas del Grupo Calipuy, compuestas de derrames andesíticos.

#### **4.3. Diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente**

Para el diseño del nivel principal en mina María Cecilia Uno, y en ella se evalúa la estabilidad. La Roca encajonante, es la andesita y es competente capaz de soportar cavidades mayores, la sección tendrá una altura de 2.10 m. y un ancho de 1.80 m.

##### **4.3.1. Operaciones mina producción (detalles de diseño)**

El método de explotación será de “Corte y Relleno Ascendente Convencional” que consiste en la extracción de mineral por lonjas verticales, luego del corte manteniendo la dimensión equivalente (DE), se colocan puntales de madera alineados paralelamente a la zona de corte, y luego de un entablado se procede a aplicar relleno detrítico, una vez concluido el relleno se inicia el siguiente corte. Los block de explotación tienen aproximadamente de 60 m de nivel a nivel. de distancia y un desnivel de 20 m. Para evaluar y diseñar el método de corte y relleno ascendente se ha tenido en cuenta los aspectos geomecánicos del yacimiento; así mismo estos factores están en función de la potencia y forma del yacimiento, todo esto nos permitirá tener un tajeo con el debido dimensionamiento. (Huaman, 2018, pp. 53-54).

Tabla 8. Datos de diseño del método de explotación.

Descripción	Especificaciones
Yacimiento	Veta angosta
Potencia de la veta	0.60 m. promedio
Buzamiento de la veta	65° - 75°
Forma del Tajeo	Rectangular
Altura del Block	60 m.
Longitud del Block	50 m.
Mineral Cubicado	5,040 Ton.
Estribos	2 x 4 m.

Fuente: Luis Alfredo Huamán Carpio, 2018.

#### 4.3.2. Ciclo de minado

Comprende las siguientes operaciones: Perforación de estéril y veta.

- Voladura de estéril
- Ventilación.
- Limpieza de desmonte excedentes.
- Voladura de taladros en veta.
- Limpieza de mineral a las tolvas.
- Perforación de estéril y veta. (Huaman, 2018, pp. 53-54).

### 4.3.3. Descripción del método de explotación

En el Nivel 2, Tajo 1; donde la veta es muy angosta y se explota selectivamente, de modo que en una primera voladura se extrae el material estéril y luego en una segunda voladura la veta. Generalmente se emplea en el caso de vetas muy delgadas y de alta ley. Se obtiene mineral más limpio (menos diluido) que cuando el mineral y la roca son rotos a un ancho mínimo en la misma voladura.

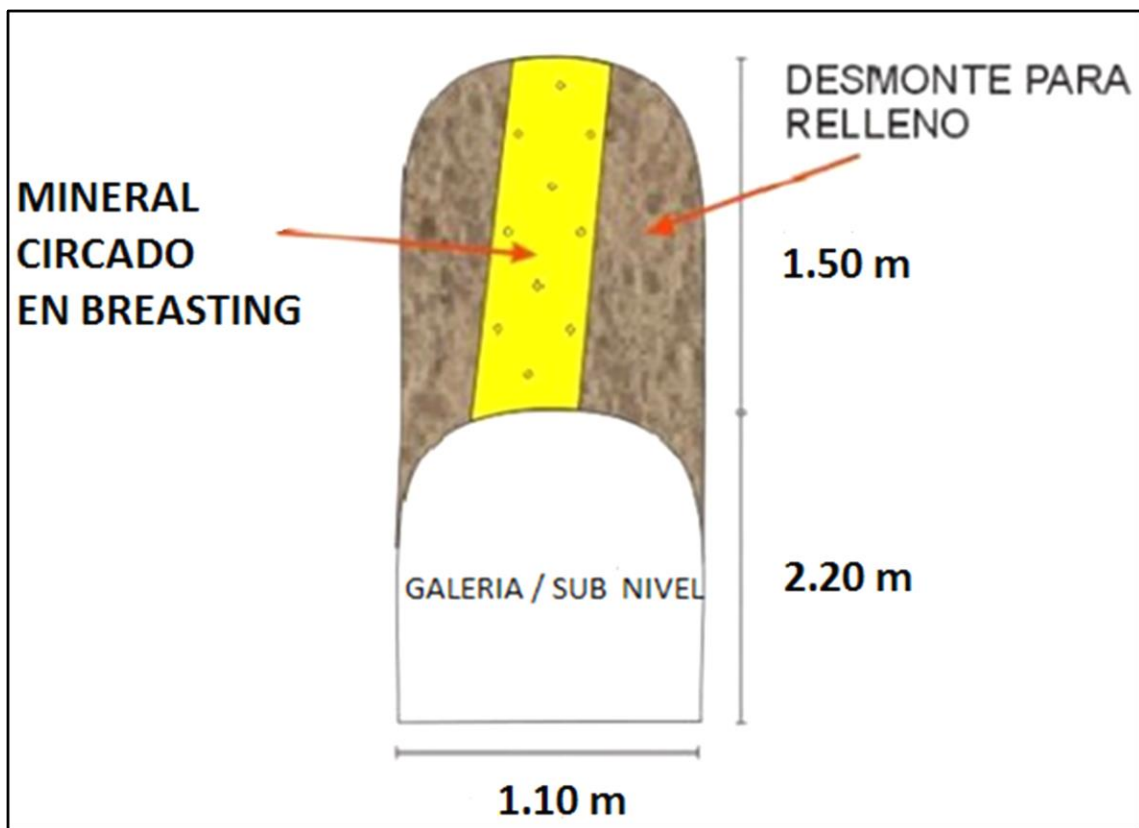
Para las características de las vetas del yacimiento no se puede pensar minería trackles, o minería a grandes volúmenes descartándose todos los métodos de taladros largos y los concernientes a cuerpos mineralizados. Y si tomamos en cuenta la potencia de 0.30 m. a 0.80 m. con buzamientos variables trabajaremos haciendo un circado angosto, pero como la inclinación del corte varia constantemente nos limita a no poder almacenar carga sin diluir descartándose los métodos de almacenamiento provisional y finalmente como la realidad de cada yacimiento es diferente es que no nos encasillamos en un método clásico convencional, por lo que se ha determinado aplicar el método de explotación CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CIRCADO EN BRESTING Y RELLENO INMEDIATO.

Elementos básicos de diseño de Mina:

- El acceso hasta las bocaminas de extracción en superficie
- Diseño de accesos en subterráneo (vertical, horizontal e inclinado)
- Evaluación de operaciones existentes

- Dimensionamiento de las unidades de trabajo (tajos)
- Selección de equipos
- Diseño del transporte de mineral y de material estéril
- Relleno convencional

Figura 11. Corte y relleno ascendente circado en bresting y relleno inmediato.



Fuente: Elaboración propia

**Descripción del método de explotación, corte y relleno ascendente:** 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 del tajo y en algunos casos especiales el techo.

**PREPARACIÓN DEL TAJEO:** Se debe limitar el tajo con una galería base o de transporte, una galería superior y chimeneas. En lo que a galerías base se refiere se tienen las siguientes alternativas:

a. **Galería base protegida por un puente de mineral:** En este caso se dejará un puente de mineral que separe la galería principal del subnivel de explotación, este puente no podrá ser recuperado posteriormente perdiéndose el mineral existente, por lo tanto su altura será la mínima que soporte todo el relleno hasta concluir el tajo.

1. **Metodología de perforación:** Se pueden perforar taladros horizontales, verticales e inclinados. En el caso de taladros horizontales, no se tiene que vencer un empotramiento y el rendimiento por metro barrenado y uso de explosivo será mucho mejor. El inconveniente de la perforación horizontal reside en el hecho de que en tajos estrechos, el perforista no puede disponer de suficientes lugares de trabajo. En los taladros verticales se tendrá siempre que vencer un empotramiento, por lo cual será necesario una perforación con pasadura (sub. drilling), lo que disminuye el rendimiento por metro barrenado aumentando consigo el uso de explosivo. La ventaja que posee es que deja suficiente lugar de trabajo al perforista asegurando una buena utilización del tiempo. Una solución intermedia consiste en la perforación inclinada ya que es más ventajosa que la perforación vertical, pues el empotramiento que tiene que vencer es más fácil, disminuyendo consigo la pasadura



trayendo consigo las ventajas ya vistas anteriormente. En nuestra unidad usaremos la perforación horizontal en bresting con circado es decir se realizara doble disparo sobre una mismo tope. Primero se bresteara sobre veta una sección de 2.4 m. x 0.8 m. con barreno de 6 pies alcanzando una distancia de 1.5 m. rompiéndose un volumen de 2.88 m<sup>3</sup> y un Tonelaje de 8.64 TM. Segundo se perforara en desquinche ampliando la sección cortada hasta 1.2 de ancho y completar lo que falta en vertical el volumen a romper es de 1.44 m<sup>3</sup> que hace un tonelaje de 4.32 TM. Material que quedara como relleno para el siguiente corte.

2. **Limpieza de mineral en tajeo:** El mineral arrancado debe ser extraído totalmente y en forma regular del tajo. Esta evacuación se puede realizar CON PALA A MANO: Ya sea tirando directamente el mineral en la tolva de evacuación, o llenando carretillas que se vacían en dicha tolva.
3. **Construcción de tolvas:** En la chimenea intermedia del tajo se debe construir una tolva que es la base de la columna por donde se extraerá el mineral esta tolva debe tener un sistema de compuertas para controlar la descarga del mineral a los carritos mineros. Al costado de este compartimiento se hace el camino con descansos e instalación de escaleras de manera alternada de tal forma que la siguiente escalera este sobre una nueva plataforma a un costado evitando tener espacios muy altos vacíos.
4. **Relleno:** El relleno convencional detrítico obtenido dentro del tajo y rellenado de forma inmediata, es decir se dispara circando en bresting

el mineral, se limpia el mineral y este pequeño tramo de 1.5 m. se desquincha aumentando la sección de 0.8 m. a 1.2 m. este 17 material rellenara la labor en este corto tramo quedando listo para un segundo corte y sirviendo también como piso para continuar bresteando en horizontal.

**5. Ciclo de producción:** Es importante que en este método de explotación organizar el trabajo en los tajos de tal modo que no se produzcan atrasos por la colocación del relleno, factor que influye considerablemente en las posibilidades de producción de un determinado tajo. En nuestro tajeo el ciclo de producción es dinámico e inmediato, por que conforme se avanza el corte de mineral en paralelo se está avanzando el relleno, atacándose ambas alas al mismo tiempo, se deberá empezar el arranque desde las chimeneas de relleno hacia el centro del tajeo, de manera que ambas alas llegan al medio cortadas y rellenadas, disparándose sobre él chute camino limpiando este mineral se hacen los trabajos de madera. En paralelo en ambas alas se debe iniciar el nuevo corte al fondo con taladros verticales circando solo mineral para luego dequinchar las cajas quedando el material como relleno. Serrándose el ciclo. De manera simplificada en simultáneo en ambas alas el ciclo es:

- a) Perforación disparo vertical circando en veta al tope (tramo de 2.5 m.)
- b) Limpieza de este mineral
- c) Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril.

- d) Colocando una manta de jebe se repite los tres primeros pasos para ganar altura.
- e) Perforación disparo horizontal en brestring circando solo mineral.
- f) Limpieza de mineral.
- g) Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril
- h) Colocando una manta de jebe se repite los pasos 5, 6,7 hasta llegar al medio del tajo
- i) Haciendo los trabajos de madera sobre chut camino se reinicia por el punto

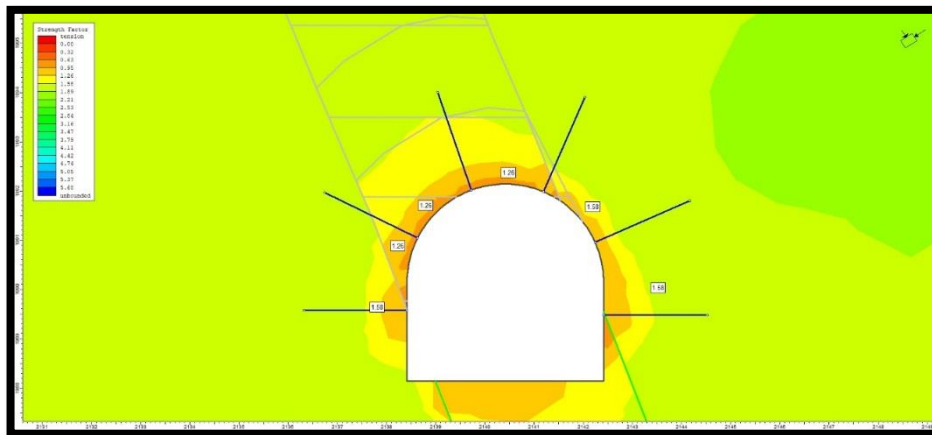
#### **4.3.4. Simulación del corte & relleno ascendente - zona Mina María Cecilia**

##### **Uno**

La simulación de la explotación mediante la aplicación del "Corte y relleno ascendente circado en brestring y relleno inmediato" en la Mina María Cecilia Uno, Nivel 2, tajo 1, no se realiza debido a que la masa rocosa expone dominios geomecánicos de buena calidad, existen sectores de regular a mala calidad pero son muy aislados y por lo tanto no ameritan un análisis del método ya que el método más adecuados en la zona Mina María Cecilia Uno es "Corte y relleno ascendente circado en brestring y relleno inmediato". Los resultados de la simulación numérica se muestran en el anexo 06 (Reportes de modelamiento numérico). Se sugiere revisar detenidamente estos resultados dado a que los dominios considerados en cada uno de los métodos

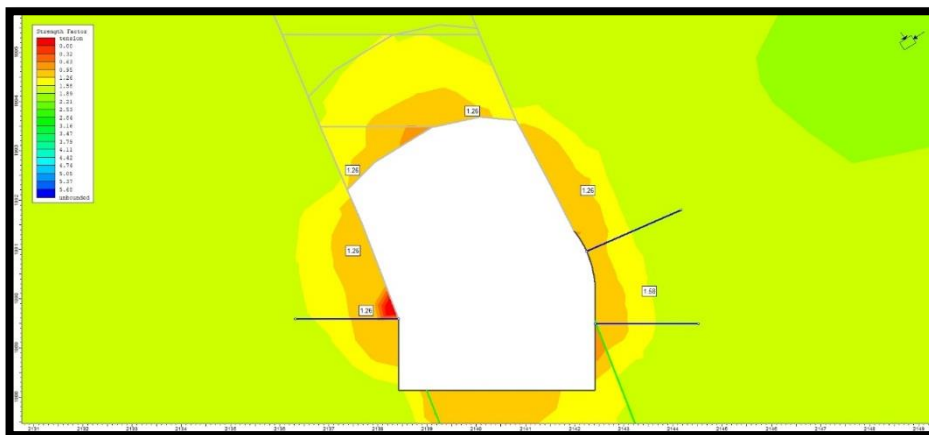
de explotación son diferentes, se han definido y agrupado atendiendo a su calidad geomecánica y su respuesta {comportamiento) frente a un escenario de diseño (método).

Figura 12. Simulación numérica.



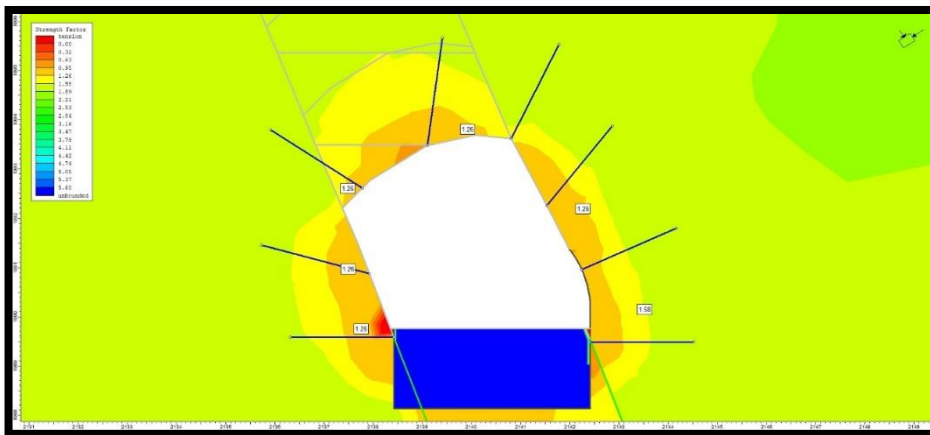
Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Simulación numérica.



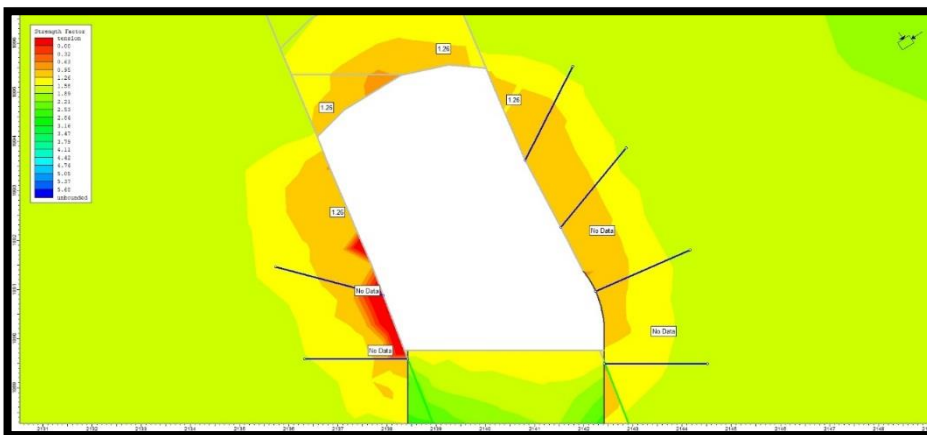
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Simulación numérica.



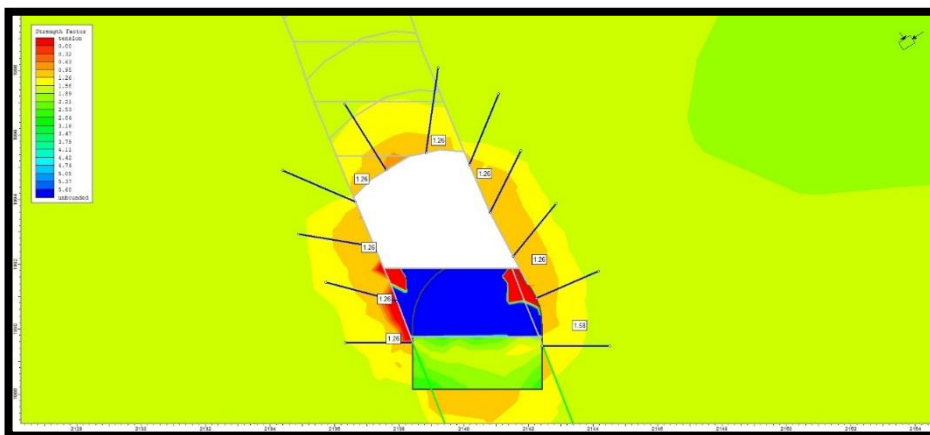
Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Simulación numérica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Simulación numérica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Simulación numérica.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Costos Optimizados.

Rubro	Antes de la optimización	Después de la optimización
	US\$/TM	US\$/TM
1.- Costos de labores de exploración y desarrollo	3.41	3.38
2.- Costos de labores de preparación	6.25	6.12
3.- Costos de minado (tajeo)	26.9	25.58
• Perforación y voladura	16.45	16.1
• Limpieza y extracción	5.89	5.23
• Relleno	4.56	4.25
4.- Costo de carguío y transporte	9.21	8.72
Costo sub-total de operación mina	45.77	43.8
Gastos generales mina	28.4	25.5
Costo total de operación mina	74.17	69.3

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Análisis del punto de equilibrio.

<b>Cantidad (Tm/Mes)</b>	<b>I. BRUTOS</b>	<b>C. FIJO</b>	<b>C. VARIABLE</b>	<b>C.TOTAL</b>
0	0	129 760	0	129 760
500	64 879 799	129 760	64 879 799	65 009 559
1 000	129 759 599	129 760	129 759 599	129 889 358
1 500	194 639 398	129 760	194 639 398	194 769 158
2 000	259 519 197	129 760	259 519 197	259 648 957
2 500	324 398 997	129 760	324 398 997	324 528 756
3 000	389 278 796	129 760	389 278 796	389 408 555
3 500	454 158 595	129 760	454 158 595	454 288 355
4 000	519 038 394	129 760	519 038 394	519 168 154
4 500	583 918 194	129 760	583 918 194	584 047 953
5 000	648 797 993	129 760	648 797 993	648 927 753
5 500	713 677 792	129 760	713 677 792	713 807 552
6 000	778 557 592	129 760	778 557 592	778 687 351
6 500	843 437 391	129 760	843 437 391	843 567 151
7 000	908 317 190	129 760	908 317 190	908 446 950
7 500	973 196 990	129 760	973 196 990	973 326 749
8 000	1 038 076 789	129 760	1 038 076 789	1 038 206 548
8 500	1 102 956 588	129 760	1 102 956 588	1 103 086 348
9 000	1 167 836 387	129 760	1 167 836 387	1 167 966 147
9 500	1 232 716 187	129 760	1 232 716 187	1 232 845 946
10 000	1 297 595 986	129 760	1 297 595 986	1 297 725 746
10 500	1 362 475 785	129 760	1 362 475 785	1 362 605 545
11 000	1 427 355 585	129 760	1 427 355 585	1 427 485 344
11 500	1 492 235 384	129 760	1 492 235 384	1 492 365 144
12 000	1 557 115 183	129 760	1 557 115 183	1 557 244 943
12 500	1 621 994 983	129 760	1 621 994 983	1 622 124 742

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 18. Punto de equilibrio



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4. Discusión de resultados

El Estudio Geo mecánico de las Labores Mineras Subterráneas de la Mina María Cecilia Uno de la Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022, se han realizado en base a las investigaciones de campo, y trabajos de gabinete realizando:

- Se caracterizó la estructura del macizo rocoso, según normas sugeridas por el ISRM (Society International For Rock Mechanic's) y en base a los registros litológicos – estructurales.
- Se determinaron las propiedades físico-mecánicas de los diferentes materiales (roca y mineral), presentes dentro de la masa rocosa, estos comprendieron las propiedades físicas: densidad, porosidad aparente, peso específico aparente, y la absorción; así como también la propiedad mecánica de la resistencia

compresiva uniaxial " $\delta c$ ", a través del número de Rebote con el Martillo Schmidt.

- Se determinó la calidad del macizo rocoso en base a la información precedente utilizando los criterios de clasificación de Barton (1974), Bieniawski (1989) y Hoek and Marinos (2000).
- Para el ciclo de producción mínima debe de ser 20 TM/día y se debe de tener en cuenta: Es importante que en este método de explotación organizar el trabajo en los tajos de tal modo que no se produzcan atrasos por la colocación del relleno, factor que influye considerablemente en las posibilidades de producción de un determinado tajo. En nuestro tajeo el ciclo de producción es dinámico e inmediato, porque conforme se avanza el corte de mineral en paralelo se está avanzando el relleno, atacándose ambas alas al mismo tiempo, se deberá empezar el arranque desde las chimeneas de relleno hacia el centro del tajeo, de manera que ambas alas lleguen al medio cortadas y rellenas, disparándose sobre él chute camino limpiando este mineral se hacen los trabajos de madera. En paralelo en ambas alas se debe iniciar el nuevo corte al fondo con taladros verticales circando solo mineral para luego desquinchar las cajas quedando el material como relleno. Cerrándose el ciclo. De manera simplificada en simultáneo en ambas alas el ciclo es:

1. Perforación inclinada o en bresting según sea el caso; disparo circando.
2. Limpieza de este mineral
3. Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril (Relleno)

4. Colocando una manta de jebe se repite los tres primeros pasos para ganar altura.
5. Perforación disparo inclinado o en bresting circando solo mineral
6. Limpieza de mineral.
7. Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril
8. Colocando una manta de jebe se repite los pasos 5, 6,7 hasta llegar al medio del tajo
9. Haciendo los trabajos de madera sobre chut camino se reinicia con el relleno y “pampillado”.

#### **4.5. Aporte del tesista**

Se aporato con realizar la optimización de la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno, Nivel 2, Tajo 1, de la Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022, contribuyendo con ello a mejorar la rentabilidad de la mina.

## CONCLUSIONES.

1. Se realizó el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. El trabajo en los tajos de tal modo que no se produzcan atrasos por la colocación del relleno, factor que influye considerablemente en las posibilidades de producción de un determinado tajo. En nuestro tajeo el ciclo de producción es dinámico e inmediato, porque conforme se avanza el corte de mineral en paralelo se está avanzando el relleno, atacándose ambas alas al mismo tiempo, se deberá empezar el arranque desde las chimeneas de relleno hacia el centro del tajeo, de manera que ambas alas lleguen al medio cortadas y rellenadas, disparándose sobre él chute camino limpiando este mineral se hacen los trabajos de madera. En paralelo en ambas alas se debe iniciar el nuevo corte al fondo con taladros verticales circando solo mineral para luego desquincar las cajas quedando el material como relleno, cerrándose el ciclo.
2. La caracterización geomecánica del macizo se realizó en base a los siguientes considerandos:
  - Se caracterizó la estructura del macizo rocoso, según normas sugeridas por el ISRM (Society International For Rock Mechanic's) y en base a los registros litológicos – estructurales, de cada una de las estaciones determinadas, de acuerdo al avance de la explotación (inventario minero).
  - Se determinaron las propiedades físico-mecánicas de los diferentes materiales (roca y mineral).

- Se determinó la calidad del macizo rocoso en base a la información precedente utilizando los criterios de clasificación de Barton (1974), Bieniawski (1989) y Hoek and Marinos (2000).
3. El método de explotación corte y relleno ascendente mejora la producción en la Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022, tiene el siguiente ciclo:
1. Perforación inclinada o en bresting según sea el caso; disparo circando.
  2. Limpieza de este mineral
  3. Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril (Relleno)
  4. Colocando una manta de jebe se repite los tres primeros pasos para ganar altura.
  5. Perforación disparo inclinado o en bresting circando solo mineral
  6. Limpieza de mineral.
  7. Perforación y disparo en desquinche ampliando la sección en estéril
  8. Colocando una manta de jebe se repite los pasos 5, 6,7 hasta llegar al medio del tajo
  9. Haciendo los trabajos de madera sobre chut camino se reinicia con el relleno y “pampillado”.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el ciclo de producción dinámico e inmediato, porque conforme se avanza el corte de mineral en paralelo se está avanzando el relleno, atacándose ambas alas al mismo tiempo, se deberá empezar el arranque desde las chimeneas de relleno hacia el centro del tajeo, de manera que ambas alas lleguen al medio cortadas y rellenas, disparándose sobre él chute camino limpiando este mineral se hacen los trabajos de madera.
2. El Estudio Geo mecánico de las Labores Mineras Subterráneas de la Mina María Cecilia Uno debe de ser realizado cuando menos una vez por año.
3. Para no tener atrasos en la producción siempre se debe de realizar el relleno y disparo en paralelo dentro del tajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez Yauri, R. E. (2021). *Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S. A. Unidad Minera Atacocha*. [Tesis de pregrado]. Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. .
- Aquino Meza, E. E. (2020). *Implementación del método de minado bench and fill en la veta Mary del tajo 120 Unidad Productora Carahuacra de Volean Compañía Minera S. A. A.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. .
- Casimiro Huamán, A. C. . (2021). *Diseño e implementación del método de minado por bench and fill en el tajeo 100 de la Unidad Productora Carahuacra*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Continental. Facultad De Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú.
- Castro Saenz, Y. R. (2018). *Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación Open Stopping, Compañía Minera A.C. agregados S.A.C. - año 2017*. [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. .
- Espinoza Bonilla, O.F. (2018). *Optimización de la rentabilidad en las operaciones de las vetas San Cristóbal Sur Oeste de la mina San Cristóbal de la Compañía Minera Volean S.A.A.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas. Cerro de Paseo - Perú.



- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. . (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición. México.
- Huaman Carpio, L. (2018). *Proyecto de explotación por corte y relleno ascendente - unidad minera Paraíso Azuay – Ecuador*. [Informe por servicios profesionales]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Geología, Geofísica y Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. .
- Laura Lazo, H. . (2015). *Implementación del método corte y relleno ascendente semimecanizado para mejorar la productividad en Mina Julcani, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú.
- Minera Uldash S.A.C. (2022). *Informe Técnico - Explotación de la mina María Cecilia Uno*. Pueblo Libre, Perú.
- Ortiz C. J. (2013). *Apuntes de curso de explotación de minas: Métodos de Explotación – Selección De Método*. Universidad de Chile. Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de ingeniería de Minas. Santiago de Chile, Chile.
- Rojas Baca, D. (2018). *Optimización de la producción en mantos auríferos mediante el método de Corte Y Relleno Ascendente Semi Mecanizado en la empresa minera J.H.S. e Hijos S.R.Ltda. - 2018*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Puno, Perú. .

# ANEXO



## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p style="text-align: center;"><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo optimizar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia, Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022?</p>	<p style="text-align: center;"><b>Objetivo General</b></p> <p>Optimizar la producción con el método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Hipótesis General</b></p> <p>Es viable y factible el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. – 2022.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Variable Independiente (x)</b></p> <p>Método de explotación corte y relleno ascendente</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tipo</b></p> <p>El tipo de investigación es Aplicada.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nivel de la investigación</b></p> <p>El nivel será de investigación descriptiva.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Población</b></p> <p>La población estará compuesta por todos los tajos de producción de la mina María Cecilia Uno.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Problemas específicos</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Objetivos específicos</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Hipótesis específicas</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Variable dependiente (y)</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Método</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Muestra</b></p>
<p>¿Cómo influye el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022?</p>	<p>Identificar y evaluar el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022.</p>	<p>El estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso influye favorablemente para el diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022.</p>	<p>Optimización de la producción.</p>	<p>En la presente investigación se utilizó el método científico como método general.</p>	<p>La muestra está constituida por el tajo piloto de producción de la mina María Cecilia Uno.</p>
<p>¿Cómo influye el diseño e implementación del método de minado por de explotación corte y relleno ascendente en la mejora de la producción en la Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022?</p>	<p>Determinar el diseño e implementación del método del método de explotación corte y relleno ascendente para la mejora de la producción en la Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022.</p>	<p>El diseño e implementación del método de explotación corte y relleno ascendente mejora la producción en la Mina María Cecilia Uno Compañía Minera Uldash S.A.C. - 2022.</p>			

Diseño: Elaboración propia.

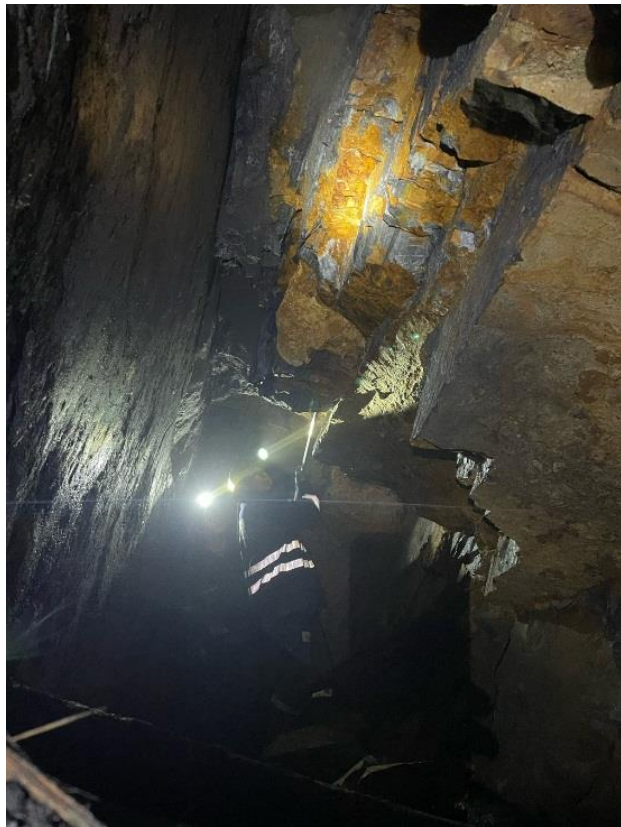
## ANEXO 2. BALANCE METALURGICO

PRODUCTO	PESO(TMS)	LEYES							CONTENIDO			RECUPERACION			RATIOS
		Onz/TM Ag	%Pb	%Cu	%As	%Sb	Hg ppm	% SiO2	Ag(onz)	Pb(TM)	Cu(TM )	% Ag	% Pb	% Zn	
Cabeza	<b>90.000</b>	<b>8.00</b>	<b>5.00</b>	<b>11.00</b>					720.00	4.500	9.900				
Conc. De Pb	4.500	<b>10.00</b>	<b>72.01</b>	<b>6.42</b>	<b>1.20</b>	<b>1.01</b>	<b>30.00</b>		45.00	3.240	0.289	17.60	70.76	3.93	20.00
Conc. De Cu	7.850	<b>2.10</b>	<b>4.20</b>	<b>52.30</b>	<b>0.60</b>	<b>0.04</b>	<b>40.00</b>	<b>2.02</b>	16.49	0.330	4.106	6.45	7.20	55.89	11.46
Relave	77.650	<b>2.50</b>	<b>1.30</b>	<b>3.80</b>					194.13	1.009	2.951	75.95	22.04	40.17	
Cab. Calculada	90.000	2.84	5.09	8.16					255.61	4.580	7.345	100.00	100.00	100.00	

Fuente. Elaboración propia.

### ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Veta en Nivel 2



Fotografía 2. Carguío de explosivos en la Veta en Nivel 2, método de Circado





Fotografía 3. Carguío de explosivos en la Veta en Nivel 2, método de Circado



Fotografía 4. Personal minero que labora en Nivel 2, Tajo 1.



Fotografía 5. Proceso de Carguío (chuteo) en el nivel 2.



Fotografía 6. Proceso de Transporte a Cancha Boca Mina del nivel 2.

