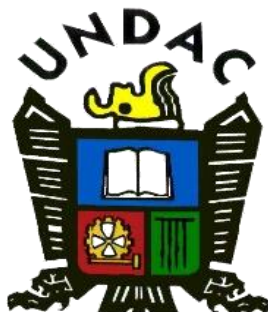


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Análisis Geomecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de
Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Abigail Sarai CORTELEZZI ESPIRITU

Asesor:

Dr. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Análisis Geomecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de
Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del Jurados:

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA
PRESIDENTE

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 032-2026

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. CORTELEZZI ESPIRITU Abigail Sarai

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo:
"Análisis Geomecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C."

Asesor:
Dr. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Índice de Similitud: **10 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 10 de julio de 2026



El presente documento es
el resultado de la evaluación de
originalidad realizada por el
software Turnitin Originality
Fecha: 10.07.2026 13:10:09 -05:00

DEDICATORIA

Lo dedico al creador de nuestro universo por
compartir la sabiduría en mi persona

A mi padre, a mi madre, a mis hermanos por sus
consejos y sugerencias para lograr la culminación de esta
investigación.

AGRADECIMIENTO

A todos los catedráticos de la Facultad de Ingeniería de Minas, quienes fueron la fortaleza de mis conocimientos y el motivo que impulso a cristalizar mi investigación.

A los ingenieros de la Compañía Minera Raura por el apoyo de compartir experiencias e información que hizo posible concluir

El trabajo de investigación.

RESUMEN

En la empresa minera Chonta. Actualmente se tiene en proyección la profundización de la mina partiendo del nivel 3900. Para realizar la explotación de minerales de esta zona; la empresa tiene un plan de ejecutar primeramente un análisis geo mecánico y geológico en toda la zona de profundización. Segundo con el reconocimiento de las características física químicas del macizo rocoso correspondiente se debe determinar el método de explotación a utilizar en la zona; todo ello con el objetivo de incrementar sus reservas y su tonelaje de explotación de sus minerales. Para lograr estos objetivos se efectúa el análisis geo mecánico y geológico correspondiente y una vez que se obtiene todas las características tanto físicas como químicas; se procede a determinar el método de explotación, mediante el método numérico de Nicholas llegando a concluir que se debe utilizar el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado.

Para complementar el uso de este método se analiza los parámetros que se debe considerar primeramente el porcentaje de dilución debe fluctuar del 10 % al 14 %, la recuperación de los minerales se debe mantener del 93 % al 95 %. De acuerdo con las evaluaciones realizadas en las labores actuales de producción y para la zona de profundización el costo operativo del minado de debe mantener en 12.73 \$/TM. Asimismo, la productividad para los procesos inmediatos en el minado de profundización se considera una producción de 5.9 toneladas – hora – guardia.

La investigación permite demostrar que, una vez realizado los objetivos, se aumenta la productividad.

Palabras Claves: Análisis geo mecánico, Método de explotación, Productividad.

ABSTRACT

At the Chonta mining company, plans are underway to deepen the mine starting from the 3900 level. To extract minerals from this area, the company plans to first conduct a geomechanical and geological analysis of the entire deepening zone. Second, after identifying the physical and chemical characteristics of the rock mass, the appropriate mining method must be determined. This is all aimed at increasing reserves and the tonnage of minerals extracted. To achieve these objectives, the corresponding geomechanical and geological analysis is performed. Once all the physical and chemical characteristics are obtained, the mining method is determined using Nicholas's numerical method, which concludes that the mechanized cut-and-fill mining method should be used.

To complement the use of this method, the parameters to be considered are analyzed. First, the dilution percentage should fluctuate between 10% and 14%, and mineral recovery should be maintained between 93% and 95%. According to evaluations carried out in current production operations and for the deepening zone, the operating cost of mining should be maintained at \$12.73/MT. Likewise, the productivity for immediate processes in deepening mining is considered to be 5.9 tons per hour per shift.

The research demonstrates that, once the objectives are achieved, productivity increases.

Keywords: Geomechanical analysis, Mining method, Productivity.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de Investigación considera la evaluación, el análisis geo mecánico de la zona de profundización asimismo, determinar el método de explotación de la zona de la mina Chonta, para esta evaluación se considera conocer las características físicas, químicas del macizo rocoso; para luego con estos datos concluir que método de explotación se debe utilizar en la profundización ya que la empresa tiene un programa de incrementar su producción a corto plazo por lo que ha planificado profundizar sus operaciones de minado para la explotación de sus minerales. La política de la empresa es de mantener la eficiencia en sus operaciones de explotación que le sea económicamente rentable a largo plazo.

En el capítulo I se presenta el problema de la investigación, considerando los planes de la minera Chonta, que están orientados al análisis geo mecánico y método de explotación.

En el capítulo II se expone el marco teórico de métodos de análisis geo mecánico y modelos de determinación de métodos de explotación, luego se explica lo que es referente a dilución, recuperación, costo operativo y productividad.

En el capítulo III se desarrolla la metodología y las técnicas de investigación utilizadas para el análisis geo mecánico y método de explotación para tener mayor eficiencia en la explotación de minerales en condiciones más estables.

En el capítulo IV se analizan las características físicas del macizo rocoso y el método de explotación a utilizar, los resultados con su respectiva discusión del método a utilizar para obtener mayor productividad en y menor costo.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Ubicación	2
1.2.2.	Accesibilidad.....	3
1.2.3.	Geología local	3
1.2.4.	Geología Regional	5
1.2.5.	Estratigrafía.....	6
1.2.6.	Geología económica.....	12
1.2.7.	Litología.....	15
1.3.	Formulación del Problema	16
1.3.1.	Problema general	16
1.3.2.	Problemas específicos	16

1.4.	Formulación de objetivos.....	16
1.4.1.	Objetivo general.....	16
1.4.2.	Objetivos específicos	16
1.5.	Justificación de la investigación	17
1.6.	Limitaciones de la Investigación	17

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	18
2.2.	Bases Teóricas - científicas.....	21
2.2.1.	Análisis del yacimiento para la selección de un método de explotación	21
2.2.2.	Geología del yacimiento	22
2.2.3.	Geometría del yacimiento	22
2.2.4.	Distribución de leyes.....	23
2.2.5.	Características geomecánicas.....	24
2.2.6.	Métodos de determinación del método de explotación.....	26
2.2.7.	Métodos de explotación	30
2.2.8.	Métodos de explotación a cielo abierto	31
2.2.9.	Métodos de explotación subterránea.....	32
2.2.10.	Función de producción y costos.....	33
2.3.	Definición de términos básicos	34
2.4.	Formulación de hipótesis	35
2.4.1.	Hipótesis general.....	35
2.4.2.	Hipótesis específicos.....	35
2.5.	Identificación de las variables.....	36
2.5.1.	Variable independiente	36

2.5.2. Variable dependiente	36
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	36

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	37
3.2. Nivel de investigación.....	37
3.3. Métodos de la investigación.....	37
3.4. Diseño de la investigación	38
3.5. Población y muestras	38
3.5.1. Población.....	38
3.5.2. Muestra	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.6.1. Técnicas	38
3.6.2. Instrumentos.....	39
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	39
3.8. Tratamiento estadístico	40
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	41
4.1.1. Caracterización geomecánica.....	41
4.1.2. Clasificación geomecánica del macizo rocoso	45
4.1.3. Zonificación geomecánica del macizo rocoso	47
4.1.4. Resistencia de la roca intacta	50
4.1.5. Resistencia del macizo rocoso	51

4.1.6.	Condiciones de agua subterránea	52
4.1.7.	Estimación del estado tensional	53
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	53
4.2.1.	Geometría y distribución de leyes de la zona de profundización	53
4.2.2.	Características geomecánicas del mineral	53
4.2.3.	Características geomecánicas de la caja techo	54
4.2.4.	Características geomecánicas de la caja piso	54
4.2.5.	Proceso de análisis para la determinación del método de explotación	55
4.2.6.	Análisis del método de Nicholas.....	57
4.2.7.	Análisis Geo mecánico	57
4.2.8.	Análisis de porcentaje de dilución y recuperación	58
4.2.9.	Análisis de costo operativo	59
4.2.10.	Análisis de la productividad.....	60
4.3.	Prueba de hipótesis	60
4.4.	Discusión de resultados.....	61

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Distrito Minero de Chonta	3
Figura 2. Geología regional	6
Figura 3. Columna Estratigráfica	12
Figura 4. Estereografía de contornos de discontinuidades.....	42
Figura 5. Estereografía de planos principales de discontinuidades	43
Figura 6. Roseta del compuesto de discontinuidades	43
Figura 7. Vista en planta de sondajes en la zona de evaluación	47
Figura 8. Zonificación geomecánica en 3D de la zona en evaluación.....	48
Figura 9. Zonificación geomecánica -Vista Planta Nv 3900	48
Figura 10. Zonificación geomecánica-Sección Transversal	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Acceso del Distrito Minero de Chonta	3
Tabla 2. Método de selección de explotación	27
Tabla 3. Método Harman	28
Tabla 4. Método Morrison	29
Tabla 5. Método Laubscher	30
Tabla 6. Operacionalización de variables	36
Tabla 7. Sistemas de discontinuidades estructurales	42
Tabla 8. Clasificación de la masa rocosa.	46
Tabla 9. Calidad del macizo rocoso por tipo de roca.....	46
Tabla 10. Resumen de la zonificación geomecánica en evaluación	49
Tabla 11. Ensayos con el martillo Schmidt	50
Tabla 12. Ensayos de carga puntual.....	50
Tabla 13. Ensayos de compresión triaxial	51
Tabla 14. Ensayos de resistencia a la tracción.....	51
Tabla 15. Ensayos de propiedades físicas.....	51
Tabla 16. Propiedades de resistencia en la zona de profundización	52
Tabla 17. Geometría del yacimiento y distribución de leyes zona de profundización	55
Tabla 18. Características geomecánicas del mineral	55
Tabla 19. Características geomecánicas de la caja techo.....	56
Tabla 20. Características geomecánicas de la caja piso.....	56
Tabla 21. Análisis del proceso numérico de selección.	57
Tabla 22. Clasificación geomecánica del macizo rocoso	57
Tabla 23. Clasificación geomecánica	58

Tabla 24. Porcentaje de dilución y recuperación	59
Tabla 25. Costo operativo por método de explotación	59
Tabla 26. Costo de productividad por método de explotación	60

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La Empresa Explotación Minera Chonta S.A.C. tiene proyectado una estructura de producción sostenible de 500 TPD, distribuida en tramos, de la fecha actual hasta fines del año 2025 una producción proyectada de 750 TPD, para el año 2026 una producción proyectada 900 TPD, para el año 2027 una producción de 1100 TPD, y para el año 2028 una producción 1500 TPD,

quedando un remanente de mineral en vetas angostas que no llegaran a ser explotadas por su limitada capacidad de producción. En el periodo mencionado es necesario hacer 27,250 metros de avances verticales y horizontales considerados como capex, el cual permitirá producir en el mismo periodo de 364 mil toneladas. Para la estimación del costo de producción se ha seguido el criterio comparativo por método de explotación, para el caso de taladros y vetas potentes se ha tomado las operaciones actuales dado la similitud de las actividades asociadas al método, para las vetas angostas se ha tomado la Veta Poderosa al pertenecer a la misma empresa y tener políticas generales para la producción, en este caso se ha realizado una corrección en el costo de

minado referido a la mayor potencia relativa de las vetas de la Explotación Minera Chonta. Por lo anterior para la conversión de recursos geológicos esperados hasta recursos minables esperados en profundización se utilizará la mejor estimación para determinar el método de explotación más eficiente para lograr los objetivos y obtener una alta productividad.

1.2. Delimitación de la investigación

Para determinar el alcance de la investigación, primero debemos considerar la accesibilidad y la ubicación de la empresa que servirá como centro de investigación. También debemos determinar los estudios fundamentales, como la geología local, necesarios para llevar a cabo las operaciones mineras en la mina, que describimos a continuación.

1.2.1. Ubicación

La unidad minera de Chonta se ubica entre los 3.800 y 5.200 metros sobre el nivel del mar en la provincia de Huancavelica. El primer paso de esta investigación consistió en recopilar y analizar los datos geológicos y mineros existentes, complementados posteriormente con información de operaciones mineras adyacentes. En cada yacimiento mineral, se realizó una investigación preliminar in situ, lo que permitió obtener una perspectiva más completa con un enfoque en el análisis geoeconómico. Cabe mencionar que la Compañía Minera de Chonta opera dentro de sus propias concesiones.

Figura 1. *Ubicación del Distrito Minero de Chonta*



Fuente: Área de geología

1.2.2. Accesibilidad.

La Operación Minera Chonta cuenta con diversas alternativas de acceso que permiten su articulación con otras regiones del país, tanto por vía aérea como terrestre. En cuanto al acceso aéreo, el traslado se inicia con un vuelo hacia la ciudad de Ayacucho; posteriormente, el recorrido continúa por carretera hasta Huachocolpa, atravesando un paisaje representativo de la región.

Tabla 1. *Acceso del Distrito Minero de Chonta*

Ruta	Tipo de vía	Km.	Recorrido (Hrs)
Lima – Pisco – Huaytará – Rumichaca – Paso de Chonta – Mina	Asfaltada y Afirmada	446	9
Lima – Pisco – Castrovirreyna – Paso de Chonta – Mina	Asfaltada y Afirmada	463	10
Lima – Huancayo – Huancavelica – Paso de Chonta – Mina	Asfaltada y Afirmada	566	12

Fuente: Área de geología

1.2.3. Geología local

El distrito minero de Huachocolpa y sus alrededores está constituido por una sucesión de rocas de origen sedimentario y volcánico, cuya formación abarca un amplio

rango temporal, desde el Paleozoico hasta el Cuaternario reciente. Al noreste de Huachocolpa, en dirección a la mina Julcani, afloran las unidades rocosas más antiguas de la zona. Esta secuencia se inicia con metasedimentos del Devónico, correspondientes al Grupo Excélsior, los cuales han sido afectados por diversos episodios de deformación tectónica, dando lugar a un metamorfismo regional de baja intensidad. Sobre estas unidades se dispone, en discordancia, el Grupo Ambo, al que le sigue una potente secuencia de calizas, areniscas y lutitas correspondiente al intervalo Carbonífero pérmico inferior. Esta sucesión no ha sido diferenciada en detalle y se asocia a los Grupos Tarma y Copacabana. Finalmente, cubriendo también de manera discordante, se presenta una extensa serie de capas rojas de carácter molásico pertenecientes al Grupo Mitu, cuya edad se extiende desde el Pérmico superior hasta el Triásico. En etapas posteriores se evidencian remanentes de actividad volcánica de carácter alcalino. Las calizas del Grupo Pucará, correspondientes al Triásico superior – Jurásico inferior, se apoyan en discordancia angular sobre el Grupo Mitu y subyacen a las calizas de Chunumayo, de edad Jurásico medio. Este conjunto litológico señala el inicio de la ventana mesozoica expuesta a lo largo del río Atocmarca. El Grupo Goyllarisquizga, de edad Cretácico inferior, está constituido por facies de carbonatos pelíticos que guardan correlación con las formaciones Chulec y Pariatambo, y se dispone en discordancia sobre la secuencia jurásica. A lo largo de diversos episodios tectónicos, la serie mesozoica fue sometida a procesos de plegamiento y levantamiento, lo que favoreció el desarrollo de condiciones erosivas en toda la región. Posteriormente, las capas de molasa roja correspondientes a la Formación Casapalca, del Cretácico superior al Paleógeno, cubren también de manera discordante estos materiales; dichas unidades afloran en el bloque techo de la Falla de Chonta, entre los prospectos Hallazgo y Escopeta.

1.2.4. Geología Regional

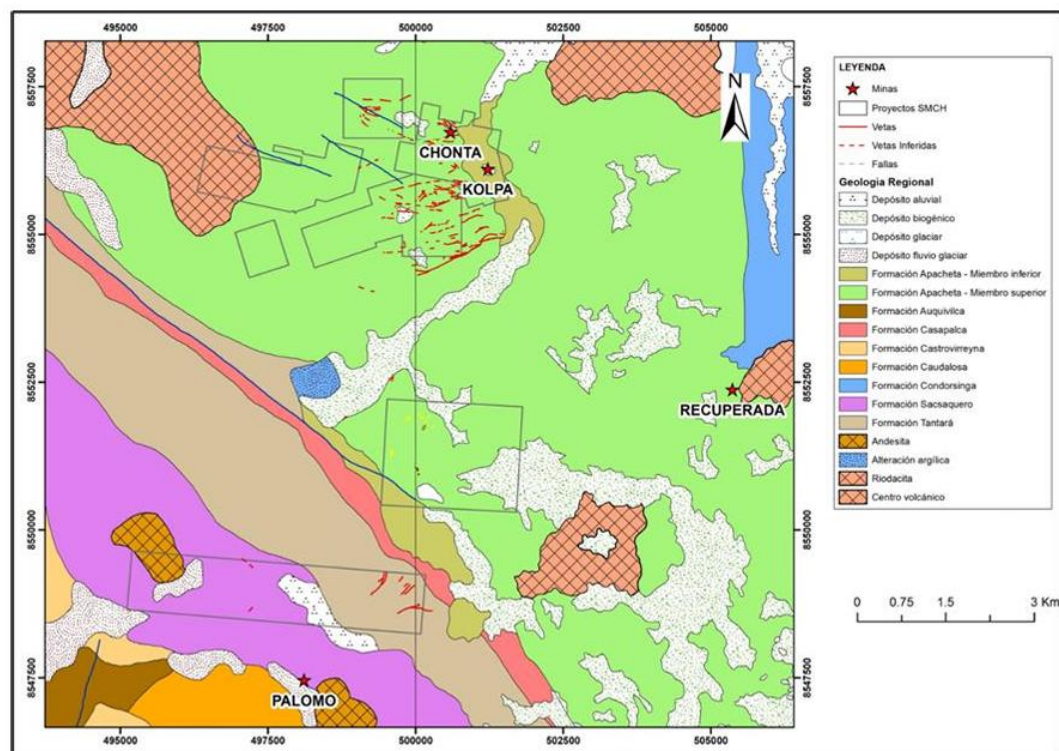
Las rocas del Grupo Excelsior, correspondientes al Paleozoico Inferior, sufrieron deformaciones durante la Fase Eohercínica, que tuvo lugar hacia el final del Devónico. Las unidades del Paleozoico Superior de los Grupos Ambo, Tarma y Copacabana fueron posteriormente afectadas por la Fase Hercínica Tardía. Esta etapa tectónica posterior dio lugar a la formación de las etapas molásicas del Grupo Mitu, al emplazamiento de importantes rocas batolíticas como el Batolito de Villa Azul y al desarrollo de afloramientos basálticos que ahora son evidentes en el noreste de la zona. La posición cronológica de esta fase se sitúa entre el Pérmico Tardío y el Triásico Temprano, lo que es compatible con otros procesos observados en otras regiones de la Cordillera Oriental. La segunda gran orogenia, conocida como Andina, se desarrolla de manera progresiva a través de diversas fases tectónicas.

- 1). La Fase Peruana, desarrollada hacia finales del Cretáceo y durante el Terciario inferior, dio lugar a intensos procesos de plegamiento y fallamiento en las formaciones geológicas más antiguas, entre ellas los grupos Pucará y Goyllarisquiza, así como las formaciones Chunumayo y Chulec, entre otras. Como resultado de esta etapa tectónica, se generaron depósitos continentales de capas rojas correspondientes a la Formación Casapalca, la cual se dispone en discordancia sobre los sedimentos marinos del Cretáceo.
- 2). Una segunda etapa de deformación andina, denominada Fase Inca, establece una relación discordante entre las capas rojas de la Formación Casapalca y las secuencias volcánico-sedimentarias de edad oligo-miocénica, como las formaciones Tantará, Sacsaquero, Castrovirreyna y Rumichaca. Este episodio de carácter compresivo tuvo lugar durante el Eoceno superior.

3). La Fase Quechua, considerada la tercera etapa de deformación dentro de la orogenia andina, se caracteriza por la ocurrencia de al menos tres pulsos tectónicos diferenciados (quechua 1, 2 y 3), desarrollados entre el Mioceno medio y el Plioceno. La secuencia temporal y los efectos de estas subfases en la región central del Perú han sido ampliamente estudiados por diversos investigadores, entre los que destacan Noble (1972, 1974), Soulas (1975) y Mégard (1984).

El cuadro adjunto sintetiza los diversos periodos de deformación vinculados a la orogenia andina, detallando cómo las subfases de carácter compresivo han segmentado y alterado las distintas secuencias del Cenozoico, agrupadas en formaciones y grupos específicos.

Figura 2. Geología regional



Fuente: Área de geología

1.2.5. Estratigrafía

El registro estratigráfico del Distrito Minero de Huachocolpa y sus áreas circundantes presenta una sucesión de rocas sedimentarias y volcánicas que se

extienden cronológicamente desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. Los afloramientos más remotos se sitúan al noreste de la localidad de Huachocolpa, en dirección a la mina Julcani; esta serie se inicia con los metasedimentos del Grupo Excelsior (Devónico), afectados por un metamorfismo regional leve derivado de múltiples eventos tectónicos. En contacto mediante discordancia angular, se asienta el Grupo Ambo seguido de una potente sucesión de lutitas, areniscas y calizas del Carbonífero-Pérmico inferior, vinculada a los Grupos Tarma y Copacabana. Sobre estas, también en discordancia angular, reposa una densa secuencia de capas rojas molásicas del Grupo Mitu (Pérmico 8 superior-Triásico), cuyas fases terminales muestran indicios de un vulcanismo de composición alcalina. El afloramiento mesozoico visible en la cuenca del Río Atocmarca se inicia con los horizontes calcáreos del Grupo Pucará (Triásico superior - Jurásico inferior), los cuales se asientan sobre el Grupo Mitu mediante una discordancia angular y se ubican estratigráficamente debajo de las calizas Chunumayo del Jurásico medio. Sobre esta sucesión jurásica reposa, de forma discordante, el Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior; a su vez, esta secuencia es cubierta por facies pelítico-carbonatadas que corresponden a las formaciones Chulec y Pariatambo. La sucesión mesozoica fue sometida a diversos eventos tectónicos que provocaron su plegamiento y emersión, transformando el área en un entorno dominado por la erosión. Sobre este relieve, y mediando una discordancia, se depositaron las capas rojas molásicas de la Formación Casapalca (Cretáceo superior - Paleógeno), las cuales afloran actualmente en el bloque superior de la Falla Chonta, específicamente en el sector comprendido entre los prospectos Escopeta y Hallazgo. En dirección oeste, se presentan franjas elongadas donde afloran las formaciones volcánicas Tantará y Sacsaquero (Eoceno), compuestas por una alternancia de lavas, piroclastos y brechas; estas se sitúan bajo la Formación

Castrovirreyna (Mioceno inferior) mediante una superficie de discordancia. Hacia el noreste, se identifica a la Formación Rumichaca como la contraparte cronológica de esta secuencia volcano-sedimentaria. En el sector occidental del cuadrángulo, estas sucesiones del Paleógeno-Neógeno exhiben un intenso plegamiento y fallamiento, quedando delimitadas al este por el sistema de fallas regionales Chonta, el cual presenta un bloque levantado compuesto por materiales del Paleozoico y Mesozoico. Finalmente, en la sección superior del edificio volcánico se identifica el vulcanismo explosivo del Grupo Huachocolpa, el cual se desarrolló a través de diversos estadios. Esta secuencia, integrada por las formaciones Caudalosa, Apacheta, Chahuarma y Portuguesa, presenta una disposición subhorizontal y constituye la cobertura predominante en la mayor extensión del distrito los cuales se hallan en posición sub horizontal y cubriendo la mayor parte del distrito.

- **Formación Huachocolpa**

Las sucesiones volcánicas integradas en el Grupo Huachocolpa se encuentran conformadas por las formaciones Caudalosa, Apacheta, Chahuarma y Portuguesa. El emplazamiento de este conjunto litoestratigráfico se localiza hacia el flanco oriental del sistema de fallas Chonta.

- **Formación Caudalosa**

Esta serie se compone de rocas volcánicas que presentan depósitos intermitentes de piroclastos y areniscas tobáceas. Geográficamente, estas secuencias se localizan en la parte central del cuadrángulo de Castrovirreyna, cubriendo las zonas circundantes a la mina Caudalosa (Salazar y Landa, 1993). Esta formación constituye una franja de estructuras volcánicas con centros de erupciones alineados de Noroeste a Sureste, presentan rocas predominantemente andesíticas con una potencia >300 m. Dichos rasgos guardan correlación con las

secuencias volcánicas halladas en el entorno de la mina Caudalosa Chica. En esta zona, prevalecen las coladas de lava y los depósitos piroclásticos dispuestos en estratos delgados, los cuales aparecen intercalados con bancos de mayor potencia. Las tobas de esta formación fueron datadas entre 14 y 12 Ma (McKee y Noble, 1982).

- **Formación Apacheta**

El emplazamiento de los centros volcánicos fue controlado por estructuras que siguen la tectónica Andina en conjunción con las fallas conjugadas antiandinas y estructuras paralelas al arco orientados de Norte-Sur ortogonales al ϕ 1 compresivo. Son dos miembros los que forman la arquitectura volcánica de la Formación Apacheta.

Miembro inferior

Compuesto por ignimbritas, localmente con niveles de lahares como se observa en los alrededores de la Mina María Luz y al Sur de campamento de Corralpampa.

Miembro superior

El grueso de las litologías corresponde a rocas efusivas de composición intermedia a ácida que se intercalan con niveles piroclásticos, ambos forman parte de las paredes de los estratos volcanes. En el Distrito de Huachocolpa la Formación Apacheta sobreyace discordanemente sobre las calizas del Grupo Pucará. La edad es considerada del Mioceno superior asumiendo los resultados

de datación radiométrica reportado por D. Noble (1972) y McKee et. al (1,975) tendría el rango entre 10 y 8 Ma. Dentro de este intervalo de tiempo se ha desarrollado la edificación de los centros volcánicos Tinquí, Manchaylla y Chosecc.

- **Formación Volcánica Tinquí**

Representa el estrato volcán más grande del distrito. Las litologías que se disponen de forma radial con inclinación negativa desde el centro hacia la periferia están constituidas por la intercalación de brechas volcánicas, tufos de cristales, lavas y lahares de naturaleza intermedia entre traquiandesitas y dacitas. Dataciones radiométricas indican edades de 10.40 a 10.10 Ma (D. Noble, 1,972).

- **Formación Volcánica Chosecc**

Fue reconocido e interpretado por D. Noble. Él supone que fue originalmente el centro volcánico más impresionante. La presencia local de las rocas hipabisales con masas micrograníticas de textura porfíricas testifica la profundidad a la que la erosión las ha expuesto. La edad aproximada es de 9.7 Ma (D. Noble, 1,982).

- **Formación Volcánica Manchaylla**

El contorno imbricado de las diferentes litologías que se disponen concéntricas alcanza un diámetro de 8.0 km y tiene como centro eruptivo al cuerpo de brecha volcánica o diatrema que aflora en el Cerro Manchaylla ubicado al Este del campamento Corralpampa. La edad geocronológica estimada es del orden de 9.1 Ma (D. Noble, 1972).

- **Formación de la fase quechua 1 (21 a 11 Ma)**

Durante este intervalo de tiempo ocurrió esfuerzos compresivos desde el Noroeste. La Falla Chonta comenzó como una falla inversa colocando en el mismo nivel a la Formación Casapalca al Oeste con los volcánicos Castrovirreyna del Neógeno, además, provocó la extrusión de grandes volúmenes de rocas volcánicas provenientes de varios centros volcánicos que dieron lugar a la Formación Caudalosa, Huanta y Acobamba.

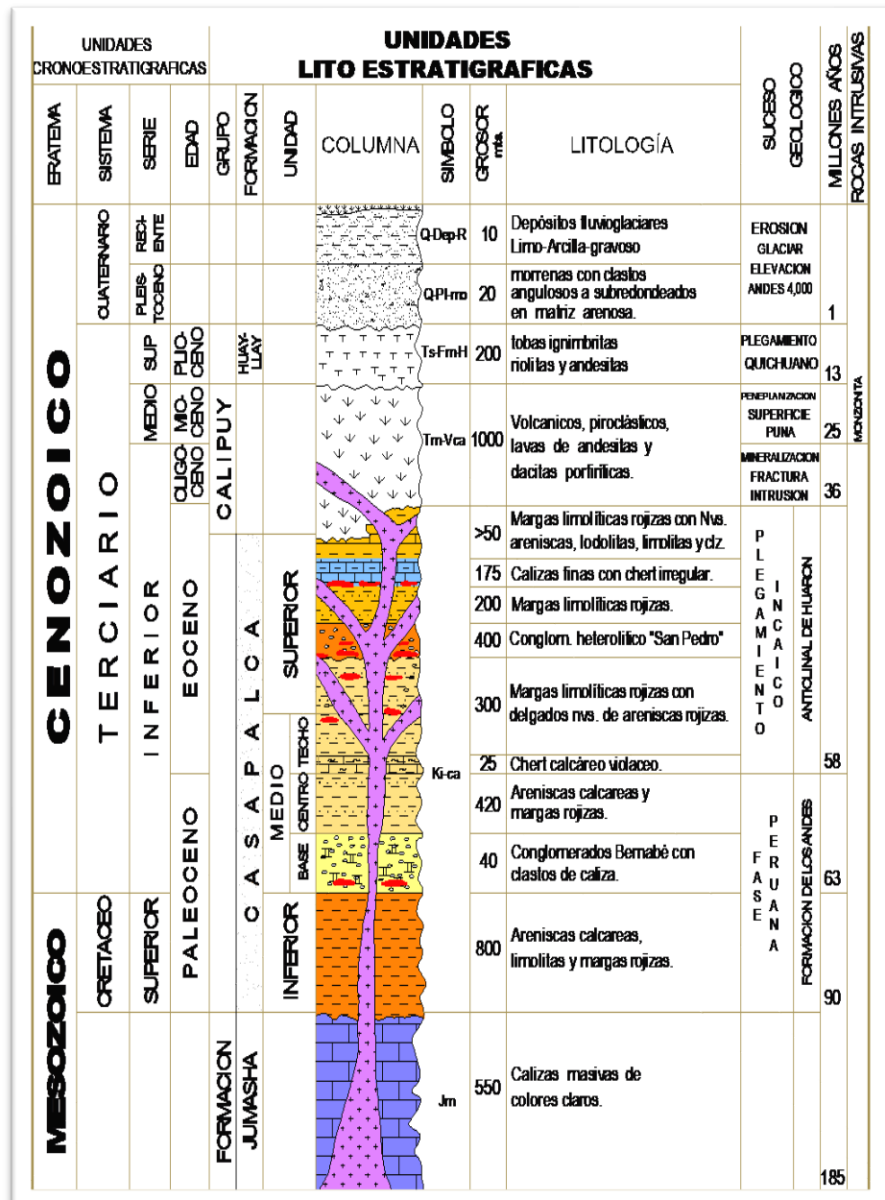
- **Formación de la fase quechua 2 - 3 (10.4 a 3.0 Ma)**

Ocurrió esfuerzos compresivos (ϕ_1) opuestos de rumbo N $\sim 80^\circ$ E que en conjunción con la apertura de nuevas fallas y la reactivación de otras, permitieron la extrusión de grandes volúmenes de rocas volcánicas provenientes de varios centros volcánicos que en orden de antigüedad son: Centro Volcánico Tinquí 10.4 a 10.1 Ma, Centro Volcánico Chosecc 9.7 Ma, Centro Volcánico Manchaylla 9.1 Ma, (D. Noble, 1,972), stocks ígneos, domos y diques 9.8 a 3.8

Ma. El dique Blenda Rubia 4.7 Ma corta casi perpendicular a la veta del mismo nombre, mientras el dique Mary Lupe 3.9 Ma, es cortado y desplazado Al parecer, en los estadios finales de la Fase Quechua 2, ocurrieron cambios de régimen tectónico pre, intra y post mineral en dirección NE y SW, provocando movimientos dextrales en las fallas existentes y abriendo otras. El cambio de

régimen, provocó la formación de los actuales yacimientos minerales, emplazamiento de cuerpos ígneos y consolidación de estratos volcanes (Huamanraso y Terciopelo).

Figura 3. *Columna Estratigráfica*



Fuente: Área de geología

1.2.6. Geología económica

La geología económica en casi 100 años de producción minera provino de vetas con contenidos polimetálicos, siendo muy escasa la textura de reemplazamiento. Sólo, algunos cuerpos de reemplazamiento de esfalerita y galena han sido encontrados en calizas. Además de la mineralización en vetas, son reseñables los procesos de alteración hidrotermal asociados que llevan y afectan las rocas encajonantes en bandas más o

menos anchas. Estas alteraciones son realmente procesos de reemplazamiento de la roca caja por una mineralogía relacionada con la mineralización. El —foot print del distrito cubre un área 25 km de largo por 10 Km de ancho y corre flanqueado por las fallas Chonta y Tangana ambas de rumbo Andino. A lo largo del distrito se han registrado cuatro estilos de mineralización.

- 1) Tipo alta sulfuración o steam heated: Arcopunco, La Central, Hallazgo, Carbuncuyoc y Quellomachay.
- 2) Tipo skarn: Escondida, Huamanripayoc y Huáscar.
- 3) Tipo pórfido: Arcopunco (telescopiado) y San Francisco.
- 4) Tipo sulfuración intermedia: Minas Tinquicorral, Tangana, Angélica, Rublo Chico, Caudalosa Chica (Kolpa), Pirata, Teresita, Esperanza, Germana, Rico Antimonio, Nancy Luz.y Poderosa.

La mayoría de las vetas polimetálicas fueron trabajadas en el pasado, a la fecha, sólo, Cía. Minera Kolpa se encuentra en producción industrial mediante laboreo minero subterráneo. Mientras que, los prospectos tipo alta sulfuración y metasomático de contacto presentan trabajos iniciales de exploración superficial. Asumimos que existe relación PARENTAL —magmática, hidrotermal y temporal— entre los prospectos

tipo alta sulfuración con las vetas periféricas polimetálicas. Las vetas polimetálicas con afinidad epitermal son comunes en las periferias de los depósitos tipos alta sulfuración y pórfidos como ocurre: Toromocho, Hualgayoc, La Zanja, Tantahuatay, Pierina, Colquijirca, Cerro de Pasco y Aruntani.

Se ha establecido límites para el distrito minero de Huachocolpa basados en los caracteres metalogénicos, controles estructurales de los yacimientos y relación con la roca encajante. Dado que el control de los yacimientos es tectónico, los límites que se proponen son estructural y zonación hidrotermal. Se muestra lo que comprende el

distrito de Huachocolpa y los límites que se proponen. El límite por el Sur y Suroeste sería la estructura Chonta, importante accidente cortical de rumbo Noroeste a Sureste que separa grandes dominios geotectónicos en esta parte de los Andes. Es una estructura compleja, considerada en general como una gran falla, pero con una expresión en el campo a modo de flexión y/o discordancia. En cualquier caso es un límite claro, marcado en la imagen satelital por un lineamiento evidente, y que separa unidades geológicas muy diferentes a uno y otro lado. A lo largo de su traza hay emplazamientos de cuerpos intrusivos ígneos y volcánicos. Por el Este y Sureste el límite sería el importante lineamiento que viene marcado por la quebrada de Carhuapata, que lleva un rumbo NE-SW. Esta estructura tiene una buena definición hasta alcanzar las zonas de Carbuncuyoc y Holler. Toda la zona de rocas volcánicas que enmascaran el paso de este accidente presenta una fuerte alteración argílica incluyendo zonas tan significativas como Carbuncuyoc o Quellomachay.

Por el Noreste el límite se puede situar en un lineamiento que se aprecia bien marcado en la imagen satelital y vendría ser la prolongación de la Falla Tangana que lleva un rumbo Noroeste. Este lineamiento delimita afloramientos volcánicos y penetra la unidad litoestructural de las rocas sedimentarias, siendo en este lugar donde se produce el giro de su traza. Cruza la quebrada del Río Huachocolpa a la altura de Chunomayo. Por el Noroeste, el límite llega hasta Arcopunco más el sistema de vetas Tangana. A escala distrital la zonación individual de cada depósito mineral se basa en la relación magmático hidrotermal con las estructuras que controlaron la ubicación de las vetas o cuerpos mineralizados. La distribución de Ag con contenido aurífero se ubica hacia el borde Suroeste del distrito relacionado a la ocurrencia de intrusivos. La franja central del distrito acumula los yacimientos de Pb-Zn+Cu asociado a sistemas tipo alta sulfuración y cuerpos intrusivos de naturaleza intermedia.

- Sílice – Alunita Vetas Polimetálicas Zn-Pb-Ag -Au
- Arcopunco ----- Tinquicorral
- Sílice – Alunita Vetas Polimetálicas Zn-Pb-Ag
- La Central ----- Caudalosa Chica y Recuperada
- Hallazgo ----- Hallazgo polimetálico
- Carbuncuyoc ----- Esperanza
- Intrusivos Vetas Polimetálicas Zn-Pb-Ag (Au)
- Huamanripayoc ----- Pirata, Mauricio y Positiva
- Huáscar ----- Vetas polimetálicas
- Intrusivos Vetas Polimetálicas Ag-Pb-Zn-Au-
- Palomo ----- Vetas Palomo
- Escondida ----- Escopeta, Carmela y Mary Luz.

1.2.7. Litología

La litología fragmental de naturaleza andesítica agrupa dos unidades litológicas: tufo de cristales y tufo de líticos con pseudo estratificaciones en dirección N 50° E, 15° NW de buzamiento, ambas litológicas cubren gran parte de la superficie del proyecto, en proyección hacia el W, éstas se encuentran claramente una sobre otra, predominando en la parte superficial los tufos de líticos. Los niveles de tufo de cristales, por sectores tiene apariencia de lava por la soldadura de su matriz. La segunda unidad fragmental, presenta mixtura entre líticos poligénicos y fenocristales anhedrales de plagioclasas menor hornblenda y biotita. La matriz que soporta los fenocristales y líticos tiene naturaleza cinerítica. La litología hipabisal conjuntamente con las rocas volcánicas que hospedan las estructuras mineralizas y que claramente se diferencian en la zona W de la Veta Poderosa se encuentran afectadas por alteración fílica, argílica, argílica intermedia, cloritización y propilitización; las dos últimas con disseminación.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera el análisis geo mecánico y la selección del método de explotación determinara el minado de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización se podrá determinar la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.?
- b) ¿Con la selección del método de explotación se podrá determinar el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Con el análisis geo mecánico y la selección del método de explotación se determina el minado de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) El análisis geo mecánico de la zona de profundización se determina la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.
- b) Con la selección del método de explotación se determina el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación desde un punto de vista para minar la profundización del yacimiento es muy importante y necesario el estudio geo mecánico, a partir de la observación, descripción y evaluación de las condiciones naturales que caracterizan a la estructura mineralizada y su entorno físico, así como del dimensionamiento del yacimiento, es necesario seleccionar y analizar un método de explotación adecuado. Este debe permitir alcanzar niveles elevados de producción con costos controlados, garantizando al mismo tiempo la seguridad en las operaciones. Asimismo, la evaluación de su aplicación debe generar información y experiencias útiles que contribuyan al desarrollo de futuros 19 proyectos dentro del yacimiento. La importancia de este estudio radica en la aplicación de una metodología sistemática, sustentada en la realización de ensayos geomecánicos y en la incorporación de criterios técnicos orientados a la selección de un método de explotación que combine eficiencia operativa y condiciones adecuadas de seguridad. Asimismo, el análisis detallado de su implementación en el cuerpo mineralizado permitirá generar información técnica y experiencia operativa, que servirán como base y referencia para el desarrollo de futuras actividades dentro del yacimiento.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Para todo el proceso de la investigación no se tuvo limitaciones para obtener la información necesaria; Una de las limitaciones es la escaso conocimiento y capacitación de los operarios, en mayoría son no calificado para la aplicación de métodos de explotación que utilicen las técnicas del ciclo de minado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales

- **Aguilar, D. & Cercado, I. (2020).** En su tesis “Determinación del método de explotación Subterránea en la Concesión minera Alta Gracia - 2020”, El presente estudio tiene como finalidad caracterizar las propiedades geométricas y geomecánicas del yacimiento, así como de las rocas encajonantes, con el propósito de definir el método de explotación subterránea más adecuado y establecer las bases para su diseño. La población de estudio corresponde a la concesión minera Alta Gracia, mientras que la muestra está representada por el afloramiento de la veta de hierro. Para ello, se llevó a cabo una evaluación geométrica que incluyó el análisis de la forma del cuerpo mineralizado, la medición de su potencia e inclinación, así como la distribución de las leyes. Se tomaron muestras en tres puntos clave a lo largo de la veta para la evaluación

geomecánica. Posteriormente, se utilizó el método numérico de Nicholas para analizar los datos. Según la evaluación geométrica, el yacimiento mineral es una veta tabular, de espesor reducido, con buzamiento intermedio y una distribución de ley uniforme. Los valores promedio obtenidos en la evaluación geomecánica fueron de 0,58 MPa para el muro inferior, 1,03 MPa para el muro superior y 2,47 MPa para la estructura mineralizada. El espaciamiento entre fracturas varía entre rangos amplios y reducidos, mientras que la resistencia de las discontinuidades se presenta en niveles bajos a medios. En función de la geometría de la veta y de las características geomecánicas tanto del mineral como de la roca de techo y de piso, se concluye que el método de explotación por Corte y Relleno Ascendente resulta técnicamente viable para la extracción de la veta de hierro en la concesión minera Alta Gracia.

- **Huayta, H. (2019).** En su tesis “selección y análisis del método de explotación para el minado del manto intermedio en la Cía. Minera Pachapaqui S.A.C.” El principal problema identificado en la Unidad Minera Pachapaqui es la selección del método de explotación más adecuado para el Manto Intermedio y las demás estructuras presentes en la operación. En este contexto, la investigación se enmarca dentro de la ciencia aplicada, debido a su orientación práctica y a la posibilidad de que sus resultados sean utilizados como referencia en otros proyectos mineros. De manera complementaria, se plantean como aspectos específicos evaluar en qué medida un estudio geomecánico del área contribuye a una adecuada elección del método de explotación; analizar la pertinencia del método seleccionado para su aplicación en el Manto Intermedio; y determinar cómo un análisis económico-financiero consistente respalda la viabilidad de su implementación. El objetivo principal del estudio

es definir el método de explotación más adecuado para el minado del Manto Intermedio en la U.M. Pachapaquí, sustentado en un análisis geomecánico del área de interés. Asimismo, se busca establecer una base técnica que respalde la aplicación del método seleccionado en dicho manto y, finalmente, se desarrolla un análisis económico-financiero orientado a verificar la rentabilidad del proyecto.

b) Antecedentes internacionales

- **Flores, V. & Niemes, M. (2021).** En tu tesis de nombre “Diseño del método de explotación de un cuerpo mineralizado en subniveles para conexión con frente de avance en el proyecto Minero Bosque de Oro” Se determina que la Empresa Minera Bosque de Oro S.A., situada en el sector San Salvador del cantón Camilo Ponce Enríquez, mantiene la titularidad sobre labores mineras antiguas derivadas de actividades artesanales informales. En la actualidad, la extracción se encuentra paralizada debido a la precariedad de la infraestructura existente y a la ausencia de un sistema de minado que se ajuste a las particularidades geológicas y a las condiciones geotécnicas detectadas en el área. El objetivo de este estudio de investigación es proporcionar un plan de explotación minera para un recurso mineral ubicado en antiguos subniveles. Para aumentar la producción diaria y reducir los gastos operativos, esto se logrará mediante la planificación y el diseño de la mina. En este estudio se consideran vetas auríferas con espesores entre 0,8 y 1,50 metros, buzamientos entre 20 y 55 grados, y elevaciones entre 1361,45 metros sobre el nivel del mar y la superficie. Para detectar la presencia de cuerpos mineralizados en las antiguas galerías y determinar las propiedades geométricas y geotécnicas del yacimiento, la técnica de estudio consistió en la recopilación de datos de la

antigua mina mediante visitas de campo. Se identificó la estrategia de extracción que mejor se ajustaba a las características geológicas de la reserva mineral utilizando el proceso de selección de Nicholas. Luego, empleó aplicaciones como AutoCAD y Datamine para analizar digitalmente los datos, creando un mapa topográfico en 2D y un modelo en 3D de "Mina Vieja" que predice el comportamiento de la veta y el procedimiento de extracción futuro.

- **Ampuero, J. & Loyaga, B. (2018).** En su tesis presentada a la Universidad de Azuay “Diseño de un método de explotación dentro de la concesión minera Asonambile”. El presente trabajo tiene como finalidad optimizar y tecnificar la etapa de explotación en la concesión Asonambile, mediante la aplicación de un método de minado definido a partir de la evaluación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso y su respectiva clasificación según calidad. Con base en este análisis, se identificaron las características geométricas de la mineralización presente en la concesión, lo que permitió establecer que el método de Cámaras y Pilares es el más adecuado desde el punto de vista técnico. En consecuencia, se procedió al diseño de los pilares de sostenimiento y a la configuración de las cámaras de explotación.

2.2. Bases Teóricas - científicas

2.2.1. Análisis del yacimiento para la selección de un método de explotación

Al momento de seleccionar un método de explotación, es fundamental considerar diversos factores que condicionan la aplicación de las distintas técnicas disponibles. Para ello, se requiere disponer de información detallada del yacimiento, la cual permita establecer un punto de partida sólido para el análisis. Entre los principales aspectos a evaluar se pueden mencionar los siguientes factores.

2.2.2. Geología del yacimiento

Hace referencia a las características geológicas tanto del mineral como de la roca encajonante. En este sentido, el estudio geológico debe proporcionar información relevante que permita comprender aspectos como:

- Determinación precisa de las reservas disponibles en el yacimiento.
- Identificación de los principales tipos de roca presentes.
- Reconocimiento de las zonas de alteración, tanto superficiales como internas.
- Análisis de las estructuras geológicas más relevantes y de los principales accidentes tectónicos.

Como criterio para la extensión del estudio en sentido horizontal, se recomienda mantener una relación entre la profundidad del yacimiento y el límite del entorno. En el caso de explotaciones subterráneas, esta relación suele aproximarse a 1:2, mientras que para métodos de explotación superficial se sitúa en un rango de 1:3 a 1:4.

2.2.3. Geometría del yacimiento

La geometría del yacimiento está definida por su configuración general, el espesor del cuerpo mineralizado, su buzamiento y la profundidad a la que se encuentra. En función de estos aspectos, se establecen los criterios que deben considerarse para la selección del método de explotación más adecuado

Forma

- Equidimensional o masivo: Esta geometría se caracteriza por presentar dimensiones similares en todas las direcciones del espacio, sin una elongación preferencial.
- Tabular: Esta geometría se define cuando dos de sus dimensiones predominantes superan significativamente a la tercera (espesor o potencia).
- Irregular: Esta morfología se presenta cuando las dimensiones del cuerpo mineralizado fluctúan de manera drástica en distancias muy cortas.

Potencia del mineral

- Estrecha: Menor a 10 m
- Intermedia: Entre 10 y 30 m
- Potente: Entre 30 y 100 m
- Muy potente: Superior a 100 m

Inclinación

- Echado: Menor a 20°
- Intermedio: Entre 20° a 55°
- Inclinado: Superior a 55°

Profundidad desde la superficie

- Pequeña: Menor a 150 m
- Intermedia: Entre 150 a 600 m
- Alta: Superior a 600 m

2.2.4. Distribución de leyes

La distribución de leyes, entendida como la concentración del mineral de interés dentro del yacimiento, puede clasificarse técnicamente de la siguiente manera:

- Uniforme: La ley se mantiene prácticamente constante a lo largo del cuerpo mineralizado, presentando solo ligeras variaciones. Esta condición favorece el control de calidad y facilita la planificación de la producción.
- Gradual o diseminado: Se caracteriza por una variación progresiva y predecible, donde las zonas de mayor ley transicionan de forma continua hacia sectores de menor concentración o hacia la roca estéril, sin cambios abruptos.
- Errática: Presenta variaciones bruscas de ley en distancias muy cortas. Esta alta irregularidad dificulta el muestreo, la estimación de reservas y la selección de métodos de explotación con adecuada selectividad.

2.2.5. Características geomecánicas

El comportamiento geomecánico de los diversos materiales se rige, esencialmente, por tres factores determinantes: la tenacidad de la matriz rocosa, la densidad de discontinuidades (frecuencia de fracturamiento) y la resistencia al corte de las estructuras presentes. La evaluación conjunta de estas variables permite proyectar de forma preliminar la respuesta del macizo rocoso ante los esfuerzos derivados de la actividad minera.

La competencia del macizo rocoso se establece a partir de la relación entre su capacidad resistente y la carga litostática que actúa sobre él. Desde el punto de vista técnico, este parámetro se determina mediante el cociente entre la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) y el esfuerzo vertical generado por el peso de la columna de roca suprayacente. A su vez, este esfuerzo de confinamiento se calcula en función de la profundidad de la excavación y del peso específico del material que constituye el recubrimiento.

El espaciamiento de las fracturas puede expresarse ya sea como el número de discontinuidades por metro o mediante el índice RQD. Este último corresponde al porcentaje de fragmentos de testigo que presentan longitudes mayores a 10 cm dentro de cada metro perforado.

La resistencia de las discontinuidades está asociada a las condiciones que presentan estas superficies, tales como su estado de conservación y el tipo de material de relleno que contienen. La factibilidad de los sistemas de explotación está supeditada a la competencia mecánica del cuerpo mineralizado y de las rocas de caja para mantener la estabilidad de las excavaciones sin refuerzo, así como a la eficiencia de las técnicas empleadas para brindar sostenimiento a los espacios generados. En este contexto, la mecánica de rocas analiza la interacción entre los esfuerzos internos y los

requerimientos de soporte; aunque se considera una disciplina de carácter empírico-analítico, constituye un instrumento indispensable para la selección técnica del método de minado óptimo.

La competencia mecánica del cuerpo mineralizado, del macizo rocoso y de las rocas encajonantes constituye un factor determinante en la selección del sistema de explotación, el diseño geométrico de las labores y la evaluación de la estabilidad propia de las excavaciones. Sin embargo, este comportamiento no depende únicamente de la resistencia del material, sino que está estrechamente influenciado por las características estructurales del macizo, así como por la orientación y disposición espacial de las labores subterráneas.

En este contexto, a continuación, se presentan los principales parámetros geomecánicos que deben considerarse para la elección del método de explotación:

Resistencia del macizo rocoso

Relación entre la resistencia a la compresión simple del material (MPa) y la presión ejercida por el recubrimiento (MPa).

- Pequeña: Menor a 8
- Media: Entre 8 y 15
- Alta: Mayor a 15

Espaciamiento entre fracturas

Fracturas/m	RQD (%)	
• Muy pequeño	>16	0-20
• Pequeño	10-16	20-40
• Grande	3-10	40-70
• Muy grande	3	70-100

Resistencia de las discontinuidades

- Pequeña: Discontinuidades con superficies limpias y lisas o con material de relleno de consistencia blanda.
- Media: Discontinuidades que presentan superficies limpias con una textura rugosa, lo que aumenta la fricción entre los planos.
- Grande: Las discontinuidades se encuentran rellenas con un material cuya resistencia es igual o incluso superior a la de la roca intacta.

2.2.6. Métodos de determinación del método de explotación

El proceso de explotación debe orientarse a lograr altos niveles de producción, maximizar la recuperación del mineral y minimizar la dilución, sin descuidar las condiciones de seguridad tanto laboral como ambiental. Para evaluar la viabilidad de un método de extracción en la veta intermedia, resulta fundamental contrastar las características del yacimiento con los requerimientos propios de cada alternativa de minado. En este sentido, el método que mejor se ajuste a dichas condiciones no solo debe ser técnicamente factible, sino también respaldado por un análisis económico que sustente su aplicación. económicamente.

A. Boshkov And Wright (1993)

Este enfoque se fundamenta en el reconocimiento de variables críticas como la potencia, el buzamiento y la competencia mecánica tanto del cuerpo mineralizado como de las rocas encajonantes, con el fin de establecer analogías en escenarios técnicos similares. No obstante, su empleo como único estándar de referencia no asegura la efectividad del sistema de minado, puesto que omite factores adicionales de gran relevancia que condicionan la selección técnica final.

Tabla 2. Método de selección de explotación

Type of Ore Body	Dip	Strength of Ore	Strength of Walls	Commonly Applied Methods of Mining
Thin beds	Flt	Stg	Stg	Open stopes with casual pillars Room and Pillar Longwall
		Wk or Stg	Wk	Longwall
Thick beds	Flt	Stg	Stg	Open stopes with casual pillars Room and Pillar
		Wk or Stg	Wk	Top slicing Sublevel caving
		Wk or Stg	Stg	Underground glory hole
Very thick beds				Same as for masses
Very narrow veins	Stp	Stg or Wk	Stg or Wk	Resuing
	Flt			Same as for thin beds
Narrow veins	Stp	Stg	Stg	Open stopes Shrinkage stopes Cut and fill stopes
			Wk	Cut and fill stopes Square set stopes
			Stg	Open underhand stopes Square set stopes
		Wk	Stg	Top slicing Square set stopes
			Wk	Square set stopes
Wide veins	Flt			Same as for thick beds or masses
	Stp	Stg	Stg	Open underhand stopes Underground glory hole Shrinkage stopes Sublevel stoping Cut and fill stopes Combined methods
			Wk	Cut and fill stopes Top slicing Sublevel caving Square set stopes Combined methods
		Wk	Stg	Open underhand stopes Top slicing Sublevel caving Block caving Square set stopes Combined methods
			Wk	Top slicing Sublevel caving Square set stopes Combined methods
Masses		Stg	Stg	Underground glory hole Shrinkage stopes Sublevel stoping Cut and fill stopes Combined methods
		Wk	Wk or Stg	Top slicing Sublevel caving Block caving Square set stopes Combined methods

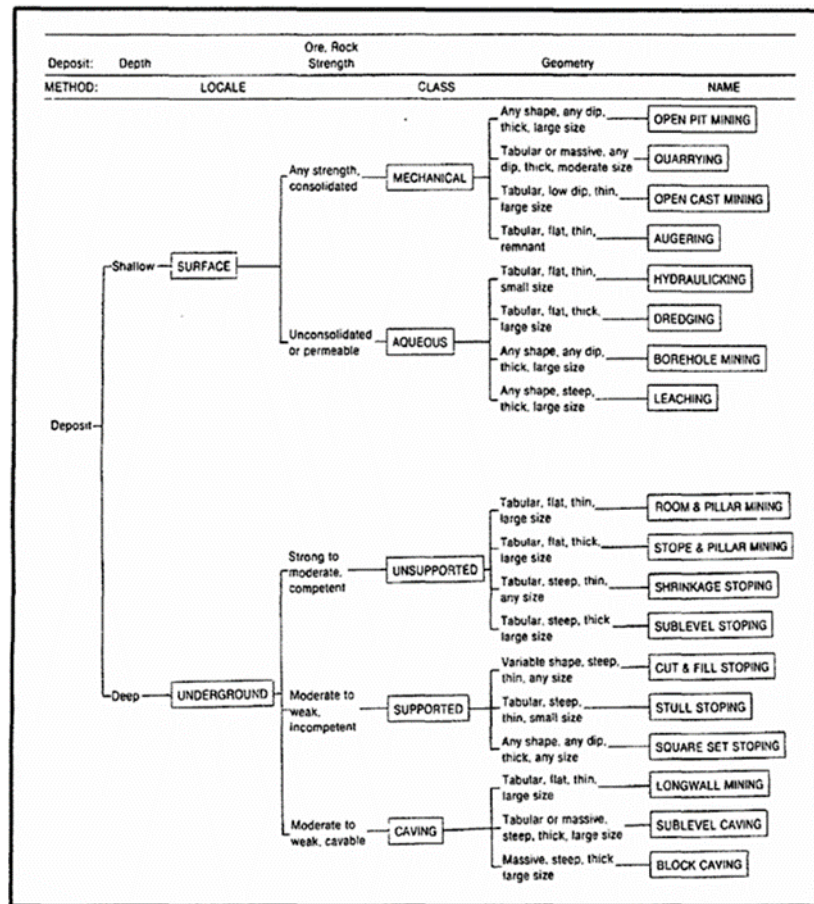
Wk = weak; Stg = strong; flt = flat; stp = steep

Fuente: Boshkov and Wright (1993)

B. Harman (1987)

Se desarrolla un procedimiento sistemático para la selección del sistema minero basado en la morfología y los factores geomecánicos presentes. Este marco metodológico es comparable al de Boshkov y Wright, pero utiliza criterios técnicamente más detallados.

Tabla 3. Método Harman



Fuente: Harman (1987)

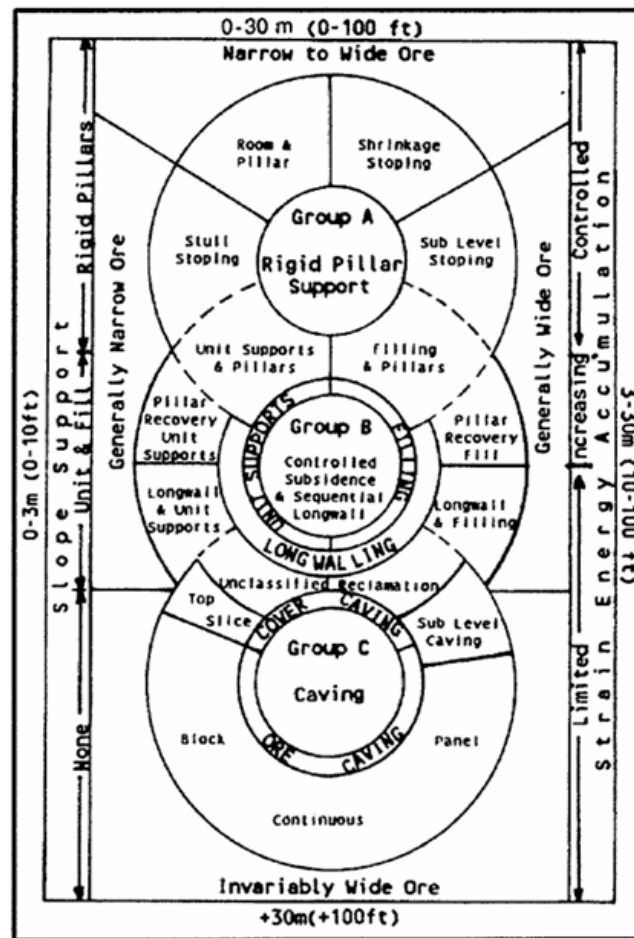
C. Morrison (1976)

Divide los procesos de minería subterránea en tres categorías:

- Soporte con Pilares rígidos
- Control de hundimientos
- Derrumbe.

Utiliza definiciones amplias para resistencia, tipo de soporte y energía de tensión acumulada. Esta categorización puede servir como primer paso y abarca tanto la minería a cielo abierto como la subterránea.

Tabla 4. Método Morrison



Fuente: Morrison (1976)

D. Laubscher (1981)

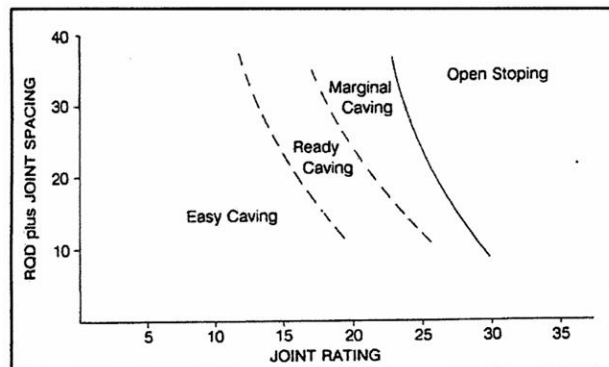
Este planteamiento se sustenta en los esquemas de valoración del macizo rocoso, los cuales han sido adaptados para integrar las variaciones en la competencia del material derivadas de la extracción minera. Dicha metodología jerarquiza la evaluación del block caving respecto a los sistemas de stoping, otorgando relevancia crítica a la capacidad de hundimiento. Para este análisis, se emplean esencialmente dos variables:

- Grado de fracturamiento del macizo rocoso, evaluado mediante el RQD y el espaciamiento de las juntas.

- Características de las discontinuidades, considerando aspectos como el tipo de relleno y las condiciones de presencia de agua, entre otros.

En este enfoque, las juntas constituyen el principal factor de control, siendo determinantes en el comportamiento de hundimiento del macizo.

Tabla 5. Método Laubscher



Fuente: Laubscher (1981)

E. Nicholas (1981)

La metodología propuesta por Nicholas establece la evaluación de la viabilidad de un sistema de explotación mediante una jerarquización numérica basada exclusivamente en criterios cuantitativos, conocida formalmente como Procedimiento Numérico de Selección.

2.2.7. Métodos de explotación

Este procedimiento se basa en la extracción del valor mineral contenido en el macizo rocoso a través de la ejecución ordenada de operaciones unitarias, como perforación, voladura y acarreo. Para ello, se articula el conocimiento científico con la aplicación tecnológica, con el propósito principal de optimizar el rendimiento económico de la operación.

A. Clasificación de los métodos

Una primera clasificación de los métodos de explotación se establece en función de si la operación se desarrolla en superficie o en labores bajo el nivel del terreno. De acuerdo con este criterio, se diferencian:

- Sistema de explotación tajo abierto (open Pit).
- Sistema de explotación subterránea.

2.2.8. Métodos de explotación a cielo abierto

Dentro de los métodos de explotación a cielo abierto, se pueden reconocer los siguientes:

- Cielo o tajo abiertos. Esta técnica se emplea específicamente en la extracción de yacimientos de metales básicos y preciosos, siempre que el entorno geológico y las propiedades geomecánicas del macizo resulten propicias para su implementación.
- Cantera, este término se utiliza para referirse a la extracción de recursos minerales que pueden emplearse directamente en procesos industriales, entre los que destacan materiales como la caliza, la sílice y diversas rocas utilizadas en la construcción.
- Lavaderos o placeres, Esta modalidad consiste en la intervención de depósitos aluviales ubicados en antiguos cauces fluviales o zonas costeras, orientada a la recuperación de oro, gemas u otros elementos de valor económico mediante el procesamiento de arenas y gravas.
- Se consideran métodos no convencionales para la extracción de recursos específicos. Entre ellos, destaca la lixiviación o extracción por disolución, utilizada para recuperar azufre o sales mediante la inyección de un solvente y el posterior tratamiento de la solución cargada. De igual forma, se incluye la minería marina u offshore, orientada a la obtención de nódulos de manganeso depositados en el fondo oceánico.

2.2.9. Métodos de explotación subterránea

La gestión del vacío generado tras la extracción mineral constituye el criterio principal para definir los procesos de minería subterránea. No obstante, en la operatividad minera, es frecuente la adaptación e integración de distintos enfoques, debido a que las características geológicas de los yacimientos difícilmente coinciden de forma exacta con los parámetros ideales de un solo método de explotación.

A. Métodos sin soporte

Con estas técnicas, el mineral se extrae mientras la cavidad que ocupaba permanece vacía. Para que esto sea factible, la entrada debe requerir poco refuerzo o ser intrínsecamente estable (autoportante).

Una vez finalizadas las actividades mineras, estas aberturas permanecen desocupadas.

- Camaras y Pilares.
- Stope and Pillar.
- Shrinkage Stopping.
- Sublevel Stopping.
- Vertical Crater Retreat.

B. Métodos con soporte

Para mantener estables las aberturas es necesario usar algún tipo de fortificación y/o se rellenan con algún material exógeno.

- Cut and Fill Stopping
- Square Set Stopping
- Back filling Methods
- Bench and Fill Stopping

C. Métodos de hundimiento

Esto implica utilizar el material de recubrimiento el mineral durante las operaciones mineras y la roca estéril una vez finalizada la extracción para rellenar los espacios que deja el mineral extraído. La extracción del mineral se produce simultáneamente con el hundimiento y el posterior relleno de los huecos.

- Longwall Mining
- Sublevel Caving
- Block Caving
- Panel Caving

2.2.10. Función de producción y costos

Los costos se determinan asignando valores a los parámetros de producción según la cantidad de producto y los resultados durante un período determinado.

Toda empresa minera calcula el punto de equilibrio para controlar sus gastos e ingresos por ventas. Para calcular este punto, se puede utilizar la siguiente relación:

El costo total de extracción de metal para el cliente es igual a las toneladas de minerales producidas.

Al igual que con el presupuesto operativo, el precio se fija en función de la demanda del cliente.

Los ingresos de una empresa minera se ven afectados por los costos variables. Esto se logra calculando el punto de equilibrio mediante un análisis de costo-beneficio.

Los costos variables influyen en los ingresos de una empresa minera. Esto se logra

mediante un análisis de costos y ganancias para determinar el punto de equilibrio.

El análisis de costos se realiza con el objetivo de evaluar las ganancias derivadas

de los cambios en

- Los precios establecidos para la venta.
- Las cantidades definidas en el proceso de negociación.
- Los costos fijos y los costos cambiantes.

Verificar estos vínculos permite estimar gastos y reformular el control y programación de costos en términos de gestión y procesos.

2.3. Definición de términos básicos

Beneficio

Son serie de procesos para poder concentrar la parte valiosa del mineral.

Botadero

Lugar donde se coloca los desechos o desmonte.

Indicadores

Un instrumento utilizado para demostrar o sugerir algo. Un cuantificador es un proceso que permite cuantificar una dimensión mental y, al utilizarse, genera un número. Se utiliza frecuentemente para comparar el rendimiento en diferentes períodos de tiempo.

Rendimiento

Hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad económica.

Eficacia

Es una métrica que evalúa el nivel de conformidad con los objetivos de la organización sin tomar en consideración los costos.

Eficiencia

Este agente sirve para poder evaluar los costos por unidad de servicio o bienes producidos.

Carguío

Es la actividad que consiste en llenar un equipo ya fuese con mineral o desmonte, puede ser mediante scoop o cargador frontal.

Echadero

Es una labor vertical usada como acceso de transporte de un nivel a otro de forma más rápida y económica.

Esponjamiento

Aumento del volumen de la roca insitu debido a su deformación, se mide en porcentaje.

Impacto Ambiental

Es un proyecto manuscrito con finalidad de analizar los impactos que generarían las actividades mineras.

Explotación

Actividad realizada en la industria minera que consiste en extraer el mineral.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con el análisis geo mecánico y selección del método de explotación se determinará el minado de profundización en la empresa de Explotación Minera Chonta S.A.C

2.4.2. Hipótesis específicos

- a) Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización se determina la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.
- b) Con la selección del método de explotación se determina el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

X: Análisis geo mecánico y método de explotación

2.5.2. Variable dependiente

Y: minado en profundización.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 6. Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Análisis geo mecánico y método de explotación	El análisis geomecánico del yacimiento podrá determinar las características físicas de los minerales y cajas encajonantes el que permitirá determinar la selección del método de explotación en las labores de la minera	Análisis geo mecánico	RMR Geología subterráneo Superficial	dureza Característica
			Método de explotación		característica
					característica
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: minado en profundización	Una vez que se conoce las características de los minerales y rocas encajonantes del yacimiento se realizara el minado de la profundización de la minera siendo de manera superficial o subterráneo obteniendo la mayor eficiencia y productividad en las actividades y proceso de extracción de los minerales.	convencional	Equipo	capacidad
				Servicios	Adimensional
			Mecanizado	Equipo Servicios	capacidad adimensional

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

En función de los objetivos planteados en el proyecto, la investigación se enmarca dentro del enfoque aplicado, orientándose a los niveles descriptivo, correlacional y explicativo.

Se ajusta en entornos estrictamente controlados para determinar la fuente de productividad.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación del estudio es descriptivo y se centra en identificar los parámetros geo mecánicos y métodos de explotación. También cuenta con un nivel de relación, se utiliza para evaluar el grado de vinculación entre las variables.

3.3. Métodos de la investigación.

Se considera dos grandes grupos de métodos de investigación, los métodos lógicos y los métodos empíricos. De acuerdo con lo mencionado establecemos el método de investigación a emplear en nuestra investigación el método lógico,

inductivo, sintético y de análisis, asimismo se emplea el método empírico mediante la observación investigativa.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, transeccional, descriptivo y correlacional. En este sentido, se parte de una línea base de datos que permite describir los resultados obtenidos al aplicar el método de explotación en el minado en profundización.

3.5. Población y muestras

3.5.1. Población

La población está conformada por los cuerpos y vetas de la explotación minera Chonta

3.5.2. Muestra

Para la investigación se ha considerado el análisis geo mecánico y la selección del método de explotación del nivel 3900.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

- **Recopilación de información**

La información se obtuvo de manera directa a partir de proyectos relacionados con el análisis geomecánico y la selección del método de explotación en la actividad minera.

- **Observación directa**

Se realizaron observaciones directas de los procesos involucrados y de los resultados obtenidos durante la aplicación del método de explotación seleccionado.

- **Información bibliográfica**

Se utilizó la técnica de lectura de textos para tener un mejor entendimiento acerca de técnicas en análisis geo mecánico y el proceso de determinar el método de explotación.

3.6.2. Instrumentos.

Instrumentos de recolección de datos.

- **Materiales**

- Procesos de proyecto de análisis geomecánico
- Informes de proyectos de selección de métodos de explotación
- Diseños de procesos de minado de extracción de minerales
- Formatos de reporte de análisis geo mecánico
- Formatos de reporte de selección del método de explotación

- **Equipos**

- Computadora
- Equipo de captación de gases
- Picota
- Cámara Fotográfica
- - Wincha

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el tratamiento de la información, se procedió primeramente con la estructuración, organización y transcripción de los datos obtenidos en campo. Acto seguido, se utilizó la herramienta Excel para ejecutar el análisis técnico, consolidar la base de datos y sistematizar los indicadores y hallazgos a través de tablas y gráficos dinámicos.

3.8. Tratamiento estadístico

Para la fase inicial del análisis, se utilizan métodos estadísticos descriptivos, como el cálculo de frecuencias relativas y absolutas, la elaboración de tablas de contingencia, histogramas y gráficos de barras. Estos métodos permiten organizar y examinar la base de datos y comprender los parámetros obtenidos para extraer conclusiones del estudio.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Basándonos en estudios e informes previos para la recopilación de datos, la metodología de este estudio es completamente original y autónoma. Asimismo, la bibliografía incluye una lista de las fuentes consultadas. Por último, este estudio es único y se realizó en cumplimiento de la ética profesional, respetando los estándares, valores y directrices que debe seguir la investigación. Quiero dejar claro que mi experiencia en la mina Chonta fue lo que motivó este estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Primeramente, se realizó el estudio geo mecánico de la zona de profundización nivel 3900 de la unidad minera para conocer y obtener los parámetros del yacimiento del mineral que van a determinar la selección óptima del método de explotación.

4.1.1. Caracterización geomecánica

A. Aspectos litológicos

Las características litológicas del macizo rocoso de la zona de profundización, presenta en la caja techo calizas grises de formación Pariahuanca y la caja piso calizas con horizontes skamizados; De acuerdo con lo analizado, en el sector de profundización se identificó que la parte superior está conformada por calizas de tonalidad gris, mientras que en la parte inferior se desarrolla el skarn. A mayor distancia en el piso, se emplaza el cuerpo intrusivo de composición granodiorítica.

B. Distribución de discontinuidades

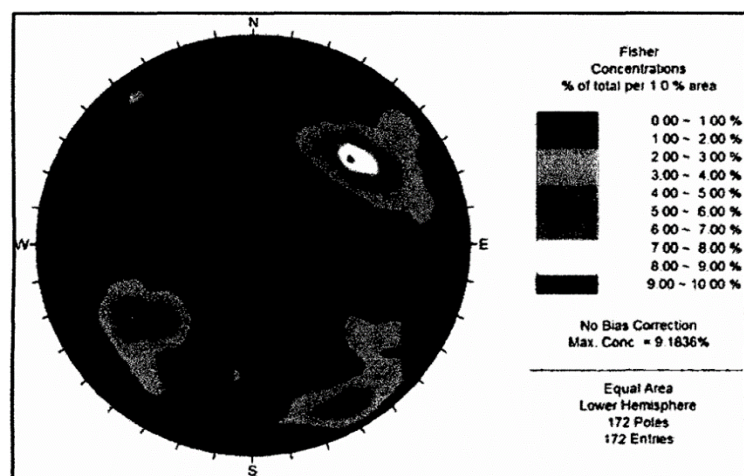
Con el propósito de determinar las características de distribución de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso, los datos fueron procesados mediante el empleo de técnicas estereográficas, haciendo uso de la versión avanzada del software DIPS, desarrollado por E. Hoek en el grupo de Ingeniería de Rocas perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto, Canadá. La interpretación de los datos estructurales fue llevada a cabo considerando principalmente las fallas identificadas, las cuales se encuentran representadas en los planos geológicos elaborados, incorporando además la información registrada en el marco del presente estudio. Los resultados obtenidos se sintetizan en la Tabla 6.

Tabla 7. *Sistemas de discontinuidades estructurales*

Cuerpo mineralizado	Descripción	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Discontinuidades Mayores (fallas)	Rb/Buzamiento	N42°W/60°SW	N32°W/68°NE	N67°W/73°NW
	Dir. de Buz./Buz	228°/60°	058°/68°	337°/73°
Discontinuidades menores	Rb/Buzamiento	N38°W/58°SW	N37°W/54°NE	N57°E/71°NW
	Dir. de Buz./Buz	232°/58°	053°/54°	327°/71°

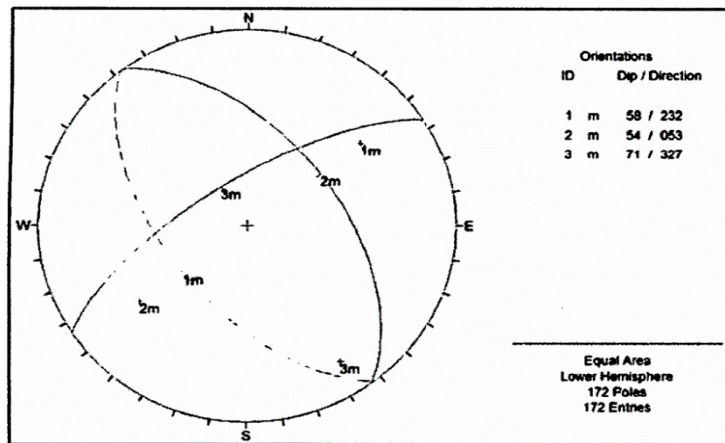
Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Figura 4. *Estereografía de contornos de discontinuidades*



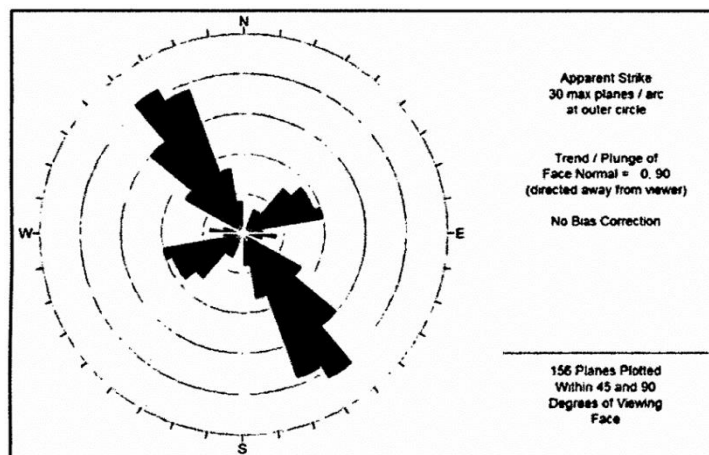
Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Figura 5. *Estereografía de planos principales de discontinuidades*



Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Figura 6. *Roseta del compuesto de discontinuidades*



Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

El análisis de la información recopilada revela que la configuración estructural del macizo rocoso vinculado a la zona de profundización presenta un alto grado de homogeneidad, evidenciándose una estrecha correspondencia entre las orientaciones de la estratificación, las fallas y las vetas. Se identificaron tres sistemas principales de discontinuidades.

- El Sistema 1 presenta rumbo NW y un buzamiento moderado hacia el SW. Constituye el sistema predominante, guardando estrecha relación con la orientación de las zonas mineralizadas superior, intermedia y Matter, así como con la disposición de la estratificación y las fallas.

- El Sistema 2 presenta rumbo NW y un buzamiento moderado hacia el NE. Su dirección es paralela al Sistema 1, diferenciándose por presentar un buzamiento en sentido opuesto. Este sistema está conformado por diaclasas y fallas.
- El Sistema 3 posee rumbo NE y un buzamiento elevado hacia el NW. Su dirección se dispone de manera perpendicular respecto a los dos sistemas precedentes. Está integrado principalmente por diaclasas y en menor proporción por fallas, constituyendo el sistema de menor relevancia en comparación con los anteriores.

Es importante señalar que la información estructural correspondiente a las fallas fue obtenida a partir de los planos geológicos de los niveles 3260, 3275 y 3290, elaborados por el departamento de geología de la unidad minera.

C. Aspectos estructurales

Las características estructurales se establecieron mediante tratamiento estadístico de los mapeos geotécnicos fueron compatibilizados con las observaciones realizadas directamente en campo. A partir de ello, se obtuvieron las principales características estructurales, tanto a nivel mayor como menor:

- Fallas

Las fallas exhiben espaciamientos que oscilan entre 2 y 5 m, estas fallas se ubican generalmente paralelas a los mantos, se encuentran vinculadas a la mineralización, conforme a lo verificado durante los trabajos de campo y en la revisión de los planos geológicos correspondientes. Las fallas presentan relleno compuesto por

materiales de panizo, brechas, arcilla y materiales oxidados, con espesores que varían entre 10 y 40 cm. Las aperturas registradas son inferiores a 6 mm, las superficies se caracterizan por ser lisas y exhibir espejos de falla; asimismo, estas estructuras actúan como vías de circulación del agua subterránea.

- **Estratos**

La característica estructural registra espaciamientos que oscilan entre 15 y 50 cm, registrándose también espaciamientos entre 5 y 15 cm; la persistencia es superior a 10 m, con una apertura variable de hasta 1 mm. Las paredes presentan una rugosidad leve, el relleno es de naturaleza suave con presencia de arcilla y calcita, alcanzando espesores de hasta 3 mm; las paredes de los estratos se encuentran ligeramente alteradas y exhiben presencia de humedad.

- **Diaclasas**

La característica estructural presenta espaciamientos comprendidos entre 15 y 50 cm, con una persistencia de 3 a 10 m y una apertura inferior a 2 mm. Las paredes exhiben una rugosidad leve, con relleno de naturaleza suave que incluye arcilla y calcita; las paredes de las discontinuidades se encuentran ligeramente alteradas, evidenciando presencia de humedad y en ciertos sectores superficies con agua.

4.1.2. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

El criterio de clasificación de macizos rocosos de Bieniawski (RMR) se utilizó para clasificar geomecánicamente el macizo rocoso. Utilizando la frecuencia de fracturas por metro lineal como parámetro principal, los valores de designación de calidad de la roca (RQD), derivados del registro de discontinuidades lineales mediante

la relación propuesta por Priest y Hudson, se utilizaron para determinar la resistencia a la compresión de la roca intacta. El RQD fue obtenido a partir de la data del mapeo geotécnico de testigos provenientes de los sondeos diamantinos. Para la clasificación del macizo rocoso se empleó el criterio de Bieniawski (1989) modificado, cuyos parámetros de evaluación se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 8. *Clasificación de la masa rocosa.*

Tipo de roca	Rango RMR	Calidad según RMR
II	>60	Buena
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	<21	Muy Mala

Fuente: Clasificación geomecánica Bieniawski (1989)

La información utilizada para la clasificación del macizo rocoso en las zonas de evaluación fue obtenida a través del mapeo geomecánico del macizo rocoso correspondiente a la zona de profundización, complementado con los registros del mapeo geotécnico de testigos de roca provenientes de los sondeos diamantinos ejecutados por el departamento de geología de la unidad minera.

A continuación, se presenta un resumen en la tabla siguiente, donde se muestran los rangos de valores de calidad del macizo rocoso, expresados en términos del RMR, clasificados según los tipos de roca identificados en la zona de estudio. Estos rangos de los valores de RMR, pertenecen a los datos registrados en el mapeo geotécnico de la zona de profundización.

Tabla 9. *Calidad del macizo rocoso por tipo de roca*

Sector	Litología	Rango RMR	Calidad de la Masa rocosa
Zona de Mantos	Caliza	55 – 63	III A – II
	Mineral	25 – 45	IV B – IV A y III B
	Caliza (caballos)	35 – 57	IV A – III B y III A
	Skarn	37	IV A

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

4.1.3. Zonificación geomecánica del macizo rocoso

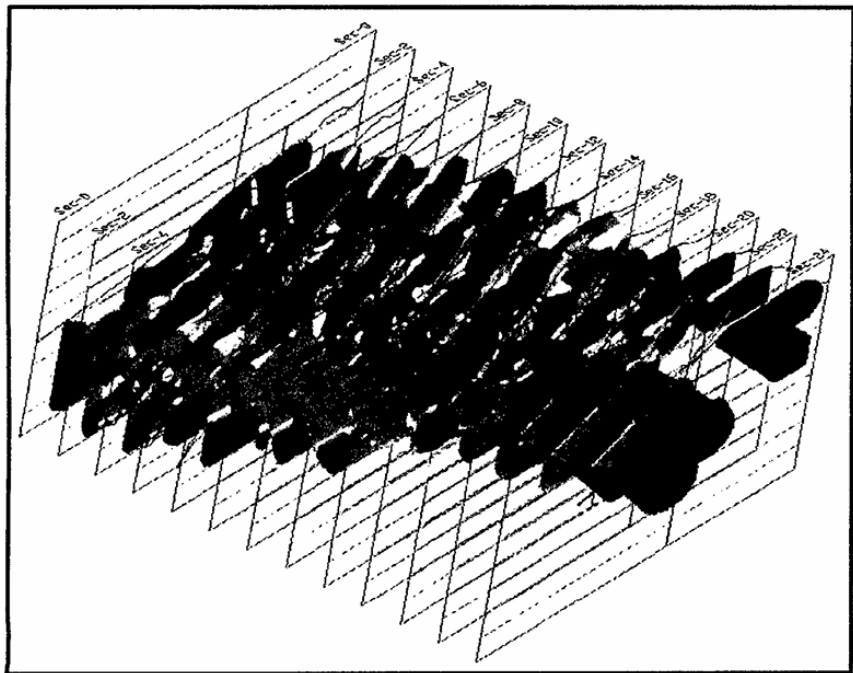
Para la aplicación de los distintos métodos de cálculo propios de la mecánica de rocas, resulta fundamental dividir el macizo rocoso en estudio en sectores con características estructurales y mecánicas homogéneas, de modo que los criterios de diseño y el análisis de resultados tengan validez en macizos rocosos que presenten propiedades físicas y mecánicas similares entre sí. Para la zonificación geomecánica del macizo rocoso se consideró los aspectos litológicos, geo estructurales y calidad del macizo rocoso. La zonificación fue ejecutada mediante el empleo de un método computarizado, a través de la generación de un modelo de bloques con el software MineSight. En las figuras subsiguientes se muestran los resultados obtenidos de la zonificación geomecánica efectuada para la zona de profundización.

Figura 7. *Vista en planta de sondajes en la zona de evaluación*



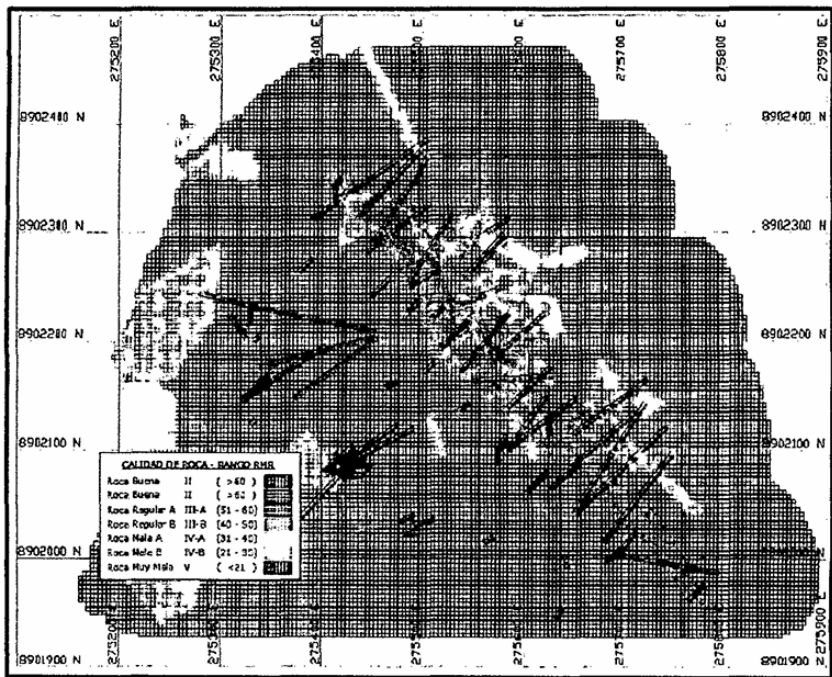
Fuente: Departamento de Geología

Figura 8. Zonificación geomecánica en 3D de la zona en evaluación



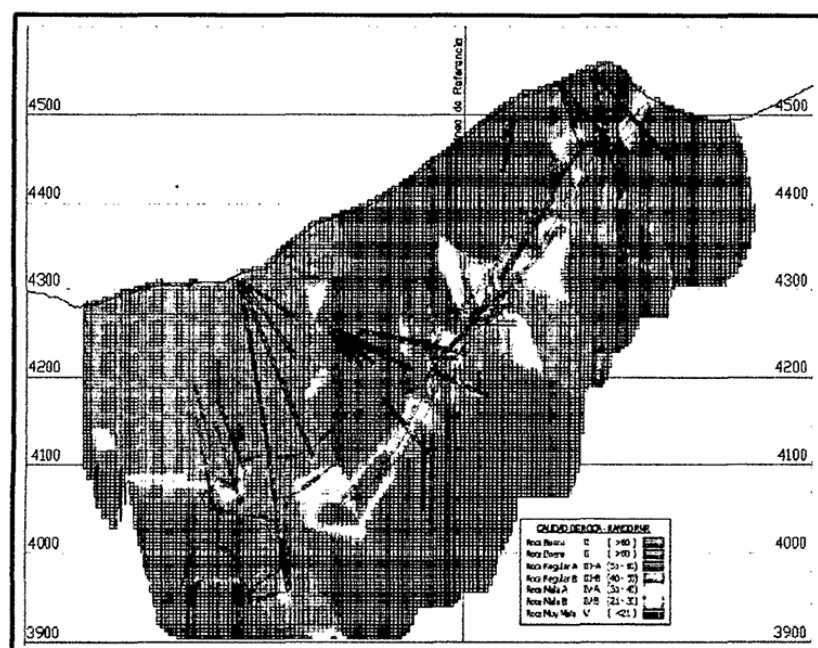
Fuente: Departamento de Geología

Figura 9. Zonificación geomecánica -Vista Planta Nv 3900



Fuente: Departamento de Geología

Figura 10. Zonificación geomecánica-Sección Transversal



Fuente: Departamento de Geología

Con la suficiente cantidad de datos del mapeo geotécnico de excavaciones subterráneas y del mapeo geotécnico de testigos rocosos de sondajes diamantinos, la zonificación con métodos computarizados es representativa de condiciones reales del yacimiento. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados.

Tabla 10. Resumen de la zonificación geomecánica en evaluación

Sector	Litología	Rango RMR	Dominio estructural
Zona de Mantos	Caliza (CT alejada)	58	DE – III A
	Caliza	55	DE – III A
	Mineral	35	DE – IV A
	Caliza (caballo)	42	DE – III B
	Skarn	40	DE – IV A
	Granodiorita (CP alejada)	58	DE – III A

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

En la tabla se aprecian los valores promedio de calidad correspondientes a cada litología, incluyendo la zona mineralizada, así como la calidad del macizo rocoso en su entorno, tanto en la caja techo como en la caja piso. Dichos valores constituyen la base para la ejecución de diversos cálculos, entre los que se incluyen el dimensionamiento de las labores mineras, la determinación y diseño del sostenimiento, el diseño de

perforación y voladura, entre otros aspectos; lo que evidencia la relevancia de llevar a cabo un adecuado estudio geomecánico y una correcta zonificación de la mina.

4.1.4. Resistencia de la roca intacta

Un parámetro fundamental para evaluar el comportamiento mecánico del macizo rocoso es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, denominada también UCS. Los valores correspondientes fueron determinados mediante los siguientes procedimientos:

Ensayos de impacto realizados con el martillo de geólogo y el martillo Schmidt de dureza, ejecutados bajo las normas establecidas por la ISRM, llevados a cabo durante el mapeo geotécnico del macizo rocoso y el mapeo de testigos provenientes de perforaciones diamantinas. Los resultados obtenidos de dichos ensayos se encuentran registrados en los formatos de mapeo geotécnico; en lo que respecta a los ensayos realizados con el martillo Schmidt, se presenta un resumen en la tabla siguiente, donde NR corresponde al Número de Rebotes registrado con dicho instrumento.

Tabla 11. Ensayos con el martillo Schmidt

Litología	Rango NR*	Rango σ_c (MPa)	Prom. σ_c (MPa)
Caliza	32 – 50	59 – 158	96
Skam	15 – 36	23 – 73	47

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Se realizaron ensayos de laboratorio en mecánica de rocas, incluyendo pruebas de carga puntual y compresión triaxial, aplicadas a probetas obtenidas a partir de testigos de sondajes diamantinos y de bloques de roca recolectados en campo. A continuación, se presentan en las siguientes tablas un resumen de los ensayos de carga puntual y un resumen de los ensayos de compresión triaxial.

Tabla 12. Ensayos de carga puntual

Sondaje	Profundidad	Litología	I_s (MPa)	σ_c (MPa)
DDH-239-11	151.15 - 151.40	Mantos	2.24	56

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Tabla 13. Ensayos de compresión triaxial

Sondaje	Profundidad	Litología	m_i	σ_c (MPa)	Cohesión (MPa)	Ángulo de fricción (°)
DDH-239-11	162.35-177.80	Caliza	14.47	127.5	8.25	36.68
DDH-204-11	184.70-189.50	Skarn	15.75	80.65	5.34	37.42
DDH-193-11	226.10-236.60	Granodiorita	26.3	120.64	9.18	41.89

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Mediante los ensayos de compresión triaxial se determinaron la resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta, los valores de la constante " m_i " correspondiente al criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2007), así como los parámetros de resistencia al corte de Mohr Coulomb, específicamente la cohesión y el ángulo de fricción, representando todos estos valores las propiedades inherentes a la roca intacta. también se han realizado ensayos de tracción indirecta por el Método Brasileiro, en la siguiente tabla se puede observar.

Tabla 14. Ensayos de resistencia a la tracción

Sondaje	Profundidad	Litología	σ_t (MPa)
DDH-239-11	162.35-177.80	Caliza	13.25
DDH-204-11UG	184.70-189.50	Skarn	6.88
DDH-193-11UG	226.10-236.60	Granodiorita	11.64

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Asimismo, para la roca intacta se realizaron ensayos de propiedades físicas, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15. Ensayos de propiedades físicas

Sondaje	Profundidad	Litología	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Densidad seca (g/cm^3)
DDH-239-11	167.80-168.50	Caliza	0.512	0.185	2.767
DDH-204-11UG	184.70-189.50	Skarn	4.294	1.445	3.055
DDH-193-11UG	226.10-226.45	Granodiorita	1.188	0.442	2.685

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

4.1.5. Resistencia del macizo rocoso

Para la estimación de las propiedades de resistencia del macizo rocoso, se empleó el criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2007), procesado mediante el

programa ROCLAB. Para ello se tomaron los valores representativos de características mostrados anteriormente de:

Se obtuvieron la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, la constante “mi” propia de la roca intacta, la densidad promedio para cada uno de los dominios estructurales identificados, así como los valores de RQD vinculados a cada uno de los referidos dominios.

Tabla 16. *Propiedades de resistencia en la zona de profundización*

Litología	σ_c (Mpa)	RQD (%)	γ (KN/m ³)	m_i	m_{mr}	s_{mr}	E_{mr} (Mpa)	ν
Caliza (CT alejada)	100	80	27	14	2.174	0.0046	19644	0.25
Caliza	80	75	27	14	1.878	0.0031	12169	0.25
Mineral	10	55	31	10	0.549	0.0002	325	0.3
Caliza (caballo)	50	65	27	14	1.051	0.0006	3539	0.26
Skarn	45	50	30	16	1.099	0.0005	2797	0.27
Granodiorita (CP alejada)	120	70	27	26	3.987	0.0046	14312	0.25

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

4.1.6. Condiciones de agua subterránea

La presencia de agua dentro del macizo rocoso influye de manera directa en la estabilidad de las labores subterráneas, ya que la presión que ejerce sobre las discontinuidades reduce la resistencia al corte y, por ende, el factor de seguridad. Por esta razón, su consideración en los análisis geomecánicos resulta fundamental.

De acuerdo con los mapeos geomecánicos realizados en las labores subterráneas, en la zona de profundización el agua se presenta generalmente en condiciones de humedad, manifestándose de forma localizada mediante superficies mojadas, goteos ocasionales y pequeños flujos. Aunque en sectores con roca de mejor calidad su incidencia no representa un problema significativo, en zonas mineralizadas de menor competencia puede afectar la estabilidad de los tajos. En este contexto, se recomienda implementar medidas de control hídrico, como el desarrollo de labores a niveles inferiores que faciliten el drenaje natural hacia dichas excavaciones.

4.1.7. Estimación del estado tensional

El esfuerzo vertical fue estimado aplicando el criterio de Hoek & Brown, tomando como referencia las profundidades máximas del área de mineralización identificada. De acuerdo con dicho criterio, los esfuerzos verticales in-situ para la zona de profundización se encuentran en el rango de 40 a 80 MPa, correspondientes a profundidades de 200 a 300 m medidas a partir del nivel 3760, siendo el sector SE el que se ubica a mayor profundidad. La constante "k", que expresa la relación entre los esfuerzos horizontal y vertical, fue estimada mediante el criterio de Sheorey (1994) para la determinación del esfuerzo in-situ horizontal, obteniéndose un valor aproximado comprendido entre 0.8 y 1.0. Con base en dichos valores, el esfuerzo horizontal resultante oscilaría entre 64 y 80 MPa.

Como conclusión, se establece que los niveles de esfuerzos in-situ asociados a las futuras operaciones de minado en la zona de profundización serán de magnitud baja a moderada.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Geometría y distribución de leyes de la zona de profundización

- Geometría del yacimiento: Tabular
- Potencia del cuerpo mineralizado: inferior a 11 m.
- Buzamiento: superior a 56°
- Profundidad: 155 a 620 m.
- Distribución de leyes: Uniforme

4.2.2. Características geomecánicas del mineral

- **Resistencia del mineral**

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa): 10 MPa

Presión del recubrimiento: 8 MPa

Resistencia del mineral: $10 \text{ MPa} / 8 \text{ Mpa} = 1.25$

- **Espaciamiento entre fracturas: 35**

Corresponden a los valores de RQD obtenidos a partir de los mapeos geomecánicos ejecutados directamente en campo.

- **Resistencia de las discontinuidades: Pequeño**

4.2.3. Características geomecánicas de la caja techo

- **Resistencia**

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa): 80 MPa

Presión del recubrimiento: 8 MPa

Resistencia del mineral: $80 \text{ Mpa} / 8 \text{ Mpa} = 10$

- **Espaciamiento entre fracturas: 65**

Valores de RQD obtenidos a partir de los mapeos geomecánicos realizados directamente en campo.

- **Resistencia de las discontinuidades: Pequeño**

4.2.4. Características geomecánicas de la caja piso

- **Resistencia**

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa): 45 MPa

Presión del recubrimiento: 8 MPa

Resistencia del mineral: $45 \text{ MPa} / 8 \text{ MPa} = 5.62$

- **Espaciamiento entre fracturas: 40**

Valores de RQD registrados durante los mapeos geomecánicos ejecutados directamente en campo.

- **Resistencia de las discontinuidades: Pequeña**

4.2.5. Proceso de análisis para la determinación del método de explotación

Aplicando el método de Nicholas

A. Geometría de yacimiento y distribución de leyes

Tabla 17. Geometría del yacimiento y distribución de leyes zona de profundización

Métodos de explotación	Forma del yacimiento			Potencia de la Veta					Buzamiento			Distribución de Leyes		
	EQU	TAB	IRR	M/A	ANG	INT	GRU	M/G	INC	INT	PAR	UNF	GRA	ERR
Cielo Abierto/PIT	3	2	3	-49	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Hundimiento de bloques	4	2	0	-49	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Cámaras por subniveles	2	2	1	0	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
Fases o paredes largas	-49	0	-49	2	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Cámaras y pilares	0	4	2	0	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Almacenamiento Provisional	2	2	1	2	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
Corte y relleno	0	4	2	4	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
Rebanadas Hundidas	3	3	0	-49	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0
Conjunto de Cuadros	0	2	4	2	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3

Fuente: Método del proceso numérico de selección

B. Características geomecánicas del mineral

Tabla 18. Características geomecánicas del mineral

MÉTODO DE EXPLOTACION	Resistencia			Espaciamiento entre fracturas				Resist. de las discont.		
	DEB	MOD	FRT	M/C	CER	GRU	M/G	DEB	MOD	FRT
Cielo Abierto/Pit	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Fases o paredes largas	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Almacenamiento Provisional	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Rebanadas Hundidas	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4
Conjunto de Cuadros	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Fuente: Método del proceso numérico de selección

C. Características geomecánicas de la caja techo

Tabla 19. Características geomecánicas de la caja techo

METODO DE EXPLOTACION	Resistencia			Espaciamiento entre fracturas				Resist. de las discont.		
	DEB	MOD	FRT	M/C	CER	GRU	M/G	DEB	MOD	FRT
Cielo Abierto/PIT	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Fases o paredes largos	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Almacenamiento Provisional	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Rebanadas Hundidas	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0
Conjunto de Cuadros	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

Fuente: Método del proceso numérico de selección

D. Características geomecánicas de la caja piso

Tabla 20. Características geomecánicas de la caja piso

METODO DE EXPLOTACION	Resistencia			Espaciamiento entre fracturas				Resist. de las discont.		
	DEB	MOD	FRT	M/C	CER	GRU	M/G	DEB	MOD	FRT
Cielo Abierto/PIT	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Cámaras por subniveles	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Hundimiento por subniveles	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Fases o paredes largos	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Cámaras y pilares	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Almacenamiento Provisional	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Corte y Relleno	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Rebanadas Hundidas	4	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Conjunto de Cuadros	4	2	2	4	2	2	2	4	4	2

Fuente: Método del proceso numérico de selección

4.2.6. Análisis del método de Nicholas

Tabla 21. *Análisis del proceso numérico de selección.*

Métodos de explotación	Geometría y distribución de leyes	Características geomecánicas de las rocas				
		Mineral	Techo	Piso	Subtotal	Total
Cielo Abierto/Pit	-40	8	10	8	26	-14
Hundimiento de Bloques	-39	12	9	6	27	-12
Cámaras por Subniveles	9	-49	4	0	-45	-36
Hundimiento por subniveles	-37	2	9	1	12	-25
Fases o paredes largas	-43	12	9	5	26	-17
Cámaras y Pilares	7	1	5	1	7	14
Almacenamiento Provisional	11	2	9	7	18	29
Corte y relleno	15	9	8	12	29	44
Rebanadas Hundidas	-40	4	9	8	21	-19
Conjunto de Cuadros	10	12	8	10	30	40

Fuente: Método del proceso numérico de selección

Del análisis de la tabla precedente, el método seleccionado conforme al criterio de Nicholas corresponde al corte y relleno; asimismo, considerando que la competencia de la caja techo es de regular a buena, se establece como método apropiado el corte y relleno ascendente. Ahora consideraremos otros factores a tomar en cuenta para considerar la elección óptima de un método de explotación para el minado de la zona de profundización partiendo de la selección preliminar del Análisis Numérico de Nicholas.

4.2.7. Análisis Geo mecánico

En referencia de las aberturas máximas y los tiempos estimados de autosostento para tajos en la zona de profundización, asimismo considerando el RMR de la estructura mineralizada en promedio de 35, se aprecia en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 22. *Clasificación geomecánica del macizo rocoso*

Dominio	Rango RMR	Abertura Máx. (m)	Tiempo de autosostenimiento
DE - IIIB	41 - 50	5.0 - 8.0	1 semana a 1 día
DE - IVA	31 - 40	3.0 - 5.0	20 horas a 2 horas
DE - IVB	21 - 30	2.0 - 3.0	< 1 hora

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

La abertura máxima en relación con el ancho de la labor oscila entre 3 y 5 m, considerándose un período de autosostento de 21 horas hasta un mínimo de 3 horas, lo

que indica que la instalación de sostenimiento inmediato es de carácter obligatorio, conforme a las características determinadas en el estudio geomecánico. En cuanto a las aberturas máximas en los tajos, se tiene lo siguiente.

Tabla 23. Clasificación geomecánica

Condición de estabilidad	Techo			Caja Techo		
	Ancho (m)	RH	Longitud (m)	Alto (m)	RH	Longitud (m)
ESS	4	1.26	7	19	2.2	6
ESO	4	3.4	19	19	3.9	13
ECS	4	5.4	54	19	6.7	45
H	4	7.25	126	19	8.4	145

Fuente: Estudio Geo mecánico DCR Ingenieros

Como se puede observar de la tabla anterior, además con las simulaciones realizadas con el software Phases; resultan aberturas mayores en la zona de profundización sin que se presenten problemas de inestabilidades considerables siempre y cuando se controlen con relleno y sostenimientos adecuados, indicando que se debe realizar el minado con la aplicación del método de corte y relleno ascendente.

En síntesis, el análisis preliminar del proceso numérico de selección determinó como método de explotación el Corte y Relleno Ascendente, el cual, en concordancia con el estudio geomecánico realizado, ofrece la posibilidad de alcanzar mayores aberturas en las labores mineras. Por consiguiente, la aplicabilidad del corte y relleno ascendente. Se optará por una combinación de ambos análisis que resulta en la selección del método de corte y relleno ascendente es una variante del método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado. Finalmente, con el fin de realizar una selección óptima del método de minado de la zona de profundización se procede analizar otras variables que son de importancia para la selección de métodos de explotación.

4.2.8. Análisis de porcentaje de dilución y recuperación

Con base en la experiencia de operaciones desarrolladas en otras unidades mineras, es factible establecer porcentajes de dilución y recuperación para los distintos métodos de explotación. Dicha información proporciona una perspectiva más amplia

para la selección del método de explotación más adecuado en la zona de profundización, por tanto.

Tabla 24. *Porcentaje de dilución y recuperación*

Método de explotación	Recuperación (%)	Dilución (%)
Banqueo y Relleno	95-97	7-16
Shrinkage	93-95	20-30
Corte y relleno	93-95	10-14
Sublevel Caving	85-88	10-15
Cámaras y Píares	70-80	7-10

Fuente: Operaciones de diferentes minas

Como se puede notar en la tabla anterior para la aplicación del método de corte y relleno ascendente mecanizado permite, en términos generales, alcanzar mayores niveles de recuperación y menores porcentajes de dilución. No obstante, es importante señalar que los valores presentados en la tabla son referenciales, ya que la dilución también depende de diversos factores operativos.

4.2.9. Análisis de costo operativo

El costo operativo se determina a partir de la información proveniente de la aplicación de distintos métodos de explotación en diversas unidades mineras con características similares, así como de los registros operacionales de otras zonas pertenecientes a la minera Chonta; finalmente por una simulación de costos unitarios de operación ejecutada por el área de planeamiento considerando los parámetros por método de explotación.

Tabla 25. *Costo operativo por método de explotación*

Método de explotación	Costo de operación USD/TM
Banqueo y Relleno	7.32
Corte y Relleno Asc.	12.73

Fuente: Planeamiento de minera Chonta

4.2.10. Análisis de la productividad

Se obtiene alta productividad cuando se opera con equipo mecanizado, reemplazando la operación convencional mediante equipos de mayor capacidad, considerando ello en la unidad minera Chonta se incorporan diversas maquinarias acordes con la tecnología vigente, con la finalidad de incrementar la productividad operacional. En la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de diferentes operaciones mineras a nivel nacional.

Tabla 26. *Costo de productividad por método de explotación*

Método de explotación	Productividad (t/h-g)
Banqueo y Relleno	7.6
Corte y Relleno	5.9

Fuente: Planeamiento de minera Chonta

4.3. Prueba de hipótesis

Hipótesis general

La hipótesis general planteada “Con el análisis geo mecánico y selección del método de explotación se determinará el minado de profundización en la empresa de Explotación Minera Chonta S.A.C.”

Con la base de datos recopilados y luego de realizar el análisis geo mecánico y el método de explotación para realizar el minado de la zona de profundización; se concluye que de acuerdo a las características geomecánicas de la zona y habiendo realizado el análisis del método de explotación por el método Nicholas, asimismo se realizo el análisis del porcentaje dilución, recuperación, costo operativo y productividad. Se concluye que el minado en profundización de la mina Chonta, se ejecutara con el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado; por lo que se demuestra la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 1

La primera hipótesis específica planteada “Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización se determina la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.” De acuerdo con los análisis geo mecánico realizados mediante la información recopilada se realiza el analices del método de explotación a utilizar en la zona de profundización por el método numérico de Nicholas donde se concluye que se debe utilizar el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado. Por lo que se demuestra la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 2

La segunda hipótesis específica planteada “Análisis Geo mecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C.” Habiendo analizado la información recopilada mediante el análisis del porcentaje dilución, recuperación, costo operativo y productividad; se concluye que el minado de la zona en profundización se ejecutara mediante el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado. Por lo que queda demostrado la hipótesis planteada.

4.4. Discusión de resultados

Con relación al título de investigación “Análisis Geo mecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C.”. Podemos citar:

- Con la toma de muestras y estudio de campo insitu de la zona de profundización ha sido factible realizar el estudio geo mecánico de esta manera obtener las características físicas y químicas de la zona en evaluación.

- Para determinar el método de explotación a utilizar para el minado en profundización de la mina Chonta se evaluó con las características físicas y químicas del macizo rocoso de la zona mediante el modelo numérico de Nicholas.
- Con el análisis del porcentaje de dilución y recuperación de los minerales se complementa el minado en profundización de la mina Chonta. Con el objetivo de tener un mayor control de leyes en la cabeza del mineral de mina.
- Con el análisis del costo operativo del método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado se complementa el minado en profundización de la mina Chonta. Con el objetivo de realizar la inversión necesaria en equipos y materiales.
- Con el análisis en productividad del método de corte y relleno ascendente mecanizado se complementa el minado en profundización de la mina Chonta. Con el objetivo de programar el tonelaje diario a explotar y cálculo de la capacidad de los equipos y las cantidades requeridas de los diferentes materiales.

CONCLUSIONES

- Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización de la mina chonta es factible determinar el método de explotación a utilizar en la zona.
- Con el uso del método numérico de Nicholas para determinar un método de explotación a utilizar se concluye que la zona de profundización de la mina Chonta se ejecutara con el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado.
- Con el análisis del porcentaje de dilución y recuperación de los minerales se concluye que la recuperación debe ser de 93 % a 95 % y la dilución debe ser de 10 % a 14 % en el minado de la zona de profundización.
- Con el análisis del costo operativo se concluye que el minado de la zona en profundización de la mina Chonta, se debe tener un promedio de 12.73 \$/TM.
- Finalmente podemos concluir que, con el análisis de productividad, el minado en la zona de profundización de la mina Chonta se debe considerar una producción de 5.9 toneladas por hora en cada guardia.

RECOMENDACIONES

- Las labores de profundización del proyecto se deben ejecutar con secciones estandarizadas para el desplazamiento de los equipos mecanizados; con el objetivo de cumplir la producción.
- El área de servicios auxiliares debe implementar un buen programa de la instalación y mantenimiento de las tuberías de aire, agua y relleno hidráulico, se ha notado muchas veces colgadas en las vías principales, el cual retrasa el desplazamiento de los equipos.
- El área de geología debe contar con un programa de control permanente en el porcentaje de dilucion y recuperación de los minerales, para cumplir con el porcentaje estimado en el proyecto y obtener buena eficiencia de estos parámetros.
- El área de planeamiento debe realizar una evaluación permanente del costo operativo en el minado de la profundización, con el objetivo de mantenerse en el promedio estimado del proyecto que tiene un promedio de 12.73 \$/TM.
- Para continuar mejorando la productividad de la empresa, el área de planeamiento debe realizar un programa integral de todas las áreas de operaciones mina, para mantenerse o mejorar lo estimado en el proyecto de una producción de 5.9 toneladas - hora - guardia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

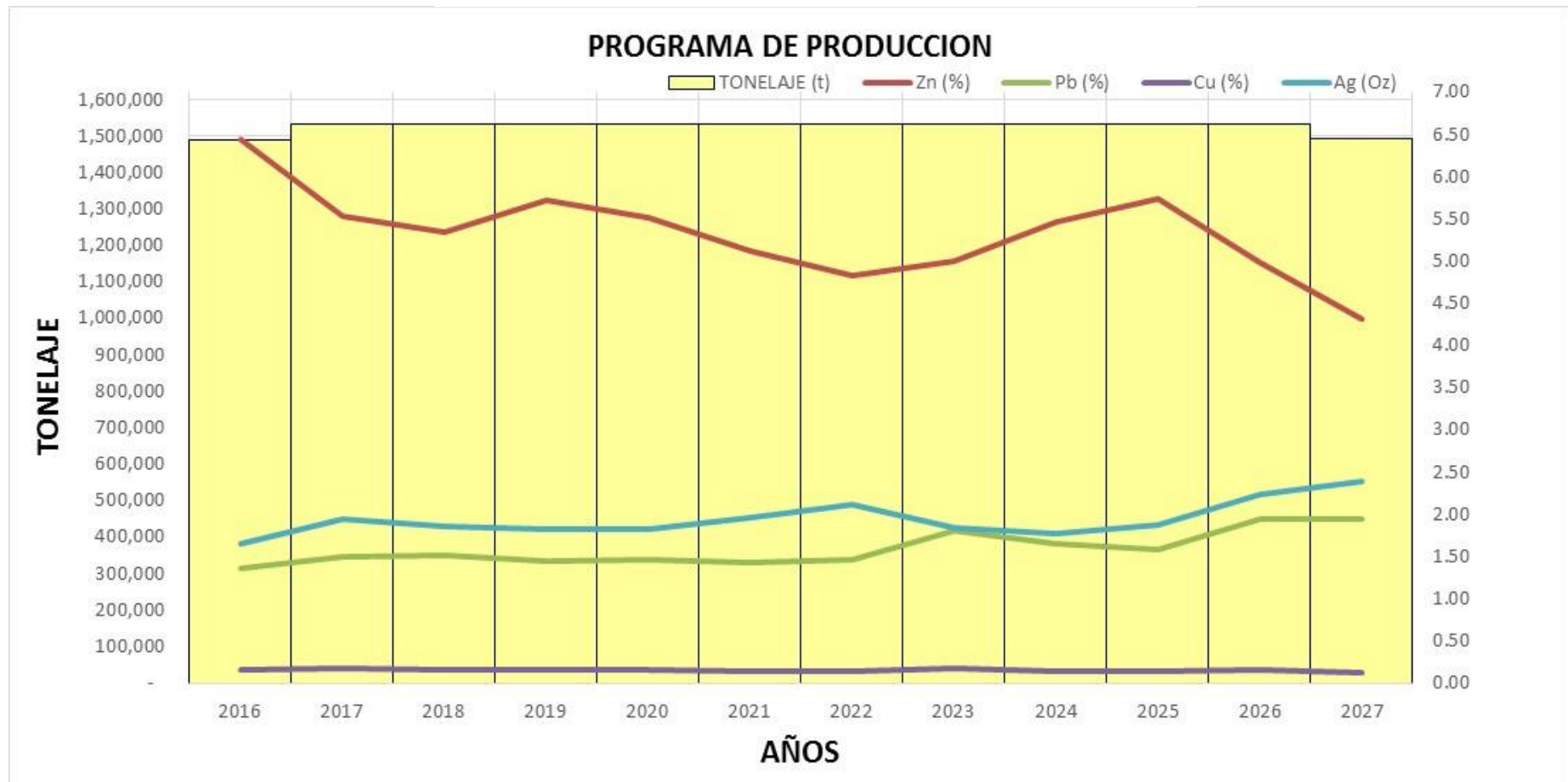
- [Universidad Nacional de Piura]. In Tesis.
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1899/MIN-CORMON-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Crespo, J., & Peña, E. (2009). *Elección del Sistema de explotación del bloque R Norte de la Veta Santa Ana distrito minero Zaruma-Portovelo*. *<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6101>* Garcia & Tovar, E. U. (2015). *<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>* Hernández-Sampieri. Universidad Nacional Del Centro Del Peru ,
- Campos-Arzapalo, E. (1996). *Concepto sistémico en la elección de métodos de explotación minera en los andes peruanos*. 1–13.
- Celedonio, S. (2015). *Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforacion y voladura y acarreo*. caso práctico; una mina subterránea del Norte [Pontificia Universidad Católica del Perú].
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6472>
- Córdova & Mondragón, M. L. (2019). *Análisis del método de Corte y relleno ascendente semimecanizado, frente al método Long wall en la producción de mineral del tajo 6520, Nv 2760, Compañía Minera Poderosa S.A.*
- Javanshirgiv, M. & Safari, M. (2017). *The selection of an underground mining method 69 using the fuzzy topsis method: A case study in the Kamar Mahdi II fluorine mine*. Mining Science, 24, 161–181.
- Llanque, O. (1999). *Explotación Subterránea, Métodos y Casos Prácticos*.
<https://pdfcoffee.com/explotacion-subterranea-metodos-y-casospracticos-oscar-llanque-maquera-c-2-pdf-free.html>

- López, V. (1994). *Manual para la selección de métodos de explotación de minas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1769>
- Lopez, Y. (2012). *Optimización del método de explotación corte y relleno ascendente para incrementar la producción en la compañía minera Cobre Nazca Unidad Santa - Ana*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Mendiola, J. (2017). *Criterios de diseño para la toma de decisiones en la evaluación de alternativas de minado en Empresas Mineras de la Región Central del Perú*. Prospectiva Universitaria, 9(1), 55. <https://doi.org/10.26490/uncp.1990-7044.2012.1.293>
- Minaya, A. (2007). *Evaluación de condiciones geomecánicas y viabilidad técnica según metodología numérica D. Nicholas para selección del método de explotación en veta Delia, mina Colquirrumi*. In Tesis (Vol. 4, Issue None). Universidad Nacional de Trujillo.
- Muruaga, I. (2016). *Selección de métodos de explotación para vetas angostas* [Universidad de Chile].
- Olivares, R. (2014). *Metodología de la investigación*. In I. editores S. A. de C.V. (Ed.), Journal of Chemical Information and Modeling (6ta ed., Vol. 53, Issue 9). Incacutipa, Y.
- (2019). *Cambio de método de minado a corte y relleno ascendente convencional de la farallón en mina SMRL las bravas N° 2 de Ica* [Universidad Nacional del Altiplano]. In Tesis. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12373>

ANEXOS

ANEXO 1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Programa de producción de la mina.



ANEXO 2

Formato de control de producción de tajos

[illegible]

ANEXO 3

Formato de rendimiento de equipo de transporte

[illegible]

ANEXO 4

Formato de condiciones de las vías

[illegible]

ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Análisis Geo mecánico y Selección del Método de Explotación para el Minado de Profundización en la Explotación Minera Chonta S.A.C.”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
General ¿De qué manera la selección y el análisis del método de explotación determinara el minado de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.? Problemas específicos a) ¿Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización se podrá determinar la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.? b) ¿Con la selección del método de explotación se podrá determinar el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.?	General Con la selección y el análisis del método de explotación se determinará el minado de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C. Objetivos específicos a) El análisis geo mecánico de la zona de profundización determinara la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C. b) La selección del método de explotación determinara el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.	Hipótesis general Con el análisis y selección del método de explotación se determinará el minado de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C. Hipótesis específicas a) Con el análisis geo mecánico de la zona de profundización determinara la selección del método de explotación para el minado en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C. b) Con la selección del método de explotación se determinará el minado de la zona de profundización en la empresa Explotación Minera Chonta S.A.C.	Variable independiente X: Análisis Geo mecánico, selección del método de explotación •Variable Dependiente Y: minado de la zona de profundización.	Tipo de Investigación El desarrollo de la investigación es de carácter aplicativo por los objetivos que se han determinado en este proyecto, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo. Método de Investigación Establecemos el método de investigación a emplear en nuestra investigación el método lógico, inductivo, sintético y de análisis, asimismo se emplea el método empírico mediante la observación investigativa.	Población Conformado por los cuerpos y vetas de la explotación minera Chonta Muestra Análisis geomecánico y selección del método de explotación del nivel 3900