

# ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

MAESTRÍA EN  
GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL



**“Control de la dilución optimizando los procesos de perforación y voladura en la mina subterránea del sur-zona Carabaya 2021”**

**Trabajo de Tesis  
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

Maestro en  
Gestión Minera y Ambiental

**Autor:**  
Bach. Luque Amado, Sergio René

**Docente Guía:**  
Mg. Honores Incio, Mónica Georgina

**TACNA – PERÚ**

**2023**

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo  
son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
Dedicatoria .....	ix
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
Introducción.....	xii
CAPITULO I: ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	14
1.1. Título del Tema.....	14
1.2. Planteamiento del Problema.....	14
1.3. Formulación del Problema.....	16
1.3.1. Problema General.....	16
1.3.2. Problemas Específicos .....	16
1.4. Hipótesis de la Investigación .....	16
1.4.1. Hipótesis General .....	16
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	17
1.5. Objetivos de la Investigación .....	17
1.5.1. Objetivo general.....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	17
1.6. Variables.....	18
1.7. Metodología .....	18

1.8. Justificación .....	19
1.8.1. Justificación Teórica .....	19
1.8.2. Justificación Práctica .....	19
1.8.3. Justificación Metodológica.....	19
1.9. Definiciones .....	19
1.10. Alcances y Limitaciones.....	21
1.10.1. Alcances de investigación.....	21
1.10.2. Limitaciones de investigación .....	22
1.11. Cronograma.....	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	24
2.1. Antecedentes de Investigación.....	24
2.2. Conceptualización de Variables .....	31
2.2.1. Dilución .....	31
2.2.2. Parámetros para control de la Dilución .....	34
2.3. Importancia de las Variables .....	49
2.3.1. Importancia de la Dilución.....	49
2.3.2. Importancia de los parámetros.....	51
2.4. Modelo de las variables.....	52
2.4.1. Modelo de cálculo de dilución Planificada/Operacional .....	52
2.4.2. Modelo RMR de Bieniawski .....	53
2.4.3. Modelo Q de Barton .....	54
2.5. Análisis Comparativo.....	54

2.5. Análisis Crítico.....	55
CAPITULO III: MARCO REFERENCIAL .....	58
3.1. Reseña Organizacional .....	58
3.2. Presentación de Actores .....	58
3.3. Políticas empresariales .....	59
3.4. Diagnóstico Sectorial.....	62
CAPITULO IV: RESULTADOS .....	65
4.1. Marco Metodológico .....	65
4.1.1. Tipo de Investigación .....	65
4.1.2. Nivel de Investigación.....	65
4.1.3. Diseño de Investigación.....	65
4.1.4. Población y Muestra .....	67
4.1.5. Métodos de recolección de datos .....	67
4.1.6. Instrumentos de la investigación.....	67
4.2. Resultados .....	68
4.2.1. Análisis de Datos .....	68
4.2.2. Ajuste de Área de diseño.....	69
4.2.3. Evaluación de equipos de producción .....	70
4.2.4. Evaluación de la Sobre dilución.....	72
4.2.5. Ciclo de minado.....	78
4.2.6. Costos Productivos.....	84
4.2.7. Evaluación de Reservas Actuales .....	84

4.2.8. Evaluación de Reservas Propuesta.....	88
4.2.9. Productividad vs Selectividad .....	92
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....	98
5.1. Conclusiones.....	98
5.2. Sugerencias .....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE GANTT .....	23
FIGURA 2 TOPOGRAFÍA TAJO J1 .....	37
FIGURA 3 TOPOGRAFÍA TAJO J2 .....	37
FIGURA 4 TOPOGRAFÍA TAJO J3 .....	38
FIGURA 5 MALLA DE PERFORACIÓN.....	40
FIGURA 6 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE PUNO.....	48
FIGURA 7 ORGANIGRAMA DEL DIRECTORIO .....	61
FIGURA 8 DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO EN EL CICLO .....	83



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	18
TABLA 2 DATOS DEL ANCHO DE VETA DE LOS TAJOS J1, J2, J3 .....	33
TABLA 3 REPORTE LEYES DE CABEZA- ENERO 2021 .....	36
TABLA 4 REPORTE LEYES DE CABEZA- FEBRERO 2021 .....	36
TABLA 5 REPORTE LEYES DE CABEZA-MARZO 2021.....	36
TABLA 6 CALIDAD DE MASA ROCOSA DE TAJOS.....	39
TABLA 7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VARIABLE “DILUCIÓN” .....	54
TABLA 8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VARIABLE “PARÁMETROS” .....	55
TABLA 9 BALANCE METALÚRGICO DE LAS LEYES DE CABEZA .....	69
TABLA 10 DIMENSIONES DE EQUIPOS DE SOSTENIMIENTO.....	71
TABLA 11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ST3.5 .....	71
TABLA 12 DILUCIÓN OPERATIVA DE DISEÑO DEL TAJO J1 .....	72
TABLA 13 DILUCIÓN OPERATIVA REAL DEL TAJO J1.....	73
TABLA 14 SOBRE DILUCIÓN DEL TAJO J1 .....	73
TABLA 15 DILUCIÓN OPERATIVA DE DISEÑO DEL TAJO J2.....	74
TABLA 16 DILUCIÓN OPERATIVA REAL DEL TAJO J2.....	74
TABLA 17 SOBRE DILUCIÓN DEL TAJO J2 .....	75
TABLA 18 DILUCIÓN OPERATIVA DE DISEÑO DEL TAJO J3.....	75
TABLA 19 DILUCIÓN OPERATIVA REAL DEL TAJO J3.....	76
TABLA 20 SOBRE DILUCIÓN DEL TAJO J3 .....	76
TABLA 21 LEYES DILUIDAS PLANIFICADO VS EJECUTADO TAJO J2.....	77
TABLA 22 LEYES DILUIDAS PLANIFICADO VS EJECUTADO TAJO J2.....	77
TABLA 23 LEYES DILUIDAS PLANIFICADO VS EJECUTADO TAJO J3.....	78
TABLA 24 CARACTERÍSTICAS DE LOS TAJOS.....	79

TABLA 25 HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR DÍA.....	79
TABLA 26 CICLO DE MINADO ACTUAL VS PROPUESTO.....	81
TABLA 27 RESUMEN DEL CICLO DE MINADO .....	82
TABLA 28 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN .....	83
TABLA 29 COSTO DE PRODUCCIÓN ACTUAL VS PROPUESTO .....	84
TABLA 30 DILUCIÓN DE DISEÑO DEL PROYECTO ACTUAL .....	85
TABLA 31 VOE Y ROP DEL CICLO DE MINADO ACTUAL .....	85
TABLA 32 EVALUACIÓN DE RESERVAS DEL CICLO DE MINADO ACTUAL.....	86
TABLA 33 VALOR PUNTO DEL CICLO DE MINADO ACTUAL .....	87
TABLA 34 VALOR MINERAL DEL CICLO DE MINADO ACTUAL.....	87
TABLA 35 DILUCIÓN DE DISEÑO DEL PROYECTO PROPUESTA .....	88
TABLA 36 VOE Y ROP DEL CICLO DE MINADO PROPUESTO .....	89
TABLA 37 EVALUACIÓN DE RESERVAS DEL CICLO DE MINADO PROPUESTO .....	90
TABLA 38 VALOR MINERAL DEL CICLO DE MINADO PROPUESTO .....	91
TABLA 39 FLUJO DE CAJA CICLO DE MINADO ACTUAL.....	93
TABLA 40 FLUJO DE CAJA CICLO DE MINADO PROPUESTO .....	96
TABLA 41 TABLA COMPARATIVA VALOR PRESENTE NETO.....	97

## Dedicatoria

La presente tesis va dedicada en primer lugar a Dios por ser guía en cada uno de los pasos que doy, a mis padres y mi hermana por siempre apoyarme y estar pendiente de mí, para lograr cada uno de los objetivos que tengo tanto en el ámbito profesional como personal.

## Resumen

El objetivo de la tesis fue controlar la dilución, para que de tal manera se hayan optimizado los procesos unitarios de perforación y voladura, dentro de una compañía minera del sur, durante el año 2021. En la presente tesis la metodología de investigación empleada se basó, en el tipo de investigación cuantitativo debido a que se tenían que procesar datos obtenidos de las leyes de corte, porcentajes de dilución y el tiempo de ciclo de minado; el nivel de investigación fue explicativa ya que se detalló la causa y raíz de la problemática planteada; el diseño de investigación fue transversal debido a que las variables se analizaron en un momento establecido. La presente tesis tuvo como población la zona Carabaya ubicada en el departamento de puno y la muestra fue no probabilística dirigida, debido a que solo fueron tres tajos de explotación los que se analizaron. Los métodos que se emplearon fueron la observación, análisis de muestras y evaluación de tajos; y los instrumentos utilizados fueron las fichas de observación, la búsqueda en base de datos de la compañía minera y cuadros comparativos de la situación actual y de la posterior. La tesis se basó en cuatro partes, la primera el diagnóstico de la situación actual, luego la operacionalización de las variables, después se procesaron los datos obtenidos, por último, la comparación de la dilución, el ciclo de minado, el balance económico del proyecto actual y del propuesto. En la presente tesis se tuvo un incremento del 17% del Valor Actual Neto del proyecto propuesto con el actual, debido a que los equipos empleados y el reajuste de sección de diseño fueron los adecuados en este proceso, por lo tanto, el proyecto fue rentable.

*Palabras Clave:* Dilución, Perforación, Voladura, Ley de cabeza, ciclo de minado, Valor Actual Neto, Sección de diseño.

## **Abstract**

The objective of the thesis was to control the dilution, so that the unitary drilling and blasting processes have been optimized, within a southern mining company, during the year 2021. In this thesis, the research methodology used was based on the type of quantitative research because data obtained from cut-off grades, dilution percentages and mining cycle time had to be processed; the level of investigation was explanatory since the cause and root of the problem raised was detailed; The research design was cross-sectional because the variables were analyzed at a set time. The present thesis had as a population the Carabaya zone located in the department of Puno and the sample was non-probabilistic directed, because there were only three exploitation pits that were analyzed. The methods used were observation, sample analysis and pit evaluation; and the instruments used were the observation sheets, the search in the mining company's database and comparative tables of the current situation and the subsequent one. The thesis was based on four parts, the first the diagnosis of the current situation, then the operationalization of the variables, then the data obtained were processed, finally, the comparison of the dilution, the mining cycle, the economic balance of the current project and the proposed one. In this thesis, there was a 17% increase in the Net Present Value of the proposed project with the current one, due to the fact that the equipment used and the readjustment of the design section were adequate in this process, therefore, the project was profitable.

Keywords: Dilution, Drilling, Blasting, Head grade, mining cycle, Net Present Value, Section design.

## Introducción

La mina del sur se encuentra buscando la mejora de manera constante de sus procesos unitarios, para ello se deben conseguir concentrados de finos que sean beneficiosos en la comercialización optimizando su coste de producción. El método de explotación empleado en la mina del sur es de corte y relleno ascendente cuya sección de minado es el de 4x4m, el cual es ideal para equipos de acarreo de 4 yd<sup>3</sup> el cual posee la mina. La producción planeada de 1400 ton/día se cumple, pero con leyes de cabeza muy por debajo de lo estipulado tal como muestran los reportes de la planta concentradora. La problemática se debe a la sobre dilución para lo cual se evaluó tres labores, durante un periodo de tres meses, para ello se tuvieron en cuenta la sección de diseño, levantamiento topográfico de zona mineralizada, y levantamiento topográfico de labores de extracción. En el presente proyecto se propone un ajuste en la sección de diseño de 3.0x3.0m, el cual es una solución para poder obtener una mejor ley de cabeza manteniendo la producción de 1400 ton/día, este ajuste llevará a un análisis de los equipos de producción, ciclo de minado, inversión, nueva estimación de reservas y análisis del flujo de caja. Para la viabilidad o descarte del presente proyecto se hará una comparación de la productividad manteniendo las condiciones actuales versus la selectividad teniendo en cuenta las nuevas condiciones, para ello se tendrá en cuenta el Valor Presente Neto de ambos escenarios. Cabe mencionar, como parte de la mejora continua lo propuesto aún se puede mejorar, teniendo en cuenta que siempre se debe buscar la optimización, más no el ahorro.

De acuerdo a la metodología empleada en la presente tesis, fue estructurada de la siguiente manera:

El primer capítulo muestra los antecedentes de la investigación, es decir el título del tema, planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, objetivos

tanto el general como los específicos, variables, metodología (tipo, nivel, diseño de investigación, población, muestra, instrumentos para recolección de datos), justificación, definiciones previas, los alcances y limitaciones de la investigación y por último el cronograma (Diagrama de Gantt), que detalla el desarrollo de las actividades de la tesis con respecto al tiempo.

El segundo capítulo que involucra el marco teórico presenta los antecedentes de investigación tanto locales como internacionales, los cuales sirven como sustento para la elaboración de la presente tesis y por último las bases teóricas que involucra la conceptualización de las variables, así como un análisis comparativo y crítico.

En el tercer capítulo se menciona todo lo referente al marco referencial, es decir la reseña organizacional, política empresarial, diseño organizacional, productos/servicios y el diagnóstico organizacional.

El cuarto capítulo abarca el análisis e interpretación de los resultados, que contiene aspectos comparativos del plan de minado antiguo y del propuesto.

Por último, se muestran las conclusiones y sugerencias de la presente tesis, así como las referencias bibliográficas y anexos que sustentan la investigación.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES DE ESTUDIO

### 1.1. Título del Tema

“Control de la dilución optimizando los procesos de perforación y voladura en la mina subterránea del sur-zona Carabaya 2021”.

### 1.2. Planteamiento del Problema

La mina del sur se encuentra frente a una problemática debido a que las leyes de cabeza de mineral desarrolladas están debajo de lo planteado tal como se aprecia en los reportes del balance metalúrgico. Los resultados del plan de minado tanto de lo programado como ejecutado dan leyes de cabeza que difieren mucho, por lo que dichas leyes de lo desarrollado (real) están muy por debajo de lo calculado (diseñado), muestra de ello son los resultados de las variaciones porcentuales de los reportes de las leyes de cabeza, por lo que el presente proyecto consiste en realizar primero un análisis del porcentaje de dilución operativa de diseño, el cual involucra la dilución de diseño, voladura, geomecánica, piso, techo y sostenimiento. Posteriormente, proceden al cálculo de la dilución operativa real luego de realizar la extracción, por lo que se debe tener en cuenta el levantamiento topográfico de las labores ya explotadas tanto de las secciones y la potencia real de la veta, con los cuales ya se puede calcular el porcentaje real de dilución provenientes de diseño, voladura, geomecánica, piso, techo y sostenimiento. Luego de obtener los valores del porcentaje de dilución operativa de diseño y dilución operativa real se efectúa



el cálculo de la sobre dilución, al cual plantearan una solución ya que esto afecta en gran medida en los valores de ley de cabeza y tonelaje que se envía a la planta concentradora, muestra de ello es la diferencia en los resultados de las leyes de cabeza y tonelaje de ambos casos durante el periodo de tres meses.

Teniendo planteado que ante el problema existente de la disminución de las leyes de cabeza de lo calculado y desarrollado en la mayoría de los casos, efectuaran un reajuste en la sección de diseño, en este caso tienen como objetivo realizar un ajuste que consiste en llevar la sección de los tajos de 4x4m a 3x3m, el cual implica una nueva selección equipos de producción, dichos equipos tendrán que adecuarse a las nuevas dimensiones del tajo, tal es el caso del equipo de acarreo que tendrá que ser modificado a uno de menor capacidad. Por otro lado, con la nueva sección de diseño efectuarán una nueva estimación de reservas para determinar una nueva ley equivalente de Pb en porcentaje con el cual calcularán los ingresos anuales, además efectuarán un nuevo cálculo de ciclo de minado teniendo en cuenta los rendimientos de los equipos elegidos con el objetivo de determinar la cantidad de tajos que se requieren para seguir cumpliendo con la producción de 1400 t/día.

Tomando en cuenta las reservas actuales y las que se obtendrán de la nueva evaluación se procederá a realizar el cálculo de los ingresos anuales para cada escenario, para ello tendrán en cuenta la ley equivalente de Pb en porcentaje esto porque tiene mayor Valor Por Tonelada por ende será considerado como el elemento principal y el ritmo de producción de 1400 t/día.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema General**

- ¿De qué manera el ajuste de la sección de trabajo controlará la dilución y optimizará los procesos unitarios de perforación y voladura en la mina subterránea del sur-zona Carabaya 2021?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿De qué manera la comparación de la dilución de diseño y operativa en diversas labores de explotación optimizarán los procesos unitarios de perforación y voladura en la mina subterránea del sur-zona Carabaya 2021?
- ¿Cómo analizar y evaluar la sobre dilución en diversas labores de explotación?
- ¿Cómo mejorar el procedimiento de los procesos operativos unitarios de perforación y voladura?
- ¿Cómo mejorar la ley de cabeza sin afectar el ritmo de producción?

### **1.4. Hipótesis de la Investigación**

#### **1.4.1. Hipótesis General**

- La reparametrización del diseño de la sección ayudará a controlar la dilución y se optimizarán los procesos de perforación y voladura.

### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

- La comparación de la dilución de diseño y de operación permitirá tener conocimiento del problema causado en la producción y tener el control de esta.
- El análisis de la sobre dilución nos permitirá saber el grado de contaminación que tiene el material.
- El nuevo cálculo del ciclo de minado, estimación de reservas y equipos de producción mejorará el procedimiento de los procesos operativos.
- El nuevo diseño de la sección determinará la selección de equipos, el ciclo de minado y el método de explotación para el desarrollo de la actividad minera; así mejorar la ley de cabeza y tener la producción adecuada.

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Reducir el porcentaje de la dilución teniendo en cuenta el ajuste del área de diseño mejorando los procesos unitarios de perforación y voladura.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Comparar la dilución de diseño y operativa en diversas labores de explotación.
- Evaluar la sobre dilución en los tajos de explotación.
- Mejorar el procedimiento de los procesos operativos.
- Mejorar la ley de cabeza sin afectar el ritmo de producción.

## 1.6. Variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variabes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medida</b>
<b>Independiente</b> Dilución	Dilución de Diseño	Ancho de la veta	Metros
		Ancho de la sección	Metros
	Dilución Real	Ancho de la veta	Metros
		Ancho de la sección	Metros
	Sobre dilución	Dilución de Diseño	Porcentaje
		Dilución Real	Porcentaje
<b>Dependiente</b> Parámetros		Diferencia de Dilución	Porcentaje
	Estudios previos	Ley de Cabeza	Porcentaje
		Ritmo de Producción	Toneladas
	Método de Explotación		Grados
		Buzamiento	
		Potencia	Metros
	Geomecánica	RMR	Sin unidad
	Área de Diseño	Altura	Metros
		Base	Metros
	Perforación	Burden	Metros
		Espaciamiento	Metros
		Diámetro de taladro	Milímetros
	Voladura	Anfo	Kilogramos
Sostenimiento	Perno Helicoidal	Metros	
Línea Base	Geomorfología	Sin unidad	
	Geología	Sin unidad	
	Hidrología	Sin unidad	
	Clima	Sin unidad	

*Nota.* Elaboración propia.

## 1.7. Metodología

Se tiene un enfoque cuantitativo, debido a que muestran teorías científicas validadas como las leyes, el porcentaje de dilución y el tiempo empleado para el ciclo de minado y que las variables serán sujetas a evaluación. (Fidias, 2012).

Presenta un nivel explicativo ya que detalla las causas y consecuencias, y un diseño no experimental debido que se buscó sumar al conocimiento ya existente.

## **1.8. Justificación**

### **1.8.1. Justificación Teórica**

La presente investigación se basa en el análisis de la sobre dilución mediante un modelo matemático, el ajuste del diseño de la sección, monitoreo comparando las leyes de cabeza y el tonelaje de las labores de explotación, evaluando la productividad y la selectividad, con el objetivo de controlar la dilución, para mejorar la ley de cabeza y no afectar el ritmo de producción.

### **1.8.2. Justificación Práctica**

La aplicación de la presente investigación está asociada a las áreas de metalurgia, perforación y voladura, las cuales tendrán relación constante en la realización del proyecto, teniendo resultados positivos porque beneficiará a tener un ritmo de producción óptimo mediante un adecuado control de la dilución.

### **1.8.3. Justificación Metodológica**

Servirá de guía, apoyo, consulta para la realización de futuros proyectos de ámbito similar o como respuesta a problemas que no han tenido un resultado positivo, además como ayuda a conservar la optimización de los procesos unitarios de la compañía minera.

## **1.9. Definiciones**

- a) Burden: Separación entre el taladro y la cara libre. Es decir, la distancia al punto de alivio al momento que el taladro trona.
- b) Ciclo de minado: Procesos unitarios que intervienen en la extracción del mineral, conformado por la perforación, voladura, carguío, acarreo y servicios auxiliares.

- c) Dilución: Fracción de material que no se requiere, que por factores de diseño y operación se combina con el mineral que se va a extraer.
- d) Espaciamiento: Es la separación que hay entre taladros o barrenos de la misma fila.
- e) Geomecánica: Ciencia que estudia el comportamiento tanto del suelo como el de las rocas, en procesos de deformación y esfuerzos.
- f) Ley de cabeza: Se le conoce como la ley mineral que viene de mina e ingresa a la planta concentradora, también se le conoce como el mineral bruto que alimentará a la planta de beneficio.
- g) Malla de perforación: Se le conoce a la distribución de los barrenos cargados, tomando en cuenta el burden y el espaciamiento.
- h) Parámetro: Elemento necesario para que se comprenda un problema o cuestión.
- i) Productividad: Se le conoce como la relación entre el producto que se extrae expresado en unidades con respecto al insumo expresado en horas de trabajo efectivas empleadas.
- j) Recuperación económica: Es el porcentaje del tajo que será explotado, sin incluir los pilares y puentes, dicha recuperación es diferente en cada método de explotación. (Zamora, 2017, pág. 19)
- k) Recuperación metalúrgica: Se define como la relación entre el peso de concentrado y el peso de la alimentación de mineral. (Zamora, 2017, pág. 19)
- l) Reservas Minerales: Porción económicamente explotable de un recurso mineral que puede ser medido o indicado, pero está sujeto a procesos

de dilución, por lo cual se deben tomar medidas de índole metalúrgica y económica.

- m) Selectividad: Separación del mineral valioso (mena) de la ganga (estéril).
- n) Sostenimiento: Es un servicio auxiliar que consiste en soportar la galería mediante procesos naturales o mecanizados, el cual es de suma importancia ya que reduce accidentes y optimiza costos.
- o) Taladro: Es una abertura cilíndrica realizada por una máquina perforadora en donde se colocará el explosivo para una posterior detonación.
- p) Valor Punto: Se le conoce como la diferencia entre el precio del metal y reducciones, multiplicado por la recuperación económica y la recuperación metalúrgica.
- q) Valor Mineral: Es definido como el producto de la ley diluida y el valor punto.
- r) Valor Presente Neto: se le conoce como el valor actualizado de los flujos de caja producto de una inversión. (Anónimo, 2021).

## **1.10. Alcances y Limitaciones**

### **1.10.1. Alcances de investigación**

Los alcances de la presente tesis fueron; Geográfica ya que el área de influencia tuvo lugar en el departamento de Puno, provincia de Carabaya y distrito de Macusani; así mismo alcance temático ya que realizaron un estudio de prefactibilidad para la ejecución de medidas de control para la dilución y el mejoramiento de los procesos unitarios de perforación y voladura. Por último, presentó alcance metodológico

debido a que tuvo como instrumentos la observación, análisis de documentos y procesamiento de datos mediante el software Excel.

#### **1.10.2. Limitaciones de investigación**

Presentaron limitaciones de acceso debido a que es necesaria la autorización de la empresa minera Carabaya para poder ingresar a las instalaciones, así mismo limitaciones de tiempo debido a que se tenía una disponibilidad limitada para realizar estudios en el área de influencia y limitaciones de recursos debido a que lo mencionado anteriormente dificulta la recolección de información de los tajos que fueron sujetos a estudio, por ello optaron por generalizar el proyecto de una zona y tomar como referencia la carta geológica de la misma, reuniones con ingenieros que laboran en la mina de Carabaya, motivo de ello, se han podido contar con datos metalúrgicos, topográficos, geológicos, geotécnicos, económicos que son de suma importancia y se procede a una nueva estimación de las reservas y las leyes de cabeza.

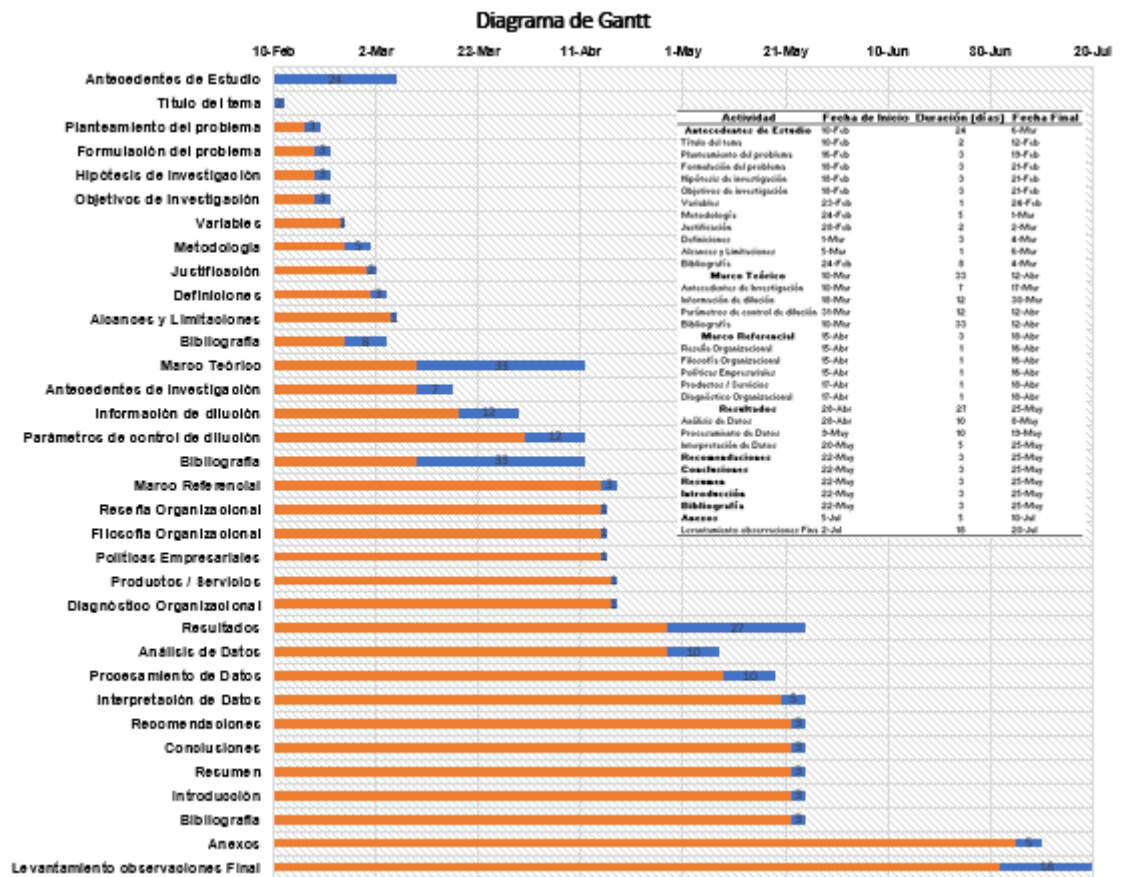
#### **1.11. Cronograma**

El cronograma realizado está basado en el Diagrama de Gantt, considerada una herramienta de gestión que tiene la función de planificar y organizar actividades. En la figura 1, muestra las actividades, las fechas y duración de cada una, siendo detallada en anexo 4.



Figura 1

Diagrama de Gantt



Nota. Elaboración propia.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de Investigación

- En la tesis “Control Geológico de la Dilución mineral”; Para calcular la dilución planificada han evaluado la data geológica de los pozos de voladura, por lo que recomiendan identificar el área de muestreo, analizar el grado de calidad del muestreo y efectuar el monitoreo de calidad de la data geológica. La data geológica presenta parámetros, con tres tipos de leyes; 0.995 (alta), 0.472 (media), 0.154 (baja), a la vez se registró presencia de cuarzos de baja ley.

La dilución planificada fue desarrollada por medio de conciliaciones, que se efectúa entre el tonelaje de mineral medido en el área de trabajo, basándose en el modelo propuesto inicialmente y cuando ya se realiza la interpretación geológica, dando como resultado una desviación de más menos 10%.

Para el cálculo de la dilución operacional también aplicaron las conciliaciones, efectuado por el tonelaje de mineral medido en el área de trabajo (modelo) y el hallado operacionalmente, teniendo una desviación de más menos 10%.

Se tiene que la masa de un bloque es de 5952481 libras, con una pureza de 15625 libras de cobre fino, teniendo un precio estimado en el mercado de 3\$/lb, considerando un ingreso de \$46875 y un costo operativo de \$ 28125, obteniendo finalmente un flujo de caja positivo de \$ 18750.

Un buen control de dilución permite optimizar otros procesos de minado, como en la geología al tener un correcto modelado de la data, en la voladura obteniendo resultados eficaces y óptimos, en operaciones mina con un

correcto desempeño en el carguío y acarreo y en las operaciones de planta con cantidad y calidad de material para alimentar el proceso de chancado.

La dilución de mineral crea pérdida de recursos debido a parámetros de operación y geológicos, para el cálculo de la dilución planificada es de suma importancia conocer el macizo rocoso y tener un modelamiento de bloques partiendo desde sus dimensiones y así conocer toda la data geológica, para realizar una correcta interpretación.

La dilución operacional, básicamente se determina por factores operacionales, en que el tema geológico puede influir en su cálculo. (Rivas, 2018)

- La problemática parte desde que comenzó el pre stripping de la fase 3 en la compañía minera el soldado, la que permitiría alimentar la planta de chancado durante los años 2014-2015, mediante ello tendrían como meta un ritmo de producción de 60000 ton/año de cobre, pero debido a problemas geomecánicas (fallas y cuñas), la producción se ha retrasado en 600000 ton de movimiento estéril por lo que se modificarán los planes de producción.

La dilución presente es de 8%, siendo un 5% de dilución planificada y un 3% de dilución operacional. Para intentar disminuir el método de rebloqueo, plantearon dos formas de eliminarlo mediante método P, teniendo una dilución de 5% respecto a la ley planificada y respecto al tonelaje extracción de 5% más de lo planificado, originando mayor tonelaje, pero menor ley mineral. En relación al segundo método el IP, se tiene una dilución de 2% respecto a la ley planificada y respecto al tonelaje de extracción de 5% más de lo planificado, mejorando la ley y aumentando el tonelaje. (De Nicola, 2015)

- En la tesis “Mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución de los métodos de minado Bench and Full y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas, de la Unidad Minera Raura”; El método de explotación con la aplicación de taladros largos, generó medias de dilución de 11% y 18%, con porcentajes de recuperación de 92% en el año 2017, 105% en el año 2018 y 101% en el año 2019.

La metodología aplicada para el control de la dilución son las reconciliaciones, cuyo objetivo es permitir analizar las toneladas y las leyes de los recursos, reservas, el ritmo de producción y el tratamiento en la planta concentradora, aplicando el procedimiento LRA-RAU-PLN-RLP-PRO-019, propio de la compañía minera Raura.

Para dicho procedimiento, también fue necesaria la caracterización geomecánica de la zona de estudio, aplicando el sistema de RMR de Bieniawski, llegando a obtener una calidad de roca en la caja techo y caja piso, como roca regular con rangos de Rock Mass Rating de 45 a 60, siendo clasificado de tipo IIIB A IIIA. En la zona mineralizada, como roca mala a regular, se tiene rangos de 35 a 45, siendo clasificado de tipo IVA a tipo IIIB.

La dilución para la estimación de reservas se basó primero en un método geoestadístico, realizando una conversión de recursos en reservas, bajo el ELOS por estructura, el valor encontrado se empleará como un regulador de las reservas. El segundo método empleado es el clásico, se usa ELOS por estructura añadiéndole la fórmula O'hara, teniendo una constante C para cada método de explotación establecido, por lo que el ancho diluido será en base a cada método, también se debe tener en cuenta el buzamiento. El tercer método es según ELOS, que indica una sobre rotura lineal que equivale a la

zona dañada producto del disparo de la voladura que puede generar que las cajas se desenganchen.

Las diluciones que se han programado según el método de Corte y Relleno son de 11%, Bench and Fill en cuerpos grandes es de 18%, en vetas angostas es de 32% y en sublevel stoping es de 15% para el año 2018, pero durante el año 2019, en Bench and Fill con taladros largos la dilución es de 11% disminuyendo en 7% al periodo anterior y en el método de corte y relleno disminuye a 8%. (Cuevas & Paucarchuco, 2020)

- En la tesis “Mejoramiento del proceso de minado para el control de dilución y leyes de mineral en la concesión minera el Extraño”; Para la determinación de causas que producen la dilución, se tiene las características del macizo rocoso, la selección de los equipos, las dimensiones de la galería, consecuencias de la voladura.

El método de explotación que emplean es el de corte y relleno, teniendo una serie de factores que son de gran influencia a la dilución como la falta de paralelismo al realizar los barrenos, no respetar la línea de rezagado, la falta de granulometría en el relleno, complicando el correcto rezagado del mineral y el descontrol de los desbordes, debido a que los taladros realizados exceden el espesor permitido. También la presencia de factores humanos como la falta de preparación por falta del personal, falta de comunicación.

Para el control de la dilución, propusieron en primera instancia realizar un muestreo del área de estudio, manejar información de la topografía actualizada, realizar mapeos geológicos en base a información de campo y modelo de bloques, efectuar estudios de barrenación y finalmente calcular una nueva dilución.

Debido a la aplicación de la metodología aplicada anteriormente, ha disminuido la dilución de 35% a 11%, reduciendo también el costo de transporte de mineral en un 12%, por lo que al controlar la dilución se obtendrá, la mejora de leyes y por lo tanto se optimizará la economía de la compañía en el proceso de explotación. Agregando a la solución del problema de investigación, que también se aplicó la metodología de solución de problemas en cinco pasos, siendo ordenadas las actividades realizadas. (Bedón, 2019)

- En la tesis “Evaluación de la técnica de circado para reducir el porcentaje de dilución en la veta Samy en la mina San Cayetano”; El aumento de la dilución, tuvo como consecuencia una baja ley y mínima recuperación del mineral, por lo que tuvo como consecuencia final, una baja valorización por parte de la compañía minera.

La dilución en la compañía minera Samy, emplean la fórmula de Scoble and Moss; teniendo en cuenta la altura de minado, la potencia de la veta y la densidad tanto del mineral como del desmonte fue de 79%, producto de una elevada diferencia entre el ancho de minado y la potencia de la veta.

El circado, consiste en efectuar dos voladuras, en la primera extrayendo el desmonte y en la segunda el mineral, con el objetivo de que no haya presencia de dilución, se aplica a vetas muy angostas (10 centímetros a 1 metro) con una alta ley de mineral

Al aplicar la técnica de circado la dilución fue controlada, debido a que primero se ha extraído el desmonte y en seguida el mineral, para finalmente obtener una ley de oro de 1.5 oz/tonelada y bajando la dilución a 32%.

Finalmente determinaron que el proceso de dilución es inversamente proporcional a la ley presente en el mineral, debido a que si la ley disminuye el porcentaje de dilución aumenta. (Fernández & Gonzales, 2021)

- En la tesis “Aplicación de voladura controlada para reducir el porcentaje de dilución y costos en tajos convencionales utilizando explosivo Exsablock y cojín de agua, Minera Aurífera Retamas”; Las pruebas fueron efectuadas en tajos donde se aplica métodos de explotación como el corte y relleno ascendente teniendo en consideración un control constante, al aplicar los explosivos Semexsa 65%, con una potencia de veta de 0.8 metros, alcanzando una dilución de 57% y al realizar la voladura con Exsablock la dilución disminuye a 42%, teniendo una reducción total de la explotación del tajo de 18% de dilución.

Al aplicarlo al método Long Wall, empleando en la primera malla de perforación el explosivo Semexsa 65%, con una potencia de veta de 0.80, alcanzaron una dilución de 60% y al efectuar la voladura con Exsablock disminuyeron la dilución a 41%, teniendo una reducción total de la explotación del tajo de 32% de dilución. (Huamani, 2017)

- En la tesis “Aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de voladura para controlar la dilución en la explotación de vetas angostas en la Mina Sayapullo”; En la mina Sayapullo, aplican el método de explotación de corte y relleno ascendente, la investigación se desarrolló debido a que la dilución tuvo un impacto sobre el ritmo de producción, las leyes de cabeza y en el incremento de los costos directos, debido a que el desmonte afecta a los costos de Tronadura, Carguío, Acarreo y tratamiento de mineral; como el chancado y la molienda.

Para lo que consideraron; implementar el diseño de una malla de perforación, basándose en principios básicos de la voladura para analizar, evaluar y controlar la dilución en yacimientos de vetas angostas. Por lo que en un principio han tenido que analizar la data geológica obtenida, para realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso tanto de la caja techo, caja piso y de la veta, para determinar la calidad de roca.

En la caja techo obtuvieron un índice de calidad de roca de 62%, en la caja piso un índice de 65% y en la veta un RQD de 55%, presentando los tres cálculos una clasificación de regular.

Para la malla de perforación, se tiene un burden de 0.50 metros contando con 28 taladros, 23 de operación y 5 de alivio en el bloque 3; en el bloque 5, 15 taladros de operación y 3 taladros de alivio.

Respecto a la dilución aplicaron la fórmula de McCarthy y DATAMINE UG, En el bloque 5, se obtuvo la dilución de 13% para un ancho de minado de 1.40 metros, para un ancho de minado de 1.60 metros, se obtuvo la dilución de 23%. Respecto al bloque 3, para un ancho de minado de 2.10 metros en la que obtuvieron la dilución de 8% y para un ancho de 2.30 metros se obtuvo la dilución de 16%.

Por lo que han logrado controlar la dilución en los bloques 3 y 5 mediante el diseño de la malla de perforación, siendo comprobados en software como el JK Simblast. (Fuentes & Gargate, 2021)



## 2.2. Conceptualización de Variables

### 2.2.1. Dilución

Es la mezcla de mineral de mejor o baja ley, adquirido en el proceso de las etapas de diseño y explotación del mineral. (Rivas, 2018, pág. 6).

La dilución de forma general se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\%Dilución = \frac{\text{Toneladas material estéril}}{\text{Toneladas de mineral}} * 100$$

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

#### 2.2.1.1. Dilución de Diseño

Proceso de mezcla del material (mineral) generada durante el proceso de diseño zonas de explotación mineral, zonas de voladura. (Rivas, 2018, pág. 7).

Los factores de los que depende la dilución de diseño son los siguientes:

- Forma de la mineralización
- Densidad del proceso de muestreo de la voladura
- Calidad del muestreo
- Ley de corte
- Monitoreo de calidad de los datos geológicos
- Distribución del modelo de bloques

- Diseño de las zonas de explotación mineral (Rivas, 2018, pág. 15).

El cálculo procede mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Dilución de diseño} = \left(1 - \left(\frac{\text{Ancho de veta de diseño}}{\text{Ancho de sección}}\right)\right) * 100\%$$

### **2.2.1.2. Dilución Real**

Proceso de mezcla del material (mineral) durante el proceso de desarrollo y explotación (perforación, voladura, carguío y acarreo). (Rivas, 2018, pág. 8). Los factores de los que depende la dilución operativa son los siguientes:

- Forma de la mineralización
- Índice de calidad del macizo rocoso
- Desplazamiento por voladuras
- Dimensiones de los equipos de producción
- Monitoreo operacional
- Experiencia laboral
- Diseño de las zonas de explotación mineral

(Rivas, 2018, pág. 22).

El cálculo procede mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Dilución Real} = \left(1 - \left(\frac{\text{Ancho de veta real}}{\text{Ancho de labor}}\right)\right) * 100\%$$

La tabla 2, muestra datos del ancho de veta promedio tanto de diseño como la real, sirviendo ambas para el cálculo de la dilución.

**Tabla 2**

*Datos del ancho de veta de los tajos J1, J2, J3*

<b>Enero</b>				
<b>Tajo</b>	<b>Ancho veta/Diseño (m)</b>	<b>Ancho veta/Real (m)</b>	<b>Ancho de minado/Diseño (m)</b>	<b>Ancho de minado/Real (m)</b>
J1	2.4	2.3	3.40	3.38
J2	2.8	2.5	3.40	3.60
J3	3.0	2.5	2.90	3.30

<b>Febrero</b>				
<b>Tajo</b>	<b>Ancho veta/Diseño (m)</b>	<b>Ancho veta/Real (m)</b>	<b>Ancho de minado/Diseño (m)</b>	<b>Ancho de minado/Real (m)</b>
J1	2.4	2.8	3.40	3.60
J2	2.8	3.4	3.41	4.20
J3	3.0	2.8	2.90	3.70

<b>Marzo</b>				
<b>Tajo</b>	<b>Ancho veta/Diseño (m)</b>	<b>Ancho veta/Real (m)</b>	<b>Ancho de minado/Diseño (m)</b>	<b>Ancho de minado/Real (m)</b>
J1	2.4	2.2	3.40	3.10
J2	2.8	3.3	3.41	4.00
J3	3.0	3.8	2.90	3.30

*Nota.* Tomado del Área de Geología de Mina Carabaya.

### **2.2.1.3. Sobre dilución**

La sobre dilución se representa como la diferencia que se obtiene entre el porcentaje de dilución operativa y la dilución de diseño.

$$\text{Sobredilución} = \% \text{Dilución Real} - \% \text{Dilución de diseño}$$

### **2.2.1.4. Fuentes de la dilución**

- Primaria: Producto de la explotación mineral.

- Secundaria: Producto de inestabilidades que no estaban planificadas.

## **2.2.2. Parámetros para control de la Dilución**

### **2.2.2.1. Estudios Previos**

Para realizar el reajuste de la sección de diseño analizaron y evaluaron la productividad y selectividad; teniendo en cuenta el método de explotación empleado en el yacimiento minero, comparación de las leyes de cabeza y el tonelaje de las labores de explotación, así como la topografía, las dimensiones de los equipos a laborar y el ciclo de minado.

### **2.2.2.2. Método de explotación**

El método aplicado en el yacimiento al que corresponde dicha investigación es de corte y relleno ascendente, conocido como Overcut and Fill, ver anexo 01. El mineral es seccionado en porciones horizontales, comenzando desde la parte baja y culminando en la parte de arriba, el mineral fracturado será cargado y transportado fuera del tajo, pero es de suma importancia rellenar el volumen del mineral extraído con material estéril, para darle soporte a las paredes de la galería. El material de relleno puede ser adquirido de labores de desarrollo de la mina y distribuido equitativamente en el área trabajada y también puede ser empleado el relleno hidráulico que es una mezcla de relaves de la planta concentradora con agua. Dicho método fue seleccionado debido a que el yacimiento cuenta con vetas que poseen un buzamiento aproximado de 60° y teniendo una potencia moderada entre 2.4 y 3 metros, por lo que al aplicar la metodología de corte y relleno ascendente nos proporcionará los siguientes beneficios:

- Aumentar la seguridad de las labores.
- Reducción de costos.
- Reducción de tiempos para lograr la producción óptima.
- Mejorar la recuperación del mineral.
- Reducir la dilución.
- Reducción de los tiempos de los procesos unitarios de perforación y voladura.
- Reducción del sostenimiento.

### ***2.2.2.3. Reporte de planta concentradora***

El trabajo realizado en la planta concentradora consiste en que los trozos de mineral por procesos de conminución, cuya primera etapa es el chancado primario, empleando chancadoras de mandíbulas, teniendo como objetivo la reducción del tamaño del mineral para que sea llevado por fajas transportadoras, la siguiente etapa es la molienda, para darle un tamaño mucho más pequeño al mineral, para poder conseguir lo que es la pulpa y finalizando con la flotación, mediante el proceso de celdas, obtener concentrados de zinc, plomo y cobre, con un añadido de plata el cual estará presente en los tres productos mencionados anteriormente.

**Tabla 3***Reporte leyes de cabeza- enero 2021*

Ítem	Masa (TM)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (Oz/TM)
Plan	42000	5.89	1.89	0.83	1.79
Trabajo	42500	5.35	1.35	0.57	1.55
Diferencia	500	-0.54	-0.54	-0.26	-0.24

*Nota.* Tomado del Área metalúrgica de la Mina Carabaya.**Tabla 4***Reporte leyes de cabeza- febrero 2021*

Ítem	Masa (TM)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (Oz/TM)
Plan	40000	5.89	1.89	0.83	1.79
Trabajo	35000	5.45	1.20	0.57	1.49
Diferencia	-5000	-0.44	-0.69	-0.26	-0.30

*Nota.* Tomado del Área metalúrgica de la Mina Carabaya.**Tabla 5***Reporte leyes de cabeza-marzo 2021*

Ítem	Masa (TM)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (Oz/TM)
Plan	42000	5.89	1.89	0.83	1.79
Trabajo	39500	5.25	1.45	0.60	1.62
Diferencia	-2500	-0.64	-0.44	-0.23	-0.17

*Nota.* Tomado del Área metalúrgica de la Mina Carabaya.

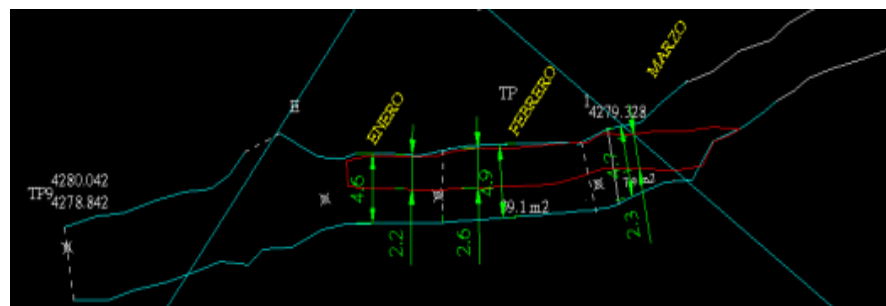
#### 2.2.2.4. Levantamiento topográfico

Es de suma importancia realizar la topografía de la zona mineralizada, dicho trabajo servirá para el control de la dilución e indicar la dirección de las vetas para mediante mapeos geológicos poder realizar la extracción del mineral.

Para realizar la presente investigación, tomaron en cuenta el ancho y potencia de la veta, con dichos datos calcularon la dilución de diseño y la dilución real.

**Figura 2**

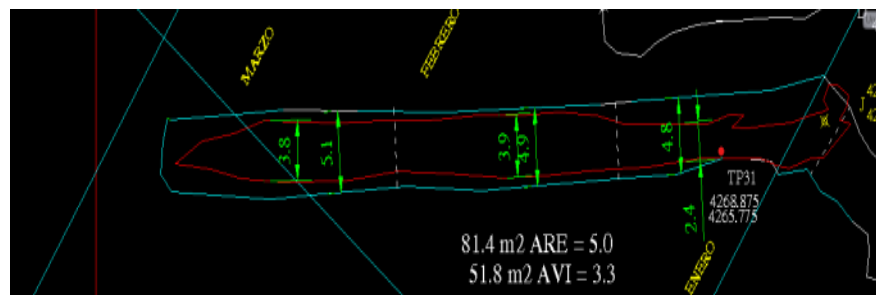
*Topografía tajo J1*



*Nota.* Tomado de Área de topografía mina Carabaya.

**Figura 3**

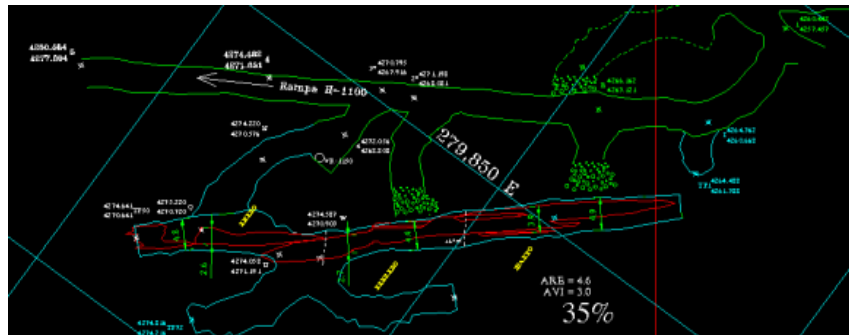
*Topografía tajo J2*



*Nota.* Tomado de Área de topografía mina Carabaya.

## Figura 4

### Topografía tajo J3



Nota. Tomado de Área de topografía mina Carabaya.

En los trabajos topográficos realizados, que se muestran en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente, se aprecia el ancho de la veta especificado de color rojo y el ancho de la labor de color celeste, así como los avances de trabajo en los meses de enero, febrero y marzo, todo lo mencionado será primordial en el diseño de la nueva sección de labor para cada tajo.

#### 2.2.2.5. Geomecánica de tajos

La clasificación geomecánica está basada en el RMR de Bieniawski, la cual permite hacer una clasificación de las rocas in situ, empleada en túneles, galerías, taludes, consiste en un índice de calidad de RMR (Clasificación de la masa de la roca), con parámetros de resistencia a la compresión uniaxial, índice de calidad de la roca, espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades y presencia de saturación. (Hoek, 2006, pág. 8).



**Tabla 6***Calidad de masa rocosa de tajos*

<b>TAJO J1</b>			
Litología	RMR	Calidad	Interpretación
Caliza (piso)	55	IIIA	Regular
Caliza (techo)	46	IIIB	Regular
<b>TAJO J2</b>			
Litología	RMR	Calidad	Interpretación
Caliza (piso)	38	IVA	Mala
Caliza (techo)	48	IIIB	Regular
<b>TAJO J3</b>			
Litología	RMR	Calidad	Interpretación
Caliza (piso)	58	IIIA	Regular
Caliza (techo)	46	IIIB	Regular

*Nota.* La clasificación de la calidad de la roca va de mala a muy buena. Tomado del Área de Geotecnia de la Mina Carabaya.

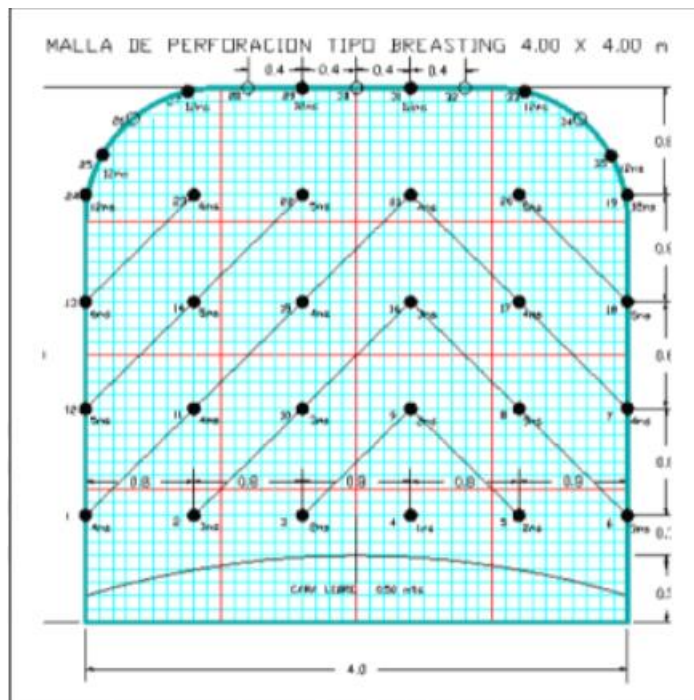
#### **2.2.2.6. Área de diseño**

El área de diseño para producción es de 4 x 4 metros, por lo que se consideraron que para realizar la limpieza del frente se necesita un equipo cuyas dimensiones encajen en la galería, tomando en cuenta al modelo CAT R1700G, que es empleado para una alta producción a bajos costos de operación. (CAT, 2022).

En la figura 5, se muestra una malla de perforación que consta de 35 taladros, en la parte del piso, techo y hastiales de la galería, aplicando 5 taladros de alivio para lograr una voladura controlada y ordenada. El burden es de 0.4 metros y el espaciamiento de 0.9 metros. (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013, pág. 38).

**Figura 5**

*Malla de perforación*



*Nota.* Tomado de Área de perforación mina Carabaya.

### **2.2.2.7. Equipos de Producción**

#### **a) Perforación**

La perforación se realiza por medio de jumbos electrohídricos, efectuada en orientación horizontal, empleando brocas de 47 mm de diámetro. El equipo que seleccionaron es el Sandvik DD210, presenta un solo brazo de perforación, para el desarrollo de secciones de hasta 24 metros cuadrados, teniendo una rotación de 360°, cumpliendo con el requerimiento de 16 metros cuadrados de la sección de la bocamina y realizando 35 taladros. (SANDVIK, 2022).

b) Voladura

En la voladura emplearon el ANFO, debido a que no hay presencia de saturación de agua, para el cebo se usa la emulsión y como accesorios el cordón detonante (pentacord), el equipo empelado para la carga explosiva es el anfo truck.

c) Sostenimiento

Debido a que la calidad de la masa de la roca no es buena y oscila de regular a mala, colocaron el perno helicoidal para darle estabilidad los bloques de roca y evitar desplazamientos y añadir una malla metálica en la parte del techo.

#### **2.2.2.8. Línea Base**

a) Geomorfología

- Relieve Cordillerano

Se encuentra localizada en el sector central norte corresponde a los nevados que presentan alta pendiente.

La glaciación cuaternaria es uno de los agentes principales en el diseño de todo el cuadrángulo, ahí es donde se mantiene debido a que se observa la acción del hielo en la roca, manteniendo los glaciares y que estos forman nevados: Queroni, Toldoqueri, Balansani, Ravelinas, entre otros; los cuales delinear todo el cuadrángulo de Macusani.

La litología presente son rocas ígneas como plutones y rocas sedimentarias pertenecientes al Paleozoico Superior

involucrando los grupos Ambo, Tarma, Copacabana y Mitu; conformadas por areniscas y calizas. (Luque, 2021, pág. 81).

- Laderas Cordilleranas

Se encuentran localizadas en la parte central y oriental del cuadrángulo y bordea el relieve cordillerano, las pendientes presentes no son muy pronunciadas, tiene perfiles asimétricos con quebradas profundas, forma un enlace con el relieve cordillerano y la peneplanicie andina.

La glaciación cuaternaria es un agente principal debido a que forma un grupo de cerros de altura media.

La litología está formada por rocas pertenecientes al Paleozoico Superior conformados por areniscas, calizas y conglomerados, ubicados al norte de lo que es denominado Depresión Ananea-Crucero-Cojata. (Luque, 2021, pág. 81).

- Peneplanicie Andina

Se encuentra localizada en la parte central y septentrional del cuadrángulo, compuesta por superficies planas, ligeramente onduladas con cerros de pequeña altura, rodeados por ríos que forman pequeños ríos y bofedales.

Son antiguas llanuras de origen glaciar, las cuales han sido sometidas a procesos de meteorización, erosión y remoción en la masa; causada principalmente por aguas de escorrentía es decir arroyos, ríos, bofedales. Formando éstas peneplanicies que son conocidas como pampas, como la pampa de Traypampa en la

parte central-occidental, y las pampas Lacca y Ccaluyo, a los alrededores de Macusani.

La peneplanicie está forrada por depósitos aluviales, glaciofluviales. (Luque, 2021, pág. 81).

- Lomas

Se encuentran localizadas en la parte central y noroccidental del cuadrángulo, bordeando las peneplanicies, formando pequeñas elevaciones de terreno con bordes redondos y alargados. (Luque, 2021, pág. 82).

- Colinas Intracordilleranas

Se encuentran localizadas en el sur de las peneplanicies centrales formando unas colinas que se elevan progresivamente de las peneplanicies centrales hasta los bordes de las zonas grandes llamadas cumbres intracordilleranas.

La litología está formada por rocas del Paleozoico Superior y de afloramientos del cenozoico que presentan elevaciones moderadas. (Luque, 2021, pág. 82).

- Cumbres Intracordilleranas

Se encuentran localizadas en la parte suroccidental del cuadrángulo, forman las partes más sobresalientes de la cordillera de Carabaya que viene a ser un macizo rocoso Paleozoico, caracterizado por una topografía de montañas cortadas por ríos profundos.

La litología está formada por afloramientos de areniscas y calizas pertenecientes al Paleozoico Superior que conforman los grupos Ambato, Tarma y Copacabana. (Luque, 2021, pág. 82).

- Sinclinorio de Putina

Se encuentra localizado en la parte del extremo suroeste del cuadrángulo, compuesto por colinas y cerros de cresta, se encuentran cortados por ríos y quebradas, posee un relieve con altitudes de 4000 a 4800 m.s.n.m.

La litología está formada por areniscas y calizas cretáceas pertenecientes a las formaciones Muni, Huancané, grupo Moho y formación Ausangate. (Luque, 2021, pág. 83).

- Plataforma Volcánica

Se encuentra localizada en el extremo noroccidental del cuadrángulo, compuesto de una superficie plana y ligeramente ondulada, presenta drenaje dendrítico de quebradas y barrancos. (Luque, 2021, pág. 83).

- Valles Fluviales

Se encuentran localizados en la parte central y meridional de cuadrángulo, al sur de las peneplanicies, pertenecen a los cursos inferiores de los ríos.

Su sección transversal es en forma de V, con poca pendiente y con un fondo plano relleno por depósitos fluviales que poseen limos, arenas y gravas. Los ríos que forman estos valles son Angostura, Pirhuani, Condoriri y Crucero. (Luque, 2021, pág. 83).

- Valles Glaciares

Se encuentran localizados en la parte central y nororiental del cuadrángulo de Macusani, formando los cursos superiores de los ríos, constituyen el enlace entre los nevados del lugar y los cursos medios de los ríos, así como peneplanicies.

Su sección transversal es en forma de U con un fondo curvo, el cual tiene mucha notoriedad en la parte de la cabecera de los ríos. Los ríos que forman estos valles son Cayconi, Añucaya, Chullumayo, Trapichi, Achisiri y Queyacucho. (Luque, 2021, pág. 83).

- Valles Encañonados

Se encuentran localizados al nororiente del cuadrángulo, se presentan como valles profundos y con pendientes verticales, normalmente tienen un fondo en forma de V, en el que destacan sus extensos acantilados.

Entre los valles encañonados de mayor importancia se tienen el curso inferior del río Achisiri, así como el de los ríos Sajosa y Pacchani. (Luque, 2021, pág. 84).

- Circos Glaciares

Se encuentran localizados al nororiente y centro del cuadrángulo, ubicándose en la cabecera de los ríos.

Su sección transversal es de forma de U con cabeceras empinadas y de forma circular, están separadas de los valles glaciares por umbrales, se encuentran forrados por depósitos

morrénicos de tamaños heterogéneos con harta presencia de bofedales y algunas lagunas de extensión pequeña.

Están asociadas a nevados como Balansani, Queroni, Toldoqueri y lagunas como Pumajolluni, Ajoyata y Pampacocha. (Luque, 2021, pág. 84).

## b) Geología

En el área del proyecto se muestra la presencia de rocas que van desde el Paleozoico Inferior hasta el cenozoico. (Acosta, Valencia, Flores, & Rodriguez, 2011).

- Rocas Metamórficas

### Formación Ananea

Formada litológicamente según Laubacher (1975) describió una serie de lutitas negras, finalmente estratificadas que afloran por la zona de Ananea, en el valle, así como en la cordillera oriental y que concuerdan con la formación sandía; también la presencia de filitas y pizarras de color gris oscuro presenta espesores delgados agrupados en paquetes de 20 a 80 centímetros. (Luque, 2021, pág. 84).

### Formación Sandía

Formada litológicamente por una secuencia de filitas grises oscuras, con intercalaciones de cuarcitas. Localmente entre las filitas afloran meta-andesitas, que muestran la evidencia de actividad volcánica contemporánea con la sedimentación. Las condiciones de esta formación son características de un ambiente marino poco profundo. También la presencia de capas de



areniscas de grano fino, dichas rocas dan indicios de yacimientos de oro con un elevado valor económico. (Luque, 2021, pág. 84).

- Rocas Intrusivas

En la cordillera oriental se presentan de manera localizada en forma de plutones y stocks, en su mayoría formados por monzogranitos que es una roca plutónica acida, constituida por cuarzo, feldespatos y plagioclasas junto con biotita como único mineral máfico. Este último es minoritario y se encuentra en posiciones intersticiales entre el resto de los minerales y tiene textura que está formada por agregados de cuarzo y feldespato. (Luque, 2021, pág. 85).

#### Depósitos Cuaternarios

Presentan espesores muy variables, se puede observar las áreas con cierta pendiente moderada. (Luque, 2021, pág. 85).

#### Depósitos Glaciares

Se encuentra de manera no continua en el área del yacimiento. Los depósitos más antiguos están formados por una mezcla de trozos de roca de distintas formas y tamaños de arcillas y arenas, generalmente son una maza compacta y sellada; con espesores que varían. (Luque, 2021, pág. 85).

#### Depósitos Fluvio-Glaciares

Se encuentran en los bordes de las quebradas de procedencia glaciar, así como algunas áreas cercanas a las lagunas, en su mayoría formados por una mezcla de limos con arenas y gravas, generalmente son compactas. (Luque, 2021, pág. 85)

## Figura 6

### Columna estratigráfica de Puno

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TIEMPO			UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		
ERA	SISTEMA	SERIE	NOMBRE	SIMBOLO	LITOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPOSITO ALUVIAL	Q-al	Grava y arena
			DEPOSITO FLUVIO-GLACIAL	Q-g	Grava, arena y finos
			DEPOSITO GLACIAL	Np-aj	Lutita y conglomerado
	TERCIARIO	PLIOCENO	FORMACIÓN PICOTANI	Np-pic	Tufos
			GRUPO COPACABANA	Pi-c	Cliza y arenisca
PALEOZOICO	PERMICO	INFERIOR	GRUPO COPACABANA	Pi-c	Cliza y arenisca
	CARBONIFERO	PENSILVANIANO	GRUPO TARMA	Cs-t	Arenisca cuarzosa
		MISISSIPIANO	GRUPO AMBO	Ci-a	Conglomerado, arenisca y lutita
	SILURICO DEVONICO		FORMACION ANANEA	SD-a	Pizarra negra
	ORDOVICICO	SUPERIOR	FORMACIÓN SANDIA	Os-s	Cuarcita con pizarra
		INFERIOR	FORMACIÓN SAN JOSE	Oj-sj	Lutita pizarrosa

*Nota.* La columna estratigráfica de forma gráfica es mostrada en el anexo 3. Tomado de Acosta, Valencia, Flores, & Rodriguez. (2011)

#### c) Hidrografía

El drenaje septentrional que corresponde a las cuencas del río Inambari y las subcuencas del río Macusani, Achisiri, Condoriquiña y Sajosa, que involucra drenaje detrítico donde los afluentes se originan en el deshielo de los nevados y en las partes altas de la cordillera oriental, que inicia en el río Antauta y desemboca en el Carabaya.

El drenaje meridional que es esencialmente subparelo formado por dos subcuencas del río Crucero y Condoriri con numerosas nacientes del río Viluyo. (Luque, 2021, pág. 86).

#### d) Clima

La siguiente clasificación climática se aplica al año 2020; Según Koeppen (1931) se han diferenciado cuatro tipos de climas en la Puna:

- El clima templado lluvioso, es seco en invierno con temperaturas que promedian entre los 3 y 18°C. En los meses de diciembre y marzo, ocurren fuertes precipitaciones fluviales.
- El clima frío, la temperatura es superior a los 10°C en la temporada de lluvias y en el período de heladas llega por debajo de los 0°C. En los meses de junio, julio y agosto ocurren las heladas a temperaturas que oscilan entre los 2 a -15°C. En los meses de setiembre y octubre, se presentan fuertes vientos y granizo.

Las precipitaciones presentes son de lluvia, nieve y granizo. (Luque, 2021, pág. 87).

### **2.3. Importancia de las Variables**

#### **2.3.1. Importancia de la Dilución**

La dilución es un factor de suma importancia que altera en el ámbito económico a los proyectos mineros. Mientras se identifican y calculan los otros elementos que están en los costos de un proyecto, es común tener hipótesis generales acerca del valor de la dilución antes de cuantificarlo. Por lo que se asumen valores por ejemplo en depósitos masivos de 8%, en depósitos tubulares de 4%. Por lo que dichos números asumidos sirven como punto de partida en el inicio del proyecto.

El factor de la dilución varía en distintas zonas de la mina, esto se da debido a la distribución, orientación y forma del cuerpo mineralizado, por lo

que es importante que dichas variaciones se tengan en cuenta en el diseño y evaluación del yacimiento minero.

La dilución aumenta los costos operativos en la chancadora y en el molino debido a que incrementa la cantidad de material a ser procesado. Además de su impacto directo sobre las utilidades a corto plazo de la compañía minera. Por lo que provoca variantes significativas en otros factores que en largo plazo disminuyen el valor general del proyecto. Por ejemplo, Se alarga la vida de la mina mediante la reducción de la capacidad de la chancadora, por lo que también se disminuye el nivel de alimentación.

En ciertos casos, para aprovechar la economía, las compañías mineras planifican las tasas de extracción más altas, por lo que el optar por una escala mayor significa que la operación tendrá menor selectividad, por lo que la dilución aumentará, por lo que ello frenará el propósito de incrementar el ritmo de producción.

Es complicado y costoso eliminar la dilución en su totalidad, pero está se puede calcular y controlar, debido a una mejor comprensión de las causantes y fuentes de la dilución, para que se pueda evaluar y planificar soluciones para la consecuencia.

La pérdida de mineral producto de la dilución está presente en todas las etapas del ciclo de minería y al mismo tiempo existen modelos y métodos que pueden ayudar a investigar la influencia de la dilución. Como por ejemplo varias compañías mineras emplean un software, que les sirve como una herramienta de fácil acceso.

### 2.3.2. Importancia de los parámetros

Para controlar la dilución se debe mencionar el papel que desempeñan los siguientes parámetros:

- a) Estudios Previos, para determinar la dilución, es necesario tener evaluado de manera profunda y concisa el tajo a explotar, es decir, conocer la geometría del yacimiento, la orientación y buzamiento de sus vetas, los reportes de las leyes de cabeza, el tonelaje de material adquirido, el método de explotación empleado; que se puede calcular mediante las tablas de valoración de Nicholas, todo ello para que se tenga claro si existe buena productividad y selectividad que dependen del porcentaje de dilución obtenida en las distintas partes del tajo (caja techo, caja piso y mineral).
- b) Método de explotación, para aprovechar un yacimiento minero es importante conocer la geometría (forma, tamaño, potencia y regularidad), características geomecánicas (resistencia a la compresión, espaciamiento entre discontinuidades y resistencia de discontinuidades), características económicas (leyes y ritmo de producción), así como la seguridad y el cuidado hacia el medio ambiente que genera.
- c) Reporte de la planta concentradora, sirve como guía al tener las leyes de cabeza, tonelaje de material durante los meses de enero, febrero y marzo de acuerdo con lo obtenido y lo que planificaron, con ellos sabrán las mejoras que necesitan realizar.

- d) Levantamiento topográfico, proporciona información sobre el yacimiento, garantizando la dirección de las vetas, así como la potencia y ancho de las ya mencionadas.
- e) Geomecánica, determina la calidad que presenta el macizo rocoso y de acuerdo con ello, evalúan si es que es necesario algún tipo de sostenimiento para mantener segura la labor, para ello se aplican modelos como el Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski y la Q de Barton.
- f) Área de diseño, para realizar la explotación de un tajo, es necesario realizar la planificación del proceso de perforación, en el que efectúan una malla de perforación que es un indicativo de la cantidad de taladros que serán llenados con explosivo, para fragmentar el material.
- g) Equipos de producción, para realizar los procesos unitarios de perforación y voladura; así como los servicios auxiliares, es necesario que los equipos que van a emplear se adapten a las dimensiones de la galería y a las condiciones del área de trabajo.
- h) Línea base, es vital que se conozcan los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y climáticos del área de influencia.

## **2.4. Modelo de las variables**

### **2.4.1. Modelo de cálculo de dilución Planificada/Operacional**

Para ello se necesita información geológica de la cobertura de muestreo, es decir, realizar una estimación de bloques, en seguida la revisión de la calidad del muestreo realizado, en seguida se realiza un control de calidad

de la data geológica. Después, se realiza la modificación en caso sean necesarias correcciones para llegar a una correcta interpretación de las zonas minerales. Por último, se determina la dilución planificada mediante una serie de formula que involucra el ancho de la veta de diseño y el ancho de la labor de diseño. Para calcular la dilución operacional se debe tener en cuenta variables operacionales como la veta real y el ancho de la labor real. (Rivas, 2018).

#### 2.4.2. Modelo RMR de Bieniawski

La clasificación geomecánica RMR, también conocida como clasificación geomecánica de Bieniawski, fue presentada por el Ingeniero Bieniawski en 1973 y cambiada sucesivamente en los años 1976, 1979, 1984 y 1989. Aprueba hacer una clasificación de las rocas 'in situ'. Se emplea generalmente en el diseño de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consiste en un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección en función de la orientación de las juntas. (González & Martínez, 2022, pág. 8)

(1)	Resistencia del material intacto (ensayo carga puntual o compresión simple)	valor máximo = 15
(2)	R.Q.D.	valor máximo = 20
(3)	Distancia entre las discontinuidades	valor máximo = 20
(4)	Condición de las discontinuidades	valor máximo = 30
(5)	Agua subterránea	valor máximo = 15

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

### 2.4.3. Modelo Q de Barton

Clasificación geomecánica que sirve para determinar el estado del macizo rocoso, que se emplea mayormente para el sostenimiento de túneles, el índice varía de valores entre 0.001 y 1000, que va de desde muy mala a muy buena. Se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- a) RQD/Jn (tamaño de bloques)
- b) Jr/Ja (Resistencia entre los bloques)
- c) Jw/SRF (Estado de tensión) (González & Martínez, 2022, pág. 15)

$$Q = (RQD/Jn) \cdot (Jr/Ja) \cdot (Jw/SRF)$$

### 2.5. Análisis Comparativo

Referido a los modelos que se mencionaron que analizan los factores de dilución y parámetros, se realiza un análisis comparativo. Ver tabla 7 y 8.

**Tabla 7**

*Análisis comparativo de la variable "Dilución"*

Modelo	Dimensiones	Similitudes	Diferencias	Ventajas	Desventajas
Bieniawski (1989)	Resistencia a la compresión	Determina el estado del macizo rocoso	Evaluación de propiedades del macizo	Es un modelo sencillo y económico	Dificultad cuando se aplica a taludes, debido a la orientación de discontinuidades
	RQD				
	Separación entre diaclasas				
	Condición de discontinuidades				
Barton (2000)	Presencia de Humedad	Determina el estado del macizo rocoso	Evaluación del sostenimiento de túneles	Diseña sostenimiento para túneles y excavaciones subterráneas	Realiza una evaluación del macizo de forma general
	Orientación de discontinuidades				
	RQD				
	índice de discontinuidades				
	índice de rugosidad				
Alteración de discontinuidades	Presencia de Agua	Estado Tensional			

*Nota.* RQD (índice de calidad de la roca). Elaboración propia.



**Tabla 8***Análisis comparativo de la variable "Parámetros"*

<b>Modelo</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Similitudes</b>	<b>Diferencias</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Dilución Planificada	Mineralización Densidad de la muestra Calidad de la muestra Ley de corte Control de calidad Interpretación	Llegan a calcular la dilución que presenta el cuerpo mineral.	Emplean la veta de diseño y el ancho de diseño de la labor.	Se llega al cálculo mediante un modelo matemático sencillo	No es tan exacto como el trabajar con un software
Dilución Operacional	Mineralización Calidad del macizo Control operacional Experiencia de operadores Interpretación	Llegan a calcular la dilución que presenta el cuerpo mineral.	Emplean la veta real y el ancho real de la labor.	Se llega al cálculo mediante un modelo matemático sencillo	No es tan exacto como el trabajar con un software

*Nota.* Elaboración propia.

## 2.5. Análisis Crítico

Respecto a la variable "dilución", se ha disgregado indicadores del modelo de dilución planificada y operacional.

- a) Mineralización, consta de la transformación que sufre el mineral al mezclarse con agentes de la naturaleza.
- b) Densidad de la muestra, se refiere a la masa en relación con el volumen que presenta la muestra.
- c) Calidad de la muestra, mediante protocolos, es decir, consiste en garantizar que la recolección de la muestra sea realizada con técnicas apropiadas.
- d) Ley de corte, revisar la concentración que debe tener el mineral para ser explotada.

- e) Control de calidad, consiste en realizar una revisión de la data geológica QAQC (estándares, blancos y duplicados de terrenos).
- f) Interpretación, consiste en revisión y modificación de criterios geológicos de las zonas minerales. (Rivas, 2018, pág. 63).

El modelo respecto a dilución operacional involucra los siguientes parámetros:

- a) Mineralización, proceso que ayuda a la formación de vetas.
- b) Calidad del macizo rocoso, tiene que ver procesos de esfuerzo, meteorización, resistencia a la compresión y discontinuidades.
- c) Control operacional, consiste en implementar medidas para controlar la dilución.
- d) Experiencia de operadores, importante para realizar un correcto cálculo de la dilución
- e) Interpretación, analizar distintos criterios geológicos.  
(Rivas, 2018, pág. 67).

Respecto a la variable "parámetros", se ha disgregado indicadores de los dos modelos tanto del RMR de Bieniawski.

- a) Resistencia a la compresión, se realiza mediante una serie de ensayos a testigos tomados de la roca matriz que se le pondera de 0 a 15.
- b) Índice de calidad de la roca, se pondera el grado de fracturación del macizo rocoso, que se le clasifica por porcentajes.
- c) Separación entre discontinuidades, muestra el espaciamiento entre cada diaclasa que va desde dos metros a menos de seis centímetros.
- d) Condición de las discontinuidades, muestra el estado de las diaclasas ya sea si presenta rugosidad, alteración de juntas y presencia de relleno.

- e) Presencia de humedad, muestra filtraciones y flujo de agua en las discontinuidades.
- f) Por último, se realiza una corrección, de acuerdo con la orientación de las discontinuidades si es favorable o desfavorable.

El modelo de Barton involucra los siguientes parámetros:

- a) RQD, muestra el índice de calidad de la roca.
- b)  $J_n$ , que trata el grado de fracturación del macizo.
- c)  $J_r$ , muestra el índice de rugosidad de las juntas.
- d)  $J_a$ , muestra la alteración de las discontinuidades.
- e)  $J_w$ , muestra el índice por presencia de agua
- f) SRF, trata sobre el estado tensional del macizo rocoso.

## **CAPITULO III**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1. Reseña Organizacional**

Los orígenes de la compañía minera se remontan a comienzos del siglo XX, cuando Lampa Mining Company era la única empresa minera en la región de Puno, laborando en los yacimientos de Santa Bárbara y San Rafael, algunas décadas más tarde, siendo el año de 1966 se fundó Minsur Sociedad Limitada y desde el año de 1977 se opera como Minsur, ver anexo 2 para ubicación (Minsur, 2022).

#### **3.2. Presentación de Actores**

La Actividad minera involucra la participación de diversos actores, que desempeñan diferentes roles, con el objetivo de lograr la producción y consumo del producto, destacando los siguientes actores:

##### **a) Población**

El grupo de personas que se encuentra situada en el área de influencia del proyecto minero perteneciente a la zona Carabaya, es el grupo interesado en el desarrollo de la actividad debido a que brinda oportunidades de trabajo, así como beneficios económicos.

##### **b) Productores**

La compañía minera Carabaya es la encargada de la producción de concentrados de finos, que se desarrolla desde la preparación hasta la explotación del material.

c) Sector Privado

Desarrolla un papel importante en el desarrollo del proyecto minero, que parte desde directivos, trabajadores, proveedores y empresas contratistas que efectúan labores en torno a la actividad o que han realizado inversiones en ella. Por lo que cada grupo mencionado cumple con sus propios objetivos, expectativas y necesidades. Por lo que es de suma importancia evaluar las diferencias entre cada grupo para mantener el bienestar social y el correcto desarrollo del proyecto.

d) Estado

Es la clave para desarrollar un óptimo desempeño de la actividad minera, que está representado por gobiernos locales, regionales y nacionales del sector, así como organizaciones pertenecientes a la actividad.

e) Consumidor

Involucra a todas las industrias, con las cuales se puedan elaborar productos a base de la materia prima que es producto de la actividad minera.

### **3.3. Políticas empresariales**

Se trabaja con políticas claras que guían el accionar y desempeño de la empresa, el de los colaboradores, contratistas, proveedores y visitantes, y que permiten garantizar la calidad y seguridad de las operaciones.

- Gobernanza y ética, cuenta con las siguientes políticas: Anticorrupción y Antisoborno, cumplimiento, Gestión de Riesgos, Prevención del Hostigamiento Sexual Laboral, Prevención LAFT, Interacción con funcionarios Públicos, Prevención de Riesgo de Fraude, Control BASC,

Corporativa Fiscal, Ética y Conducta, Seguridad de la Información, Riesgos Emergentes.

- Proveedores y contratistas, cuenta con las siguientes políticas: Código de Ética y Conducta para proveedores.
- Medio Ambiente, cuenta con las siguientes políticas: Ambiental, Cambio Climático, Medio Ambiente y Cierre, Gestión de Agua, Estándar de Biodiversidad, Estándar de Rehabilitación y Cierre, Gestión de Relaves.
- Derechos Humanos, cuenta con las siguientes políticas: Cadena y Suministro Responsable.
- Operaciones, cuenta con las siguientes políticas: Gestión Geotécnica en Instalaciones Críticas.
- Gestión del Talento, cuenta con las siguientes políticas: Recursos Humanos.
- Gestión Social, cuenta con las siguientes políticas: Gestión Social, Poblaciones Indígenas.
- Sostenibilidad, cuenta con las siguientes políticas: Sostenibilidad, Estrategia de Sostenibilidad y Materialidad, Información Adicional de Sostenibilidad. (Minsur, 2022).

## Directorio:

El directorio en la compañía minera va desde el presidente y cuenta con nueve directores como se observa en la figura 7.

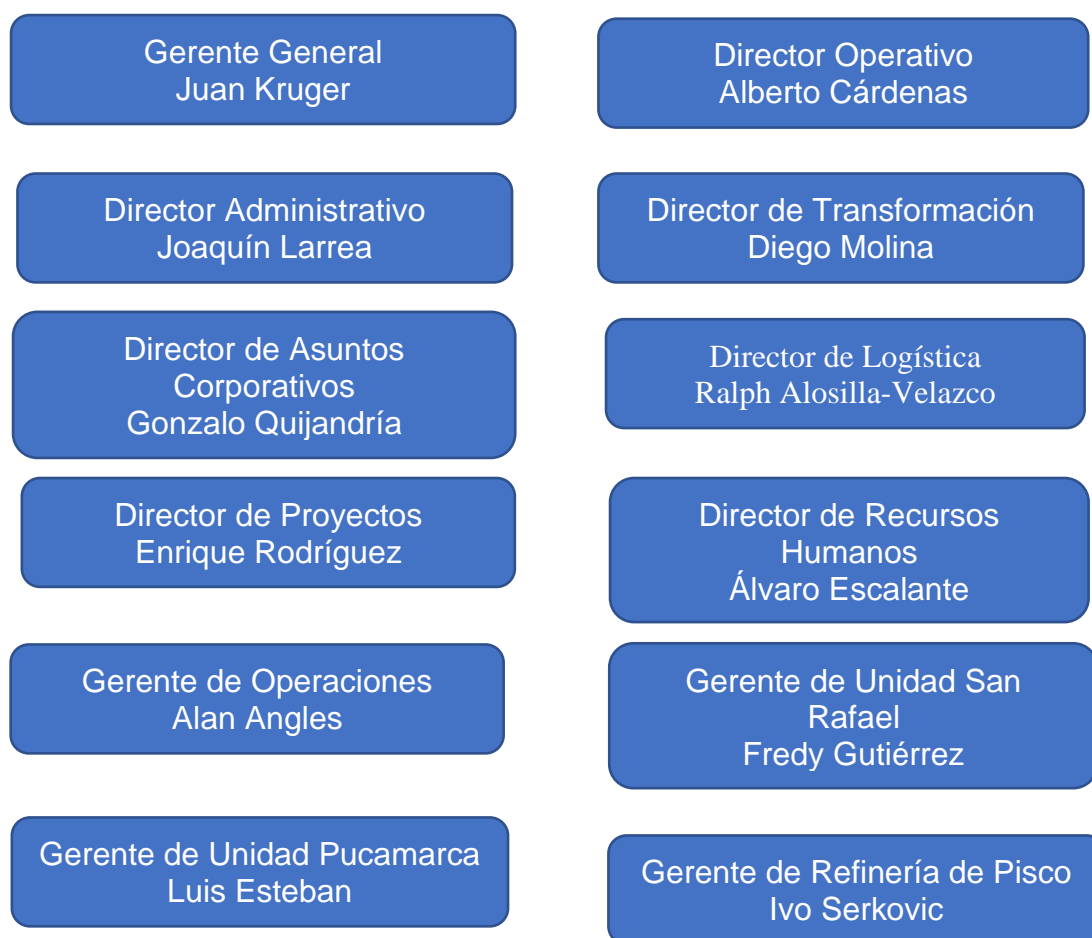
**Figura 7**

### Organigrama del directorio



*Nota.* Tomado de compañía minera MINSUR.

## Gerencia General:



### 3.4. Diagnóstico Sectorial

La estructura de la compañía se adapta al gran proceso de crecimiento y diversificación de las operaciones mineras. La organización promueve una forma de trabajo dinámico y horizontal, acorde a la gestión moderna.

Las Áreas se encuentran bajo el liderazgo de los mejores profesionales. Cada gerente ha sido seleccionado en base a su talento, trayectoria y valores, enriqueciendo la gestión con su experiencia, profesionalismo y compromiso.

- Gestión Social, cuenta con las siguientes políticas: Gestión Social, Poblaciones Indígenas.



- Sostenibilidad, cuenta con las siguientes políticas: Sostenibilidad, Estrategia de Sostenibilidad y Materialidad, Información Adicional de Sostenibilidad. (Minsur, 2022).

Basado en un análisis FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).

**Fortalezas:**

- Tercer puesto mundial en la producción de estaño y mina con los costos más competitivos.
- Cuenta con una refinería propia, lo cual desencadena en la optimización de costos.
- Inversión en exploración de nuevos yacimientos mineros y nuevos proyectos.
- Considerada la única compañía minera en Perú y Latinoamérica que exporta estaño.

**Oportunidades:**

- Expansión de estaño aplicando nuevas tecnologías, como el uso de baterías de iones de Li, que permitirá que se siga viendo atractivo para nuevos mercados.
- Multiplicidad en otras minas y nuevos proyectos.

**Debilidades:**

- Alta necesidad de expandir la vida útil de la mina San Rafael, lo cual necesitará de un préstamo estructurado entre 600 a 800 millones de dólares.
- Exposición a la volatilidad de precios (riesgo financiero) debido a los altos ingresos por el estaño.

**Amenazas:**

- Alta producción de estaño en Asia.
- Informalidad minera en Asia.
- Elevada volatilidad del precio del estaño. (Minsur, 2022).

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Marco Metodológico**

##### **4.1.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación está basada en un enfoque cuantitativo (leyes de cabeza, % de dilución, tiempo de ciclo) por el motivo que medirán variables expuestas a evaluación. (Fidias, 2012).

##### **4.1.2. Nivel de Investigación**

La investigación será explicativa, donde se detallará la raíz y consecuencia de la problemática; donde la raíz es la dilución, las consecuencias serán los resultados que se obtendrán luego del ajuste del área de diseño, con el fin de determinar si el procedimiento realizado era aceptable o no y con ello lograr la optimización de los procesos unitarios de perforación y voladura.

##### **4.1.3. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación es considerada no experimental debido a que se presenta una propuesta para el control de la dilución, por el motivo que no se tendrá un manejo de variables, siendo parte del tipo transversal por lo que se basa en analizar las variables en un momento establecido y brindar los resultados alcanzados. (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2007).

La presente investigación comprende la siguiente metodología de trabajo:

- a) Descripción de la importancia del trabajo de investigación y el efecto que genera en la evaluación de las reservas, el ciclo de minado y estimación de equipos para el desarrollo de la actividad minera.

- b) Explicación de los objetivos, la hipótesis y la justificación de la presente tesis.
- c) Realizar la operacionalización de las variables.
- d) Desarrollar los parámetros para el control de la dilución basándose en estudios previos, método de explotación y las labores de explotación.
- e) Recopilación de la información de la topografía, reporte de la planta concentradora, geomecánica de tajos, área de diseño, equipos de producción y línea base).
- f) Marco referencial (reseña organizacional, filosofía organizacional, políticas empresariales, diseño organizacional, productos/servicios, diagnóstico organizacional).
- g) Evaluación de equipos de producción
- h) Comparación de la dilución de diseño y real del proyecto actual y del propuesto.
- i) Evaluación de la sobre dilución.
- j) Comparación del ciclo de minado actual y el propuesto.
- k) Evaluación económica con el nuevo ciclo de minado en función a la nueva estimación de las reservas.
- l) Efectuar una nueva evaluación sobre las reservas teniendo en cuenta el ajuste realizado al área de diseño, que se asemejará a la dilución obtenida en mina.
- m) Comparación de los flujos de caja de ambos escenarios.
- n) Bibliografía

#### **4.1.4. Población y Muestra**

##### **4.1.4.1. Población**

El estudio de la investigación se ubica en la Zona Carabaya en el distrito de Macusani-Puno.

##### **4.1.4.2. Muestra**

La muestra será no probabilística dirigida, debido a que se efectuará en la zona de explotación de los tajos J1, J2, J3 y que fueron evaluadas para el control de la dilución de acuerdo con lo mencionado en la investigación.

#### **4.1.5. Métodos de recolección de datos**

Los datos obtenidos en campo son sometidos a técnicas como la observación, análisis de muestras, evaluación de los tajos para determinar las leyes de cabeza en las labores de explotación en la zona de la mina Carabaya.

Los datos fueron monitoreados, procesados e interpretados por medio de estadística empleando el aplicativo Excel, realizando cálculos de los valores adecuados de la dilución, para así lograr un correcto control de esta, así como la nueva estimación de las reservas, costos operativos y ciclo de minado, que fueron proyectados mediante cuadros comparativos con los datos anteriores.

#### **4.1.6. Instrumentos de la investigación**

a) Ficha de observación: En la cual se registraron todos los cálculos efectuados, para la realización tanto del control de la dilución (variable dependiente) como la optimización de los procesos de perforación y voladura (variable independiente).

- b) Búsqueda en la base de datos de la empresa sobre los balances metalúrgicos para tener conocimiento sobre las leyes de cabeza.
- c) Cuadros comparativos: Donde realizaron una diferenciación de las antiguas reservas y la nueva estimación de estas.
- d) Búsqueda en la base de datos de la empresa sobre los balances metalúrgicos para tener conocimiento sobre las leyes de cabeza.

## **4.2. Resultados**

### **4.2.1. Análisis de Datos**

La compañía minera llegó a la conclusión que el factor constante es la sobre dilución, el cual es un desencadenante de gran magnitud, en la variación de las leyes de cabeza tanto en lo planificado como en lo efectuado, por lo tanto, una de las medidas que plantearon fue ajustar la sección de diseño, la cual tiene la particularidad de ser de menor dimensión que la actual que es de 4x4 metros. El efectuar el reajuste en la sección de diseño involucrará la comparación de los resultados del Valor Presente Neto de selectividad y productividad, sin alterar el ritmo de producción diaria el cual es de 1400 toneladas por día. En el proceso de selectividad se tendrán en cuenta nuevos cálculos de dilución, costo de operación y reservas.

De lo obtenido del balance metalúrgico, llegaron a analizar que las presentes leyes de cabeza calculadas para el mes varían mucho a lo obtenido por la planta concentradora, por lo que lo realizado, está en inferioridad como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9***Balance metalúrgico de las leyes de cabeza*

<b>Metal</b>	<b>Enero</b>
Cu%	-30.14
Pb%	-26.53
Zn%	-3.41
Ag Oz/t	-15.34
<b>Metal</b>	<b>Febrero</b>
Cu%	-30.14
Pb%	-40.82
Zn%	3.90
Ag Oz/t	21.16
<b>Metal</b>	<b>Marzo</b>
Cu%	-20.55
Pb%	-34.18
Zn%	-8.46
Ag Oz/t	-12.17

*Nota.* Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn),

Plata (Ag), Tomado del Área de metalurgia

de la Mina Carabaya.

#### **4.2.2. Ajuste de Área de diseño**

Para tomar en cuenta la sección de diseño empleada fue de dimensiones 3x3 metros, teniendo en cuenta que no alteraron de forma significativa a los equipos empleados en mina y ayudó a mejorar la selectividad. El cambiar el área de minado tuvo como efecto el emplear equipos de menor dimensión y capacidad, como por ejemplo el equipo de limpieza que fue el scooptram ST3.5, al seleccionar dicho equipo el ciclo de minado sufrió una modificación, porque obtuvieron un rendimiento menor al equipo que se utiliza actualmente que es de seis yardas cúbicas, también planearon que para el cambio de equipo necesitaban una inversión requerida.

### **4.2.3. Evaluación de equipos de producción**

#### **4.2.3.1. Perforación**

La perforadora DD210 de la empresa Sandvik, realizó sin inconvenientes la labor, debido a que se adaptó a la nueva sección de diseño, ya que dicho equipo puede efectuar trabajos en secciones de dimensiones mínimas a 2.5x2.5 metros.

#### **4.2.3.2. Voladura**

Para la carga de explosivos, el equipo anfo truck, pudo acoplarse a la sección de 3x3 metros, debido a que presenta dimensiones de 2.4 metros por 2.2 metros.

#### **4.2.3.3. Sostenimiento**

Respecto al proceso de sostenimiento emplearon equipos como el Spraymec y Mixer, los cuales efectuaron su trabajo sin ningún problema, ya que presenta dimensiones menores a la nueva sección. En la tabla 10, se aprecia la cantidad de unidades disponibles para la labor de sostenimiento y las dimensiones (alto, largo, ancho) de cada uno de los equipos.



**Tabla 10***Dimensiones de equipos de Sostenimiento*

<b>Equipo</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Unidades</b>
Spraymec	2.6	2.1	9	2
Mixer	2.8	2.3	7	3

*Nota.* Equipos para complementar las tareas de sostenimiento y brindar seguridad a las labores. Tomado de Epiroc.

#### **4.2.3.4. Limpieza**

Debido a que la nueva sección es de 3 por 3 metros, realizaron la modificación de equipo mencionada anteriormente, que en este caso fue un Scooptram ST3.5, tener en cuenta que el equipo mencionado para laborar necesita dimensiones de trabajo de 2.7 por 2.5 metros, por lo tanto, es ideal para la nueva área de diseño. En la tabla 11 se muestran las especificaciones técnicas del equipo.

**Tabla 11***Especificaciones técnicas ST3.5*

<b>Scooptram ST3.5</b>	
<b>Capacidad de cuchara (yd<sup>3</sup>)</b>	4.00
<b>Longitud (m)</b>	8.45
<b>Altura de cabina (m)</b>	2.12
<b>Ancho (m)</b>	1.91
<b>Factor de esponjamiento (%)</b>	0.30
<b>Densidad de mineral (ton/m<sup>3</sup>)</b>	2.70
<b>Factor de llenado (%)</b>	0.80
<b>Tonelaje movido (ton)</b>	6.70
<b>Rendimiento (ton/hora)</b>	70.00

*Nota.* Tomado de Epiroc.

#### 4.2.4. Evaluación de la Sobre dilución

Analizaron como es que la sobre dilución es un factor que afecta de forma drástica a las leyes como a los tonelajes en las vetas estudiadas en la visita a campo. Se obtiene de la diferencia entre el ancho de la veta media estudiada y el ancho de la veta real. También para el cálculo tomaron en cuenta, el porcentaje de dilución de voladura que se obtiene por el ancho de minado, luego del disparo que como máximo es de 3.41 metros, de tal manera la voladura influyó de manera considerable en la dilución. El porcentaje de dilución que obtuvieron del arrastre, geomecánica y sostenimiento son datos que no afectan en gran medida a la dilución total, ver tabla 12.

**Tabla 12**

*Dilución Operativa de diseño del tajo J1*

<b>Tajo J1</b>	
<b>Dilución</b>	<b>Trimestral</b>
Diseño (%)	29
Voladura (%)	7
Geomecánica (%)	1
Arrastre (%)	4
Sostenimiento (%)	1
<b>Operativa de Diseño (%)</b>	<b>42</b>

*Nota.* Los parámetros para el cálculo se determinaron en base a la tabla 2. Elaboración propia.

En la tabla 13, se observa la dilución operativa real mensual del tajo J1, añadiendo porcentajes de dilución de procesos operativos.

**Tabla 13***Dilución operativa real del tajo J1*

<b>Tajo J1</b>			
<b>Dilución</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Real (%)	32	23	29
Voladura (%)	9	14	12
Geomecánica (%)	1	1	1
Arrastre (%)	4	4	4
Sostenimiento (%)	1	1	1
<b>Operativa Real (%)</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>47</b>

*Nota.* Los parámetros para el cálculo se determinaron de la tabla 2. Elaboración propia.

En el tajo J1, existe presencia de sobre dilución en los meses de enero (5), febrero (1) y marzo (5), debido a que la dilución operativa real es mayor a la dilución operativa de diseño, como se observa en la tabla 14.

**Tabla 14***Sobre dilución del tajo J1*

<b>Tajo J1</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Operativa de diseño	42	42	42
Operativa real	47	43	47
<b>Sobre dilución</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 15, se observa la dilución operativa de diseño trimestral del tajo J2, obtenida con los datos de la tabla 2, añadiendo porcentajes de dilución de procesos operativos.

**Tabla 15***Dilución Operativa de diseño del tajo J2*

<b>Tajo J2</b>	
<b>Dilución</b>	<b>Trimestral</b>
Diseño (%)	30
Voladura (%)	7
Geomecánica (%)	1
Arrastre (%)	4
Sostenimiento (%)	1
<b>Operativa de Diseño (%)</b>	<b>43</b>

*Nota.* Los parámetros para el cálculo de la dilución operativa de diseño se determinaron en base a la tabla 2. Elaboración propia.

En la tabla 16, se observa la dilución operativa real mensual del tajo J2, añadiendo porcentajes de dilución de procesos operativos.

**Tabla 16***Dilución operativa real del tajo J2*

<b>Tajo J2</b>			
<b>Dilución</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Real (%)	30	19	18
Voladura (%)	10	11	14
Geomecánica (%)	1	1	1
Arrastre (%)	4	4	4
Sostenimiento (%)	1	1	1
<b>Operativa Real (%)</b>	<b>46</b>	<b>36</b>	<b>38</b>

*Nota.* Los parámetros para el cálculo de la dilución operativa real se determinaron en base a la tabla 2. Elaboración propia.

En el tajo J2, solo existe presencia de sobre dilución en el mes de enero (3), a diferencia que en los meses de febrero (0) y marzo (0), debido a que la dilución operativa real es mayor a la dilución operativa de diseño, como se observa en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Sobre dilución del tajo J2*

<b>Tajo J2</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Operativa de diseño	43	43	43
Operativa real	46	36	38
<b>Sobre dilución</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 18, se observa la dilución operativa de diseño trimestral del tajo J3, obtenida con los datos de la tabla 2, añadiendo porcentajes de dilución de procesos operativos.

**Tabla 18**

*Dilución Operativa de diseño del tajo J3*

<b>Tajo J3</b>	
<b>Dilución</b>	<b>Trimestral</b>
Diseño (%)	19
Voladura (%)	6
Geomecánica (%)	1
Arrastre (%)	4
Sostenimiento (%)	1
<b>Operativa de Diseño (%)</b>	<b>31</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 19, se observa la dilución operativa real mensual del tajo J3, obtenida con los datos de la tabla 2, añadiendo porcentajes de dilución de procesos operativos.

**Tabla 19**

*Dilución operativa real del tajo J3*

<b>Tajo J3</b>			
<b>Dilución</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Real (%)	24	24	11
Voladura (%)	11	7	15
Geomecánica (%)	1	1	1
Arrastre (%)	4	4	4
Sostenimiento (%)	1	1	1
<b>Operativa Real (%)</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>32</b>

*Nota.* Elaboración propia

En el tajo J3, existe presencia de sobre dilución en los meses de enero (10), febrero (6) y marzo (1), debido a que la dilución operativa real es mayor a la dilución operativa de diseño, como se observa en la tabla 20.

**Tabla 20**

*Sobre dilución del tajo J3*

<b>Tajo J3</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Operativa de diseño	31	31	31
Operativa real	41	37	32
<b>Sobre dilución</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>1</b>

*Nota.* Elaboración propia

En el tajo J1, las leyes en el trabajo ejecutado están por debajo a lo planificado, lo que indica la sobre dilución obtenida en los tres meses, como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21***Leyes diluidas planificado vs ejecutado tajo J2*

<b>TAJO J1</b>					
<b>Planificado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Ag Oz/t</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.45	3.00	6.45	1.40	835
Febrero	0.45	3.00	6.45	1.40	1280
Marzo	0.45	3.00	6.45	1.40	1000
<b>Ejecutado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Ag Oz/t</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.41	2.80	5.96	1.29	844
Febrero	0.44	2.95	6.40	1.38	1401
Marzo	0.41	2.85	6.08	1.30	1033

*Nota.* Tomado del Área de planeamiento mina Carabaya.

En el tajo J2, las leyes en el trabajo ejecutado están por encima a lo planificado, por lo que no existe sobre dilución, como se observa en la tabla 22.

**Tabla 22***Leyes diluidas planificado vs ejecutado tajo J2*

<b>TAJO J2</b>					
<b>Planificado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Ag Oz/t</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.80	1.13	3.35	1.11	1100
Febrero	0.80	1.13	3.35	1.11	1270
Marzo	0.80	1.13	3.35	1.11	1550
<b>Ejecutado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Ag Oz/t</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.73	1.02	3.04	1.01	1168
Febrero	0.86	1.21	3.59	1.19	1431
Marzo	0.83	1.17	3.47	1.15	1803

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

En el tajo J3, Las leyes en el trabajo ejecutado están por debajo a lo planificado y el tonelaje el trabajo ejecutado está por encima a lo planificado, ver tabla 23.

**Tabla 23**

*Leyes diluidas planificado vs ejecutado tajo J3*

<b>TAJO J3</b>					
<b>Planificado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Ag Oz/t</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.22	1.50	7.60	1.05	1135
Febrero	0.22	1.50	7.60	1.05	850
Marzo	0.22	1.50	7.60	1.05	1300
<b>Ejecutado</b>					
<b>Mes</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>	<b>Tonelaje</b>
Enero	0.18	1.25	6.36	0.87	1200
Febrero	0.20	1.37	6.93	0.95	853
Marzo	0.22	1.48	7.49	1.04	1474

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

#### **4.2.5. Ciclo de minado**

Es de suma importancia saber las dimensiones y características de los tajos, porque con ello se podrá calcular el tonelaje que se necesita fracturar, limpiar y rellenar conociendo las características del material, tanto mineral y desmonte. En la tabla 24, muestra las características del tajo comenzando por las dimensiones que tiene y la densidad tanto de la mena como el de la ganga.



**Tabla 24***Características de los tajos*

<b>Largo (m)</b>	30.00
<b>Ancho (m)</b>	3.50
<b>Altura (m)</b>	25.00
<b>Densidad mineral (ton/m3)</b>	2.70
<b>Densidad desmonte (ton/m3)</b>	2.15

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

Es factor importante el cálculo de las horas efectivas por día, debido a que en todo el turno no se trabaja por completo, existen otras actividades que complementan la actividad, que se tienen que realizar, ya sea por el cumplimiento de los procedimientos, necesidades del trabajador. Por lo que en la tabla 25, se tiene el número de horas de trabajo efectivo que es de 12, con dos turnos de labor y el número de horas de no producción de 5.4 (ingreso a la labor, verificación de equipos de protección personal, revisión de instalaciones; agua, electricidad, traslado a comedor, almuerzo, traslado a labor, etc.)

**Tabla 25***Horas efectivas de trabajo por día*

<b>Horas de trabajo efectiva</b>	12.00
<b>Ingreso a labor (horas)</b>	0.80
<b>Check list (horas)</b>	0.30
<b>Instalaciones (horas)</b>	0.30
<b>Traslado a comedor (horas)</b>	0.20
<b>Comida (horas)</b>	1.00
<b>Traslado a labor (horas)</b>	0.30
<b>Extras (horas)</b>	1.50
<b>Traslado a superficie (horas)</b>	1.00
<b>Horas de no producción</b>	5.40

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 26, se muestra el ciclo de minado actual del proyecto (sección de diseño de 4x4m) y ciclo de minado propuesto (sección de diseño de 3.5x3.5m). En el proceso de perforación actual, la malla empleada es dimensiones 0.7x0.7m, por lo que el número de taladros empleado es 240, a diferencia del proceso de perforación propuesto, con una malla de perforación de 1.3x1.3m y 276 taladros, en el proceso de voladura actual el número de taladros cargados será la misma cantidad de la perforación y el tiempo total de carga será de 4 horas, en cambio, en el proceso de voladura propuesto al ser mayor la cantidad de taladros a cargar, el tiempo total aumentará en una hora. Con referencia a la limpieza cambiaron la capacidad del scoop de 6yd<sup>3</sup> a 4yd<sup>3</sup> debido a que el material a romper es menor y respecto al sostenimiento del ciclo actual el número de taladros empleados es de 52 con un tiempo de perforación de 1.9 horas y en el ciclo propuesto el número de taladros es de 63 con un tiempo de perforación de 2.4 horas.

**Tabla 26***Ciclo de minado Actual vs Propuesto*

<b>Ciclo de minado actual (4mx4m)</b>					
<b>Perforación</b>		<b>Voladura</b>		<b>Sostenimiento</b>	
Perforación x taladro (m/min)	1.20	# taladros cargados	240	Perforación x taladro (m/min)	1.2
Malla de perforación (m <sup>2</sup> )	0.81	Tiempo de carga (min)	1	Malla de perforación (m <sup>2</sup> )	2.2
# taladros	240.00	Tiempo total (h)	4	# taladros	52
Longitud perforación (m)	3.50			Longitud perforación (m)	1.8
Tiempo perforación (min)	666.67	<b>Limpieza</b>		Tiempo perforación (min)	112.32
Tiempo perforación (hrs)	11.11	Eficiencia Scoop 6yd <sup>2</sup> (ton/h)	110	Tiempo perforación (hrs)	1.9
Volumen a romper (m <sup>3</sup> )	560.00	Capacidad Scoop (ton/día)	1355		
Toneladas a romper (ton)	1512.00	Horas de limpieza	13		
Rendimiento (ton/h)	136.09				
Capacidad jumbo (ton/día)	1633.12				
<b>Ciclo de minado propuesto (3mx3m)</b>					
<b>Perforación</b>		<b>Voladura</b>		<b>Sostenimiento</b>	
Perforación x taladro (m/min)	1.20	# taladros cargados	276	Perforación x taladro (m/min)	1.2
Malla de perforación (m <sup>2</sup> )	0.49	Tiempo de carga (min)	1	Malla de perforación (m <sup>2</sup> )	2.2
# taladros	276.00	Tiempo total (h)	5	# taladros	63
Longitud perforación (m)	3.50			Longitud perforación (m)	1.9
Tiempo perforación (min)	761.90	<b>Limpieza</b>		Tiempo perforación (min)	143.64
Tiempo perforación (hrs)	12.70	Eficiencia Scoop 4yd <sup>2</sup> (ton/h)	70	Tiempo perforación (hrs)	2.4
Volumen a romper (m <sup>3</sup> )	428.75	Capacidad Scoop (ton/día)	810		
Toneladas a romper (ton)	1157.63	Horas de limpieza	20		
Rendimiento (ton/h)	91.15				
Capacidad jumbo (ton/día)	1093.82				

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

En la tabla 27, se observa el resumen del ciclo de minado, después del análisis se dieron cuenta que era importante contar con dos tajos en la labor, debido a que se tenía que cumplir con la producción de 1400 ton/día, por lo que tomaron la decisión de aumentar un tajo más para la producción, a diferencia de la información actual. Además, se aprecia la duración en días de cada ciclo y la producción por ciclo; siendo el actual de 2.05 días y 843.80 ton/día respectivamente y el propuesto de 2.72 días y 556.59 ton/día, dependiendo absolutamente del número de tajos.

**Tabla 27**

*Resumen del ciclo de minado*

<b>Actual</b>		<b>Propuesto</b>	
días x ciclo	2.05	días x ciclo	2.72
producción x ciclo (ton/día)	843.80	producción x ciclo (ton/día)	556.59
producción a planta (ton/día)	1400.00	producción a planta (ton/día)	1400.00
<b>tajos necesarios</b>	<b>1.65</b>	<b>tajos necesarios</b>	<b>2.51</b>

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

En la tabla 28, se aprecia el requerimiento de equipos de producción tanto en el actual ciclo de minado (área de diseño de 4x4m) y el ciclo de minado propuesto (sección de diseño de 3.5x3.5m). Debido a que el número de tajos en lo propuesto es mayor al actual, por lo tanto, las perforaciones a realizar son mayores, por lo que el número de jumbos ahora serán de dos, manteniendo los equipos de sostenimiento y voladura y modificando el equipo de limpieza debido a las dimensiones de la nueva sección.

**Tabla 28**

*Requerimiento de equipos de producción*

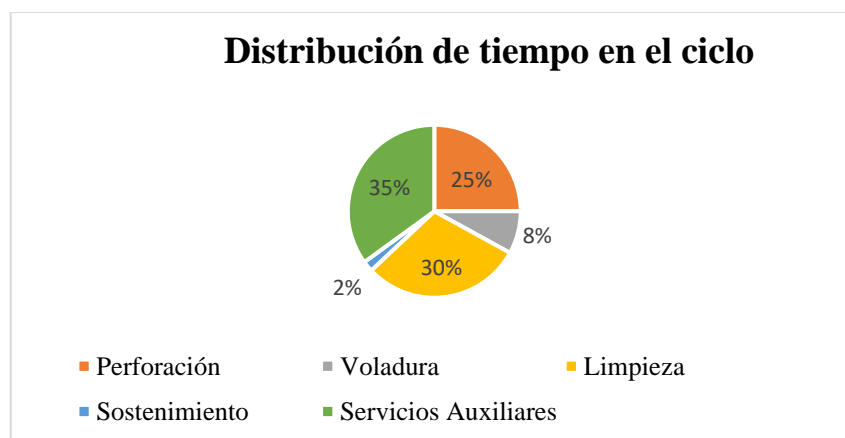
<b>Actual</b>		<b>Propuesto</b>	
# Jumbos	1	# Jumbos	2
# Scooptram	2	# Scooptram	2
# Spraymec	1	# Spraymec	1
# Rockbolt	1	# Rockbolt	1
# Anfo truck	1	# Anfo truck	1

*Nota.* Tomada del Área de planeamiento mina Carabaya.

La distribución del tiempo en el ciclo está conformada; en un 35% en servicios auxiliares como drenaje, ventilación, energía, relleno; 30% empleado para el proceso de limpieza, para retirar el volumen de material roto producto de la voladura, en un 25% en perforación, ya que ahora serán empleados dos tajos para la actividad de producción y cumplir con 1400 ton/día; 8% en el proceso de voladura, para la colocación de los explosivos en los taladros realizados y 2% en sostenimiento, debido a que después de la voladura el macizo rocoso queda debilitado, ver figura 8.

**Figura 8**

*Distribución de tiempo en el ciclo*



*Nota.* Área de planeamiento mina Carabaya.

#### 4.2.6. Costos Productivos

Como se observa en la tabla 29, para realizar los cálculos del costo productivo, tomaron en cuenta el aumento en el costo mina, ya que no se trabajará con un tajo como se labora en el ciclo actual, sino que ahora serán dos tajos en el ciclo propuesto, debido a que se tiene como uno de los objetivos de la empresa conservar la producción.

**Tabla 29**

*Costo de producción actual vs propuesto*

<b>Costo Actual</b>		<b>Costo Propuesto</b>	
<b>Actividades</b>	<b>Costo Total (\$/ton)</b>	<b>Actividades</b>	<b>Costo Total (\$/ton)</b>
Costo Mina	34.50	Costo Mina	42.00
Costo Planta	16.20	Costo Planta	16.20
Gastos Generales	10.00	Gastos Generales	10.00
Gastos Administrativos	7.50	Gastos Administrativos	7.50
Venta concentrados	13.00	Venta concentrados	13.00
<b>Total</b>	<b>81.20</b>	<b>Total</b>	<b>88.70</b>

*Nota.* Área de costos y presupuestos mina Carabaya.

#### 4.2.7. Evaluación de Reservas Actuales

En la compañía minera de Carabaya, realizaron la estimación de reservas, empleando un factor de dilución del 32%, lo realizado no es exacto y correcto, porque se toma el ancho de minado y la media del ancho de la veta, teniendo en cuenta que tampoco se considera la dilución del arrastre (piso).

$$\% \text{dilución} = (1 - 2.7/4) * 100\% = 32\%$$

Para realizar una adecuada estimación de reservas, consideraron la sección de diseño que en un inicio era de 4x4 metros, la dilución de la base es de los datos obtenidos en la visita a campo, por lo general se encuentra en un 4%, el ancho de veta media es de 2.7 metros y el buzamiento es de 58°. A

continuación, en la tabla 30, se muestra la dilución total (dilución de diseño y la dilución del arrastre).

**Tabla 30**

*Dilución de diseño del proyecto actual*

<b>Dilución Actual</b>	
<b>Dilución diseño</b>	32%
<b>Dilución Arrastre</b>	4%
<b>Dilución total</b>	<b>36%</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Para calcular la Vida Óptima de Explotación (VOE) y Ritmo Óptimo de Producción se empleó la Regla de Taylor. (Navea, 2017, pág. 3).

El tonelaje fue de 2152100, con una vida óptima de explotación de 9.45 años y un ritmo óptimo de producción de 0.53 millones de toneladas/año, al laborar los 360 días calendario, resulta una producción diaria de 1400 ton, como se observa en la tabla 31.

**Tabla 31**

*VOE y ROP del ciclo de minado actual*

<b>Tonelaje</b>	<b>VOE (años)</b>	<b>ROP (millones de ton anuales)</b>
2152100	9.45	0.53

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 32, se observan las reservas probadas y probables. A fecha 31/12/2020 se tiene una evaluación aproximada de 2152100 toneladas con leyes de Cu (0.58%), Pb (5.03%), Zn (10.83%) y Ag (4.28 Oz/ton).

**Tabla 32**

*Evaluación de reservas del ciclo de minado actual*

Zona	Reservas Probadas				
	Tonelaje	Leyes			
		Cu%	Pb%	Zn%	Ag Oz/ton
A	388560	0.20	6.35	11.74	3.10
B	58505	0.09	5.15	11.10	6.20
C	10550	0.93	5.70	12.60	6.63
D	433360	1.35	5.55	13.05	3.10
<b>Total</b>	<b>890975</b>	<b>0.64</b>	<b>5.69</b>	<b>12.12</b>	<b>4.76</b>
Zona	Reservas Probables				
	Tonelaje	Leyes			
		Cu%	Pb%	Zn%	Ag Oz/ton
A	227750	0.10	4.28	9.09	2.70
B	230695	0.32	3.93	8.45	4.99
C	150500	1.08	5.05	9.60	4.36
D	652180	0.59	4.20	11.02	3.19
<b>Total</b>	<b>1261125</b>	<b>0.52</b>	<b>4.37</b>	<b>9.54</b>	<b>3.81</b>
<b>Reservas Totales</b>	<b>2152100</b>	<b>0.58</b>	<b>5.03</b>	<b>10.83</b>	<b>4.28</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 33, se aprecia el valor punto, que depende de factores como el precio de mercado de cada metal al cual se le descuenta un porcentaje por maquila, penalidades, la recuperación económica y la recuperación metalúrgica; teniendo como valor punto del Cu (20.73 \$/ton), Zn (19.41 \$/ton), Pb (12.12 \$/ton) y Ag (9.12 \$/oz).



**Tabla 33***Valor punto del ciclo de minado actual*

<b>Ítem</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Ag</b>
Precio (\$/ton)	4406.47	2640.53	1888.64	15.77
Reducción	45%	15%	25%	25%
Rec. Económica	94%	94%	94%	94%
Rec. Metalúrgica	91%	92%	91%	82%
<b>Valor punto (\$/ton)</b>	<b>20.73</b>	<b>19.41</b>	<b>12.12</b>	<b>9.12 (\$/oz)</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Las Reservas Probadas fueron de 53.28 \$/ton respecto al Cobre, 471.63 \$/ton respecto al Plomo, 941.19 \$/ton respecto al Zinc y 369.37 \$/ton respecto a la Plata. Concerniente a las Reservas Probables que fue de 43.33 \$/ton respecto al Cobre, 361.97 \$/ton respecto al Plomo, 740.69 \$/ton respecto al Zinc y 295.81 \$/ton respecto a la Plata, observar la tabla 34.

**Tabla 34***Valor mineral del ciclo de minado actual*

<b>Reservas Probadas</b>					
<b>Zona</b>	<b>Valor Mineral (\$/ton)</b>				<b>Total (\$/ton)</b>
	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>	
A	4.15	131.64	227.87	60.17	<b>423.83</b>
B	1.87	106.77	215.45	120.34	<b>444.42</b>
C	19.28	118.17	244.57	128.69	<b>510.70</b>
D	27.99	115.06	253.30	60.17	<b>456.52</b>
<b>Total</b>	<b>53.28</b>	<b>471.63</b>	<b>941.19</b>	<b>369.37</b>	
<b>Reservas Probables</b>					
<b>Zona</b>	<b>Valor Mineral (\$/ton)</b>				<b>Total (\$/ton)</b>
	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>	
A	2.07	88.73	176.44	52.41	<b>319.65</b>
B	6.63	81.47	164.01	96.86	<b>348.98</b>
C	22.39	104.69	186.34	84.63	<b>398.05</b>
D	12.23	87.07	213.90	61.92	<b>375.12</b>
<b>Total</b>	<b>43.33</b>	<b>361.97</b>	<b>740.69</b>	<b>295.81</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

El valor mineral por zona A es de 423.83 \$/ton, de la zona B que fue de 444.42 \$/ton, de la zona C que fue de 510.70 \$/ton y de la zona D que fue de 456.52 \$/ton todo ello correspondiente a las reservas probadas del ciclo de minado actual.

El valor mineral por zona A que fue de 319.65 \$/ton, de la zona B que fue de 348.98 \$/ton, de la zona C que fue de 398.05 \$/ton y de la zona D que fue de 375.12 \$/ton todo ello correspondiente a las reservas probadas del ciclo de minado actual.

#### 4.2.8. Evaluación de Reservas Propuesta

La compañía minera tiene en cuenta que el cambio de la sección de minado mostrará efectos de cambio en las leyes y tonelaje de nuestras reservas, lo cual tendrá otro desencadenante en los ingresos a la empresa minera y aparte mantener la producción de 1400 ton/día. Ver tabla 35.

**Tabla 35**

*Dilución de diseño del proyecto propuesta*

<b>Dilución Propuesta</b>	
<b>Dilución diseño</b>	26%
<b>Dilución Arrastre</b>	4%
<b>Dilución total</b>	<b>30%</b>

*Nota.* Área de Geología mina Carabaya.

El tonelaje es de 2135457, con una vida óptima de explotación de 9.43 años y un ritmo óptimo de producción de 0.53 millones de toneladas/año, al laborar

los 360 días calendario, resulta una producción diaria de 1400 toneladas, como se observa en la tabla 36.

**Tabla 36**

*VOE y ROP del ciclo de minado propuesto*

<b>Tonelaje</b>	<b>VOE (años)</b>	<b>ROP (millones de ton anuales)</b>
2135457	9.43	0.53

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 37, se observan las reservas probadas y probables. Se tiene una evaluación aproximada de 2135457 toneladas con leyes de Cu (0.66%), Pb (5.60%), Zn (12.06%) y Ag (4.79 Oz/ton). En comparación con las reservas totales del ciclo de minado actual que fue de 2152100 toneladas, la cantidad de tonelaje del ciclo de minado propuesto disminuye debido a que se sigue en la etapa de explotación, las leyes tanto de cobre, plomo, zinc y plata tendrá un alza debido a que la dilución disminuye de un 36% a un 30%, por ende, ya no habrá sobre dilución y cumpliendo con el objetivo que es mantener la producción diaria de 1400 toneladas.

**Tabla 37***Evaluación de reservas del ciclo de minado propuesto*

Zona	Reservas Probadas				
	Tonelaje	Leyes			
		Cu%	Pb%	Zn%	Ag Oz/ton
A	385546	0.23	7.05	12.96	3.49
B	58080	0.10	5.73	12.42	6.92
C	10460	1.04	6.36	14.10	7.38
D	430000	1.51	6.19	14.53	3.47
<b>Total</b>	<b>884086</b>	<b>0.72</b>	<b>6.33</b>	<b>13.50</b>	<b>5.32</b>
Zona	Reservas Probables				
	Tonelaje	Leyes			
		Cu%	Pb%	Zn%	Ag Oz/ton
A	225988	0.12	4.75	10.01	3.04
B	228905	0.35	4.37	9.47	5.58
C	149348	1.20	5.64	10.75	4.84
D	647130	0.70	4.70	12.26	3.58
<b>Total</b>	<b>1251371</b>	<b>0.59</b>	<b>4.87</b>	<b>10.62</b>	<b>4.26</b>
<b>Reservas Totales</b>	<b>2135457</b>	<b>0.66</b>	<b>5.60</b>	<b>12.06</b>	<b>4.79</b>

*Nota.* Elaboración propia.

El valor mineral del ciclo de minado propuesto, respecto a las Reservas Probadas que fue de 59.71 \$/ton respecto al Cobre, 306.91 \$/ton respecto al Plomo, 1048.33 \$/ton respecto al Zinc y 193.82 \$/ton respecto a la Plata. Concerniente a las Reservas Probables que fue de 49.13 \$/ton respecto al Cobre, 235.79 \$/ton respecto al Plomo, 824.73 \$/ton respecto al Zinc y 155.35 \$/ton respecto a la Plata, observar la tabla 38.

**Tabla 38***Valor mineral del ciclo de minado propuesto*

Zona	Reservas Probadas				
	Valor Mineral (\$/ton)				
	Cu	Pb	Zn	Ag	Total (\$/ton)
A	4.77	85.42	251.55	31.82	<b>373.56</b>
B	2.07	69.43	241.07	63.09	<b>375.66</b>
C	21.56	77.06	273.68	67.28	<b>439.58</b>
D	31.30	75.00	282.03	31.63	<b>419.97</b>
<b>Total</b>	<b>59.71</b>	<b>306.91</b>	<b>1048.33</b>	<b>193.82</b>	

Zona	Reservas Probables				
	Valor Mineral (\$/ton)				
	Cu	Pb	Zn	Ag	Total (\$/ton)
A	2.49	57.55	194.29	27.71	<b>282.05</b>
B	7.26	52.95	183.81	50.87	<b>294.89</b>
C	24.88	68.34	208.66	44.12	<b>346.00</b>
D	14.51	56.95	237.97	32.64	<b>342.06</b>
<b>Total</b>	<b>49.13</b>	<b>235.79</b>	<b>824.73</b>	<b>155.35</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

Al hacer una comparación con el valor mineral de las reservas probadas del ciclo de minado actual el cobre aumentó en 6.43 \$/ton, el plomo disminuyó en 164.72 \$/ton, el zinc aumentó en 107.14 \$/ton y la plata disminuyó en 214.02 \$/oz. Respecto a las reservas probables el cobre aumentó en 5.8 \$/ton, el plomo disminuyó en 126.18 \$/ton, el zinc aumentó en 84.04 y la plata aumentó en 140.46 \$/oz. Por lo que los metales con más demanda serían el cobre, el zinc y la plata.

El valor mineral por zona A fue de 373.56 \$/ton, de la zona B fue de 375.66 \$/ton, de la zona C fue de 439.58 \$/ton y de la zona D fue de 419.97 \$/ton todo ello correspondiente a las reservas probadas del ciclo de minado actual. Realizando una comparación con el ciclo de minado actual, el valor mineral de

todas las zonas disminuyó en 50.27 \$/ton, 68.76 \$/ton, 71.12 \$/ton y 36.55 \$/ton respectivamente.

El valor mineral por zona A fue de 282.05 \$/ton, de la zona B fue de 294.89 \$/ton, de la zona C fue de 346.00 \$/ton y de la zona D fue de 342.06 \$/ton todo ello correspondiente a las reservas probadas del ciclo de minado actual. Realizando una comparación con el ciclo de minado actual, el valor mineral de todas las zonas disminuyó en 37.60 \$/ton, 54.09 \$/ton, 52.05 \$/ton y 33.06 \$/ton respectivamente.

#### **4.2.9. Productividad vs Selectividad**

##### ***4.2.9.1. Valor Presente del ciclo de minado actual***

Respecto al cálculo del Valor Presente Neto, tomaron en cuenta las reservas y la producción. Es importante recalcar que el peso de las reservas y las leyes de cada metal han sido diluidas con una cantidad del 36%.

Por último, el costo total productivo fue de 81.20 \$/ton y con 360 días calendario de trabajo. Es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La inversión en el servicio auxiliar de sostenimiento fue considerada con un valor de 8 \$/ton, empleado para la compra de maquinaria, infraestructura.

En la tabla 39, se observa el flujo de caja del ciclo de minado actual, cuyo Valor Presente Neto fue de \$ 307,825,333.31, lo que indica que al ser mayor a 0, la inversión que se ha tenido renta a una tasa mayor a la de interés, lo que lo hace rentable.

**Tabla 39***Flujo de caja ciclo de minado actual*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Ingresos</b>					
Ventas		148760130.30	148760130.30	148760130.30	148760130.30
<b>Ingreso Total</b>		148760130.30	148760130.30	148760130.30	148760130.30
<b>Egresos</b>					
Inversión		5100000.00	5100000.00	5100000.00	5100000.00
Costos		42220000.00	42220000.00	42220000.00	42220000.00
Gastos		4330225.00	4330225.00	4330225.00	4330225.00
<b>Egreso Total</b>		51650225.00	51650225.00	51650225.00	51650225.00
<b>Utilidad</b>		<b>97109905.30</b>	<b>97109905.30</b>	<b>97109905.30</b>	<b>97109905.30</b>
<b>VAN (10%)</b>	<b>307,825,333.31</b>				

*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.2.9.2. Valor Presente Neto del ciclo de minado propuesto**

Respecto al cálculo del Valor Presente Neto, tomaron en cuenta las reservas y la producción. Es importante recalcar que el peso de las reservas y las leyes de cada metal han sido diluidas con una cantidad del 36%.

Por último, el costo total productivo fue de 81.20 \$/ton y con 360 días calendario de trabajo. Es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La inversión en el servicio auxiliar de sostenimiento fue considerada con un valor de 8 \$/ton, empleado para la compra de maquinaria, infraestructura. Dicho procedimiento, permitirá tener una solución de forma instantánea frente a cualquier situación desfavorable, que requiera desembolsar una suma elevada de dinero.
- Los gastos GG, involucran gastos referentes a oficina, capacitaciones, seguridad, penalizaciones y otras actividades.

Respecto al cálculo del Valor Presente Neto propuesto, se tomó en cuenta los cálculos nuevos para las reservas y la producción, con lo que se obtuvo un tiempo de vida de mina de 9 años. Es importante recalcar que el peso de las reservas y las leyes de cada metal han sido diluidas con una cantidad del 30%.

Por último, el costo total productivo es de 88.70 \$/ton y con 360 días calendario de trabajo. Es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:



- La inversión en el servicio auxiliar de sostenimiento se mantendrá con un valor de 8 \$/ton, empleado para la compra de maquinaria, infraestructura. Dicho procedimiento, permitirá tener una solución de forma instantánea frente a cualquier situación desfavorable, que requiera desembolsar una suma elevada de dinero.
  - Los gastos GG, involucran gastos referentes a oficina, capacitaciones, seguridad, penalizaciones y otras actividades.
  - En el nuevo ciclo de minado se está tomando en cuenta la compra de dos equipos de limpieza Scooptram ST3.5, el valor por cada maquinaria es de \$400000.00.
  - No es necesario realizar una inversión en infraestructura, debido a que las labores de explotación son próximas, como muestra el anexo 5.

En la tabla 40, se observa el flujo de caja del ciclo de minado actual, cuyo Valor Presente Neto es de \$ 360,386,848.23, lo que indica que al ser mayor a 0, la inversión que se ha tenido renta a una tasa mayor a la de interés, lo que lo hace rentable.

**Tabla 40***Flujo de caja ciclo de minado propuesto*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Ingresos</b>					
Ventas		169060130.30	169060130.30	169060130.30	169060130.30
<b>Ingreso Total</b>		169060130.30	169060130.30	169060130.30	169060130.30
<b>Egresos</b>					
Inversión	800000	5100000.00	5100000.00	5100000.00	5100000.00
Costos		45686000.00	45686000.00	45686000.00	45686000.00
Gastos		4330225.00	4330225.00	4330225.00	4330225.00
<b>Egreso Total</b>	800000	55116225.00	55116225.00	55116225.00	55116225.00
<b>Utilidad</b>	<b>-800000</b>	<b>113943905.30</b>	<b>113943905.30</b>	<b>113943905.30</b>	<b>113943905.30</b>
<b>VAN (10%)</b>	<b>360,386,848.23</b>				

*Nota.* Elaboración propia.

### 4.2.9.3. Comparación del Valor Presente Neto de ambos ciclos

Un parámetro que determina la viabilidad de un proyecto es el aumento del nuevo Valor Presente Neto con respecto al actual, así el costo total productivo se haya elevado y la decisión de invertir en maquinaria del servicio auxiliar de limpieza.

En la tabla 41, se aprecia la evolución del Valor Presente Neto en un 17.08%, por lo tanto, se puede garantizar la viabilidad del proyecto y lo que favorece es que no se tiene que cambiar toda la flota de maquinaria, a excepción del proceso de limpieza.

**Tabla 41**

*Tabla comparativa Valor Presente Neto*

<b>Memoria de Resultados</b>	
VAN actual	S/ 307,825,333.31
VAN nuevo	S/ 360,386,848.23
<b>Diferencia</b>	<b>S/ 52,561,514.92</b>
<b>Incremento (%)</b>	<b>17.08</b>

*Nota.* La abreviatura VAN indica el Valor

Actual Neto. Elaboración propia.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

#### 5.1. Conclusiones

- El ajuste del área de diseño a 3x3 metros, contribuyó a la mejora de los procesos unitarios de perforación y voladura, debido a que se adicionó un tajo de explotación, aumentando el número de taladros y la hora de carga de explosivo, pero manteniendo el ritmo de producción y mejorando la ley de cabeza, lo que conlleva a la optimización de los procesos mencionados.
- Al comparar la dilución de diseño y la dilución operativa, llegué a la conclusión que al ser mayor la primera, no existirá sobre dilución y al ser mayor la segunda, se notará la presencia del fenómeno de sobre dilución, pero a medida que transcurrían los meses se notó la disminución de este.
- Al realizar la evaluación de la sobre dilución en los tres tajos, concluyen que; en el tajo J1 en los meses de enero, febrero y marzo hay presencia de sobre dilución. En el tajo J2, en el mes de enero se notó la presencia de sobre dilución, pero en los meses de febrero y marzo se anuló. En el tajo J3 en el mes de enero era notable la presencia de sobre dilución, pero en el mes de febrero empezó a reducir y en marzo es nula, por lo que disminuir las dimensiones de la sección, es un importante parámetro en la reducción de la dilución.
- Se concluye que, para mejorar el procedimiento de los procesos operativos, es necesario analizar los costos operativos, siendo el costo

actual de \$81.20 y el costo propuesto de \$88.70, la diferencia de \$7.5, se genera debido a que para mantener el ritmo de producción de 1400 ton/día y mejorar la ley de cabeza, se adicionó un tajo de explotación, se aumentó el número de perforadoras y se modificó el equipo de limpieza, debido a las dimensiones de la nueva sección.

- La ley de cabeza mejoró, como se puede apreciar en la ley referente al zinc en base a sus reservas, por lo que los márgenes de operación aumentaron.
- Es viable la nueva propuesta de ciclo de minado, debido a que se muestra un incremento significativo del Valor Presente Neto en 17.08 %.

## **5.2. Sugerencias**

- La compañía minera sugiere que las máquinas cargadoras de detonante presenten señalado en las tuberías de carguío los 2/3 de la longitud del barreno para obviar el exceso de carga en los barrenos, con el fin de disminuir la dilución.
- La compañía recomienda realizar la explotación en un punto estratégico (céntrico), lo que tendrá como finalidad reducir los tiempos de stand by (muertos) y optimizar los costos de producción.
- La compañía sugiere colocar las coordenadas de dirección y gradiente a 15 metros como máximo del frente de minado, con la finalidad de que los operadores de las perforadoras (jumbos) puedan ubicarse al pintar la malla de perforación, por lo que se tendrán que emplear tuberías de arrastre, para tener el paralelismo entre taladros, por último, la gradiente

permitirá a los operadores de las maquinarias de acarreo levantar poca cantidad de detritos de la superficie, ayudando a disminuir la dilución.

- La compañía sugiere aplicar agua con una adecuada presión, con la finalidad de que tanto los equipos de sostenimiento y perforación no presenten ningún tipo de problemas al momento de realizar el barrido, al ser desfavorable el trabajo será dificultoso o podría darse el caso en que se suspenda la labor, y el ciclo de minado se vería afectado.
- La compañía sugiere seguir practicando la responsabilidad sostenible, que enfoca tanto el aspecto económico, ambiental y social. Dicha práctica ayuda a todas las partes interesadas, continuando con el trabajo de la compañía minera sin ningún inconveniente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Valencia, Flores, & Rodriguez. (2011). *Memoria sobre la geología económica de la región Puno*. Puno.
- Anónimo. (2021). *Actualícese*. Obtenido de Actualícese:  
<https://actualicese.com/valor-presente-neto-como-herramienta-de-analisis-en-los-proyectos-de-inversion/>
- Bedón, M. (2019). *Mejoramiento del proceso de minado para el control de la dilución y leyes de mineral en la concesión minera "EL EXTRAÑO"*. Ancash.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid.
- CAT. (2022). *CAT*. Obtenido de CAT:  
[https://www.cat.com/es\\_MX/products/new/equipment/underground-hard-rock/underground-mining-load-haul-dump-lhd-loaders/18233686.html](https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/underground-hard-rock/underground-mining-load-haul-dump-lhd-loaders/18233686.html)
- Cuevas, J., & Paucarchuco, E. (2020). *Mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas, de la Unidad Minera Raura*. Huancayo.
- De Nicola, C. (2015). *Dilución operacional en la mina el Soldado*. Santiago.
- Epiroc. (2022). *Epiroc*. Obtenido de Epiroc: <https://www.epiroc.com/es-pe/products>
- Fernández, S., & Gonzales, G. (2021). *Evaluación de la técnica de circado para reducir el porcentaje de la dilución en la veta Samy en la mina San Cayetano*. Chiclayo.
- Fidias, G. (2012). *El proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.

Financiera, N. (2004). *Nafinsa*. Obtenido de Nafinsa:

[https://www.nafin.com/portalfn/files/secciones/capacitacion\\_asistencia/pdf/Fundamentos%20de%20negocio/Finanzas/finanzas3\\_6.pdf](https://www.nafin.com/portalfn/files/secciones/capacitacion_asistencia/pdf/Fundamentos%20de%20negocio/Finanzas/finanzas3_6.pdf)

Fuentes, Y., & Gargate, J. (2021). *Aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de voladura para controlar la dilución en la explotación de vetas angostas en la Mina Sayapullo*. Lima.

González , A., & Martínez, P. (2022). *Caracterización geomecánica de suelos y rocas*. Cantabria.

Hoek, E. (2006). *Practical Rock Engineering*. Vancouver. Obtenido de Geotecnia fácil: <http://geotecniafacil.com/formula-rqd-sondeos/>

Huamani, F. (2017). *Aplicación de la voladura controlada para reducir el porcentaje de dilución y costos en tajos convencionales utilizando explosivo exsablock y cojín de agua, Minera Aurífera Retamas*. Apurímac.

Luque, S. (2021). *Tratamiento del drenaje ácido de mina para propuesta de cierre bocamina en los niveles 4500-4800, Zona Carabaya-Puno*. Arequipa.

Minsur. (2022). *Minsur*. Obtenido de Minsur: <https://www.minsur.com/quienes-somos/>

Navea, J. (11 de febrero de 2017). *Ecuador Documents*. Obtenido de Ecuador

Documents: <https://fdocuments.ec/document/ritmo-optimo-de-produccion.html>

Rivas, J. (2018). *Control Geológico en la dilución de mineral*. Concepción.

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). *Metodología de la Investigación*.

Berlín: McGraw-Hill.

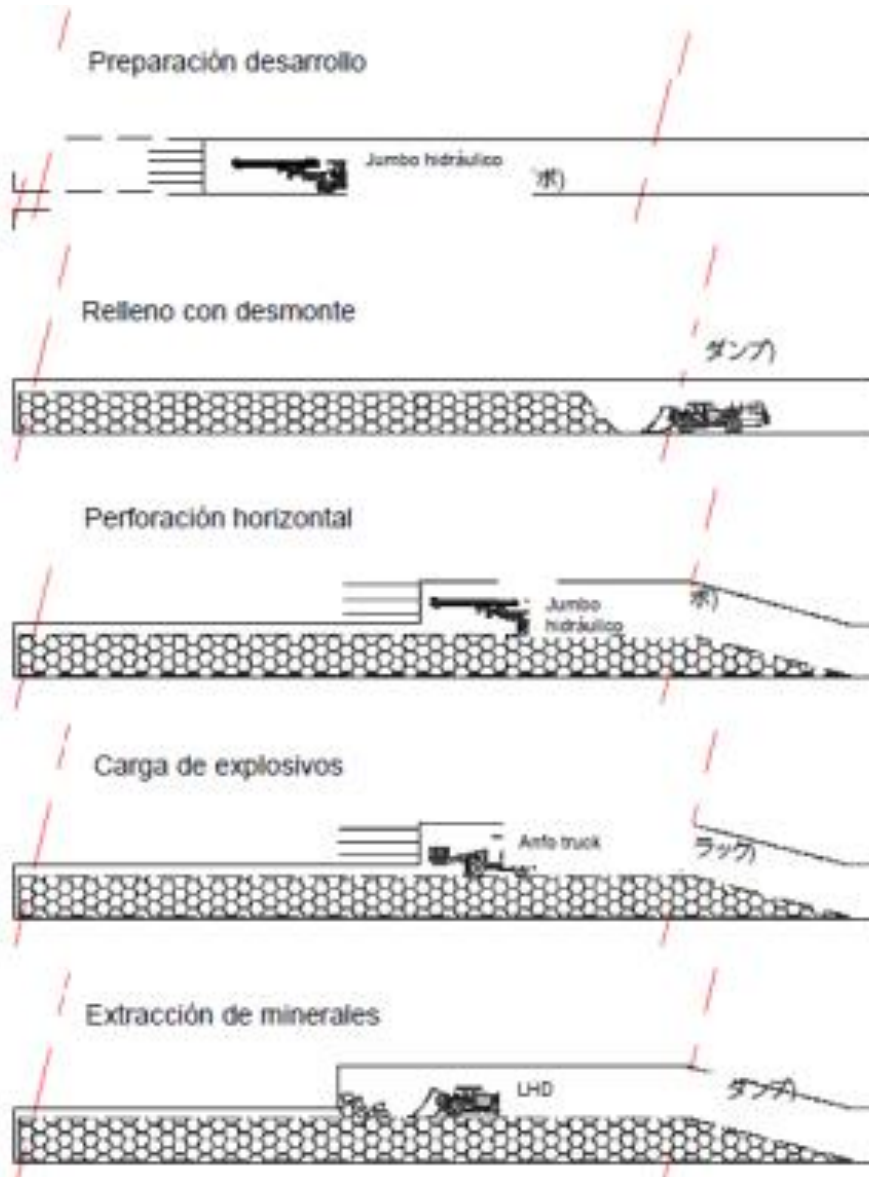


SANDVIK. (2022). SANDVIK. Obtenido de <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-empunadores/equipos-de-perforacion-de-veta-angosta/>

Zamora, P. V. (2017). *Optimización de la recuperación de molibdenita en el proceso de flotación en laboratorio de Metalurgia de la UTFSM, sede Viña del Mar.* Viña de Mar.

# ANEXOS

## ANEXO N°1 MÉTODO DE CORTE Y RELLENO ASCENDENTE



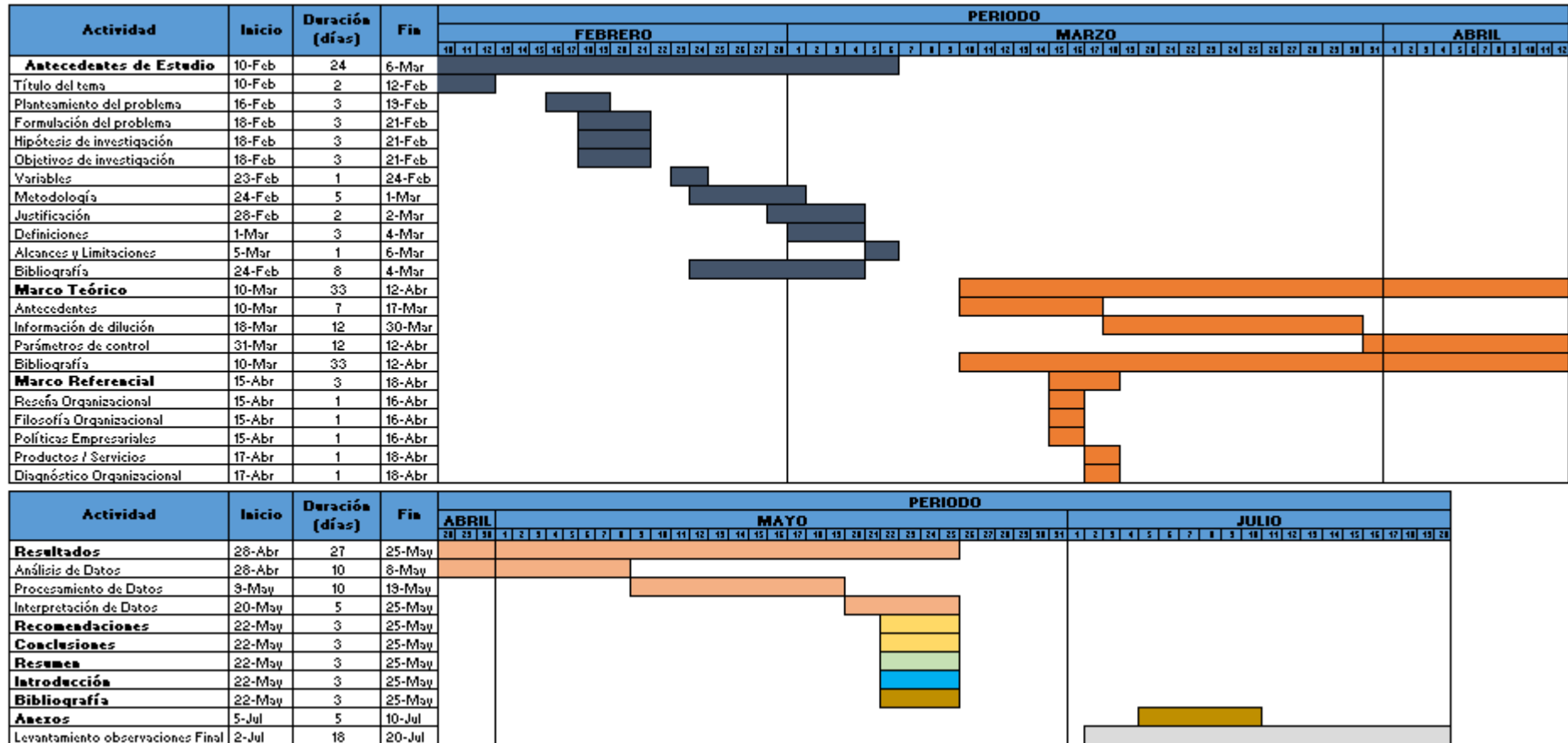
## ANEXO N°2 UBICACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA



### ANEXO N°3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REGIÓN PUNO

ERATAMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	GRUPO (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	PLEISTOCENA	Formación Andap			Limoñas y areniscas limosas beige Des. eos.	
		MIOCENA	PLOCENA	Grupo Barro	400		Densares andalíticos, piroclásticos y brechas volcánicas. Des. org.
	MIOCENA			SUP.	Grupo Pata	50 100	
			MED.	Grupo Tarma	1000		Fajas andalíticas, talca, brechas y areniscas volcánoclasticas. Des. org.
			INF.				
	PALEOGENO		QUOCENA	Grupo Pata	100 200		Conglomerados, areniscas de grano grueso, limolitas y delgadas lavas tabulares. Des. org.
		PALEOCENA					
	MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Nubia	100 200		Areniscas y limolitas maras rojas de grano fino a grueso.
				Formación Algodinos	100 200		Limolitas gris rosadas con niveles de areniscas.
				Grupo Colomayo	1000		Areniscas de grano medio intercaladas con limolitas de color rojo.
Grupo Mito				Des. Pata	1000		Areniscas cuarzosas blancas
				Des. Huacabamba y Des. Pata	1000		Calizas y dolomitas grises
INFERIOR			Formación Huancayo	100 200		Areniscas amarillas y limolitas rojas	
			Formación Mito	100		Areniscas cuarzosas blancas rosadas	
			Formación Mito	100		Areniscas, limolitas rojas	
			Formación Tarma	1000		Calizas y areniscas calcáreas	
JURÁSICO		SUPERIOR				Limolitas y areniscas cuarzosas blancas	
		MEDIA	Grupo Lagunita	100 200		Calizas gris rosadas intercaladas con pelitas negras y areniscas calcáreas.	
		INFERIOR					
TRÁSICO		INFERIOR	Grupo Mito	100 200		Lavas andalíticas, talca y brechas conglomeradas y areniscas rojas	
PALEOZOICA		PERMIANO	SUPERIOR			Areniscas calcáreas y limolitas rojas con intercalaciones calcáreas.	
	INFERIOR		Grupo Omaso	100 200		Calizas gris clara con nódulos de chert en estratos tabulares	
			Grupo Tarma	1000		Areniscas cuarzosas verdes y limolitas grises	
	DEVONIANO		SUPERIOR			Conglomerados porfíricos, areniscas y limolitas rojas con niveles pelíticos grises. Des. org.	
		INFERIOR	Grupo Colomayo	Formación Lampa	1000		Lajas grises intercaladas con capas delgadas de areniscas
	Formación Chagra			100		Areniscas y lutitas de facies turbiditas.	
	SILURIANO					Capas delgadas de areniscas y limolitas con lutitas nodulares	
	ORDOVICIANO					Lutitas grises con intercalaciones de areniscas y cuarcitas laminas de grano fino	

## ANEXO N°4 DIAGRAMA DE GANTT



## ANEXO N°5 INFRAESTRUCTURA DE LA MINA DEL SUR – ZONA CARABAYA

