

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



**T E S I S**

**Aplicación del método de explotación sublevel stoping para optimizar  
la producción en la unidad Mallay – Compañía de minas  
Buenaventura**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Kevin Davis VILCA RIVAS**

**Asesor:**

**Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco – Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Aplicación del método de explotación sublevel stoping para optimizar**

**la producción en la unidad Mallay – Compañía de minas**

**Buenaventura**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA**  
**MIEMBRO**



Firmado digitalmente por CONDOR  
SURICHAQUI Sarita Silvia FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Por encargo  
Fecha: 19.08.2024 18:02:21 -05:00



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería de Minas**



**Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas**

## **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 037-2024**

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

Presentado por:

**Bach. Kevin Davis VILCA RIVAS**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**“Aplicación del método de explotación sublevel stoping para optimizar la producción en la unidad mallay – compañía de minas Buenaventura”**

Asesor:  
**Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

Índice de Similitud: **17 %**

Calificativo  
**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 19 de agosto de 2024.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho cariño a mis padres, por ser el motor importante en mi vida profesional y personal, los mismo que han contribuido en todo para concretizar mis logros.

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento especial mi familia, por ende a mis hermanas, quienes me han impulsado para el cumplimiento de mis formación profesional y así concluir con el objetivo trazado.

A mis señores docentes quienes me han dado una enseñanza en las aulas universitarias, la misma que me valdrá para toda la vida, como son los Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

## RESUMEN

Compañía de Minas Uchucchacua – Unidad Mallay para la elaboración del trabajo de investigación Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura, el proceso ha incluido la realización de los siguientes capítulos:

- Capítulo I. Planteamiento del Problema.
- Capítulo II. Marco Teórico
- Capítulo III. Metodología y Técnicas de Investigación
- Capítulo IV. Resultados y Discusión

Para definir el proceso se tuvo que obtener los parámetros geomecánicos para determinar la aplicación del método de explotación Sublevel Stopping que permiten y sugiere las dimensiones recomendadas de excavación para este método de acuerdo al tipo de roca y RMR obtenido en la unidad Minera Mallay. Con la caracterización geomecánica se obtuvo los parámetros para la perforación que son los siguientes: Presión del aire, presencia de agua (bar), Alta presión de percusión, baja presión de percusión, alta presión para avanzar, baja presión de avance, Presión de giro, diámetro de la broca y velocidad de penetración.

**Palabras claves:** Método de Explotación, Sublevel Stopping, Producción.

## **ABSTRACT**

Uchucchacua Mines Company – Mallay Unit for the preparation of the research work Application of the Sublevel Stoping Exploitation Method to Optimize Production in the Mallay Unit – Buenaventura Mines Company, the process included the completion of the following chapters:

- Chapter I. Statement of the Problem.
- Chapter II. Theoretical framework
- Chapter III. Research Methodology and Techniques
- Chapter IV. Results and discussion

To define the process, the geomechanical parameters had to be obtained to determine the application of the Sublevel Stoping exploitation method that allows and suggests the recommended excavation dimensions for this method according to the type of rock and RMR obtained in the Minera Mallay unit. With the geomechanical characterization, the parameters for drilling were obtained, which are the following: Air pressure, Water pressure (Bar), High percussion pressure, Low percussion pressure, High advance pressure, Low advance pressure, Rotation pressure, Penetration speed and Drill diameter.

**Keywords:** Exploitation Method, Sublevel Stoping, Production.

## INTRODUCCION

Compañía de Minas Buenaventura viene operando desde el año 2012, con una Planta concentradora cuya capacidad es de 600 TPD. Durante todo este tiempo por su topografía las labores de accesibilidad se han construido mediante túneles y galerías desde superficie a los diferentes niveles de trabajo. Esta forma de accesibilidad se ha mantenido en forma descendente de los niveles superiores a los inferiores, hasta llegar al nivel más bajo NV 4090. Sin embargo, los recursos profundizan y la topografía ya no permite como antes, tener acceso a estos, desde superficie con labores horizontales. En estas condiciones, los recursos minerales identificados en profundidad, muestran mayores anchos y al parecer mejores condiciones geomecánicas de estabilidad.

El desarrollo del estudio se realizó en coordinación con el área de Planeamiento de la Unidad Malla y los avances fueron discutidos en las diversas reuniones de seguimiento y control, los analizados del desarrollo de las actividades, fueron enriquecidos con los aportes del personal técnico de Compañía de Minas Buenaventura, mediante las múltiples reuniones de trabajo sostenidas.

Se inicia el estudio con la vista a la mina y el reconocimiento de terreno, también con la revisión de la información proporcionada por Unidad Malla. Habiendo identificado de primera mano la lentitud del proceso de producción ya que resulta insuficiente para justificar el método de explotación aplicado. Por lo tanto, la Unidad Malla asume el reto de aplicar un método de minado masivo por lo que se determina la incorporación del método de minado Sublevel Stopping, elaborándose el Programa de Producción y la Evaluación económica del proyecto.



## INDICE

**Página.**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Determinación del Problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.3.	Formulación del problema.....	13
1.3.1.	Problema general .....	13
1.3.2.	Problemas específicos .....	13
1.4.	Formulación de objetivos .....	14
1.4.1.	Objetivo general .....	14
1.4.2.	Objetivos específicos.....	14
1.5.	Justificación de la investigación.....	14
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	15

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de Estudio.....	16
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	21
2.3.	Definición de términos .....	27
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	32
2.4.1.	Hipótesis general .....	32
2.4.2.	Hipótesis específicos .....	32
2.5.	Identificación de las Variables .....	33
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	33

### CAPITULO III

#### METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación .....	34
3.2.	Métodos de la Investigación.....	34
3.3.	Diseño de la investigación.....	35
3.4.	Población y muestras.....	35
3.4.1.	Población .....	35
3.4.2.	Muestra .....	35
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
3.5.1.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
3.5.2.	Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.7.	Tratamiento estadístico de datos .....	37
3.8.	Orientación ética.....	37

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	38
4.2.	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados .....	41
4.3.	Prueba de hipótesis .....	49
4.4.	Discusión de resultados .....	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

ANEXOS

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	<b>Página.</b>
Ilustración 1. Ubicación Compañía Minera Raura.....	3
Ilustración 2. Método de Explotación Sublevel Stopping.....	23
Ilustración 3. Diagrama Estereográfico De Concentración De Polos De Fallas Locales De La Veta Isguiz.....	43
Ilustración 4. Diagrama Estereográfico De Tendencias Predominantes De Fallas Locales De La Veta Isguiz.....	44
Ilustración 5. Diagrama Estereográfico De Concentración De Polos De La Caja Techo Nv 4090 – Veta Isguiz.....	44
Ilustración 6. Estereográfico De Planos Principales De La Caja Techo Nv 4090 – Veta Isguiz.....	45
Ilustración 7. Variabilidad Del Índice Rqd Por Dominio Veta Isguiz.....	46
Ilustración 8. Profundidad De Encampane.....	48
Ilustración 9. Unidad Basic Explotación (UBE).....	53
Ilustración 10. Esquema de Desarrollo y Preparación Veta Isguiz.....	57
Ilustración 11. Esquema de Desarrollo y Preparación Veta María.....	57
Ilustración 12. Esquema de Sublevel Stopping con su Variante Bench And Fill Stopping.....	59
Ilustración 13. Secuencia de Minado SLS con variante – Bench And Fill Stopping.....	59
Ilustración 14. Plan de Producción.....	64
Ilustración 15. Flujo de Caja Económico.....	70
Ilustración 16. Análisis de Sensibilidad por Variables.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página.</b>
Tabla 1. Acceso Unidad Minera Mallay.....	3
Tabla 2. Operacionalización de Variables.....	33
Tabla 3. Resumen del RMR y GSI en el Nv. 4090 – Veta Isguiz.....	39
Tabla 4. Resumen del RMR y GSI en el Nv 4090 – Veta María.....	39
Tabla 5. Listado de los Taladros Relogueados.....	40
Tabla 6. Relación de Ensayos Ejecutados de Laboratorio de Mecánica de Rocas.....	41
Tabla 7. Parámetros de Clasificación del Sistema Rmr 76.....	47
Tabla 8. Criterio De Clasificación De La Calidad De Roca Rmr.....	47
Tabla 9. Variabilidad De La Clasificación Geomecánica Rmr Por Dominio Veta Isguiz.....	47
Tabla 10. Variabilidad De La Clasificación Geomecánica Rmr Por Dominio Veta María.....	48
Tabla 11. PARAMETRO DISEÑO.....	54
Tabla 12. Factores Tecnológicos.....	61
Tabla 13. Capacidad De Producción Por UBE.....	62
Tabla 14. Capacidad Máxima de Producción 600 T/D.....	63
Tabla 15. Programa de Producción.....	64
Tabla 16. Cotizaciones Proyectadas de Metales.....	66
Tabla 17. Ingresos por la Venta de Concentrados.....	67
Tabla 18. RESUMEN DE INVERSIONES (600 T/D).....	68
Tabla 19. Resumen Costos de Producción Promedio Proyectadas (US\$/T).....	68
Tabla 20. Indicadores de Rentabilidad Económicos.....	70
Tabla 21. Variación del VAN.....	72

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Determinación del Problema**

El mineral polimetálico extraído de las vetas de los sistemas Isguiz, María y Dana se encuentran en la Unidad Minera Mallay. La Unidad Minera Mallay utiliza mineral polimetálico extraído de las vetas de los sistemas Isguiz, María y Dana.

El mineral se extrae mediante métodos de corte y relleno ascendente, a veces con relleno detrítico y, en algunos casos, semi mecanizado. Se utilizan bancos de bancada y relleno de 6, 8, 10 y 12 metros de altura. El abastecimiento de mineral a planta es utilizando volquetes Volvo FMX los cuales llevan el mineral de los niveles 4150 (Nivel principal de extracción) y del 4090.

Sin embargo, los recursos profundizan y la topografía ya no permite como antes, acceder a estos, desde superficie con labores horizontales. En estas

condiciones, los recursos minerales identificados en profundidad, muestran mayores anchos y al parecer mejores condiciones geomecánicas de estabilidad.

Por lo tanto, es necesario cambiar el Método de Explotación y la que más se ajusta con respecto al Tipo de Roca es el Método Sublevel Stopping, la evaluación geomecánica realizada durante la profundización efectuada desde el NV 4090, en la que se requiere una alta mecanización y la aplicación de métodos masivos de explotación. Para este propósito la Unidad de Mallay, determina aplicar el método Sublevel Stopping, como primera opción, luego de su evaluación, resulto la más conveniente, para explotar el yacimiento y optimizar las operaciones.

La necesidad de establecer un eficiente ciclo de minado la Unidad Mallay se determinó aplicar un nuevo método de explotación que incorpore tecnología en las actividades, evaluando las condiciones de seguridad.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **Ubicación**

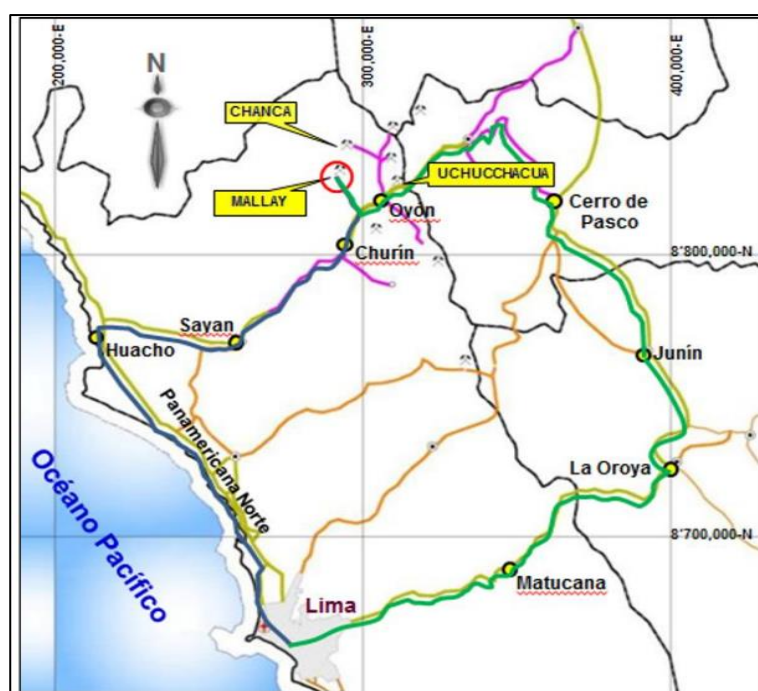
La Unidad Mallay se encuentra a una altitud entre 4 000 y 4,931 metros sobre el nivel del mar en el distrito y provincia de Oyón, departamento de Lima. Está en la Vertiente Occidental de la Cordillera de los Andes, en la cuenca del río Huaura. Esta unidad está a 4 km. al norte de la población de Mallay, que forma parte de la Comunidad Campesina de Mallay. (BUENAVENTURA, s.f.)

Ubicación en coordenadas UTM:

**Norte : 8 819 313**

**Este : 296 313**

**Ilustración 1. Ubicación Compañía Minera Raura.**



Fuente: UM. Mally.

### Accesibilidad

Es posible acceder a la Unidad Mally a través de dos rutas diferentes. La ruta principal es la que va desde Lima hasta la Unidad. La ruta comienza en la Panamericana Norte hasta el desvío Santa Rosa (en la altura del río Huaura) y luego se dirige hacia Sayán. Luego, en Churín, se encuentra el desvío Mally que lleva al poblado del mismo nombre hacia Oyón y a una hora sobre camino carrozable se encuentra la Unidad Mally.

**Tabla 1. Acceso Unidad Minera Mally**

Tramo	Vía	Distancia (Km.)	Tiempo (Hora )
Lima - La Oroya - Cerro de Pasco	Carretera central totalmente asfaltada	320	5 h
Cerro de Pasco – Uchucchacua	Carretera afirmada	70	1 h y 45 min.
Uchucchacua - desvío Mally	Carretera afirmada	42,50	1 h y 20 min.
Desvío Mally - Mally	Carretera afirmada	8	20 min
Mally - Isguiz	Trocha afirmada	8	20 min.
Total		448,5	8 h y 45 min

Fuente: UM. Mally.

## **Geología**

Geológicamente el área comprende rocas sedimentarias clásticas cretácicas de las formaciones Santa, Carhuaz y Farrat, y secuencias carbonatadas de las formaciones Pariahuanca, Chulec-Pariatambo y Jumasha. En la base del área Isguiz se aprecia la secuencia clástica superior del Grupo Goyllar. Sobreyaciendo esta secuencia se presenta la secuencia calcárea de las Formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo y Jumasha. Las calizas Jumasha Medio e Inferior se encuentran erosionando las calizas del Jumasha Superior. (BUENAVENTURA, s.f.)

El corredor estructural que se extiende regionalmente con rumbo NNO-SSE contiene todas estas secuencias intensamente plegadas y fracturadas. Se han observado pequeños sills dioríticos y discontinuos con un ancho de 1.0 m a 3.0 m dentro de la formación Chulec-Pariatambo sin presencia de mineralización cercana. Además, se encuentra una reserva de granodiorita-tonalita en las zonas rurales y al suroeste de Mallay. En el área de Fortuna se reportan pequeñas apófisis de intrusito caolinizado y silicificado el mismo que se encuentra asociado a la mineralización de skarn conteniendo minerales con contenido económico de Zn-Pb-Ag (Salvatierra B & Gala H, 2020).

Estructuralmente, el área ha sufrido un fuerte plegamiento formándose dos megaestructuras, el anticlinal cerrado de Isguiz y el gran sinclinal de Anash, ambos de rumbo andino NNW-SSE. Las vetas forman dos sistemas, uno ondulante de N52°E a N80°E dextral y el otro de N20°W. Pliegues y cabalgamientos se reportan al oeste, fuera del área reconocida. En el sector del manto Isguiz se tienen unos 300.00 m de labores mineras efectuadas hace unos 50 años atrás. Se evidencia un intenso trabajo artesanal, por los cateos y medias



barretas ejecutadas sobre estas vetas para la extracción de metales preciosos (plata y oro). (Salvatierra B & Gala H, 2020)

### ***Estratigrafía***

El proyecto de Mallay se encuentra emplazado en rocas sedimentarias con formaciones Cretácicas. En la base se encuentra el Grupo Goyllar (Cretáceo Inferior) con las formaciones clásticas Carhuaz y Farrat. Sobre yaciendo a éstas se encuentran las formaciones calcáreas Pariahuanca, Chulec y Pariatambo, también del Cretáceo Inferior. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

Finalmente, supreyaciendo se encuentra el Cretáceo Superior con la Formación Jumasha. El mayor potencial geológico se encuentra emplazado en el manto Isguiz, ubicado en la Formación Pariahuanca.

Las características más saltantes y representativas de estas formaciones se presentan a continuación:

- **Formación Chimú** (Ki-chim): Esta serie rocosa de origen continental, consiste de una secuencia monótona de cuarcitas blancas a pardas. Ocurren regionalmente en bancos macizos, medianos a gruesos, con frecuentes intercalaciones delgadas de lutitas negras, limolitas y mantos de carbón. Es habitual en las cuarcitas la ocurrencia de estratificación cruzada y numerosas diaclasas. Debido a la dureza de sus rocas y carácter masivo, esta formación se manifiesta morfológicamente mediante un relieve prominente o escarpado que se destaca en el terreno. Por intemperismo, sus afloramientos presentan tonalidades rojizas. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

Esta unidad sobreyace con una ligera discordancia paralela a las capas más antiguas y es concordante con las capas de la formación Santa. A falta de fósiles, su edad ha sido asignada por su posición estratigráfica en el

Cretáceo inferior (piso Valanginiano inferior y medio). Su espesor en el área alcanza los 700 metros.

Sus afloramientos son alargados y de carácter normalmente angosto, ocurriendo exposiciones características en el cerro Coyllarcocha y paraje Marcacancha, donde sus capas presentan un rumbo NO-SE.

- **Formación Santa (Ki-sa):** Litológicamente, esta unidad estratigráfica está formada por calizas negras fosilíferas y calizas azulinas o grises finamente estratificadas con algunos horizontes de margas. Además, los nódulos de pedernal aplanados ocurren de vez en cuando. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

Esta unidad tiene conexiones discordantes tanto con la formación infrayacente (Chimú) como con la suprayacente (Carhuaz) en el área. Sus capas están clasificadas como Cretáceo inferior (Valanginiano). Su espesor logra los 150 metros. Sus afloramientos son alargados y estrechos. Ocurren en sectores localizados del área de estudio, entre los que destacan la localidad de Tinta y el cerro Quenhuay, al norte del área evaluada donde conforman parte de extensos anticlinales y sinclinales de rumbo esencialmente NO-SE.

- **Formación Carhuaz (Ki-Ca):** La Formación Carhuaz se encuentra en el lado oeste del área de estudio formando un núcleo visible junto con la Formación Farrat del anticlinal cerrado de Isguiz. Está conformada por lutitas marrones y areniscas grises blanquecinas en bancos delgados. Su potencia en el área no ha sido definida.
- **Formación Farrat (Ki-Fa):** La Formación Farrat se compone de bancos decimétricos de cuarcitas y areniscas blancas. Las estructuras tienen algunas leyes Pb-Ag-Zn y son menores a 0,5 m de ancho.

- **Formación Pariahuanca (Ki-Ph):** La Formación Pariahuanca consta de 70 metros de calizas claras de bancos medios menores a 1.0 metros. En la base, cerca el contacto con la Formación Farrat, se encuentra el manto Isguiz como resultado del reemplazamiento de unos estratos calco-arenáceos con minerales bases de Zn-Pb-Ag en ganga piritosa.
- **Formación Chulec-Pariatambo (Ki-Ch; Ki-Pt):** La Formación Chulec-Pariatambo tiene 110.0 m de potencia, en la que resulta difícil distinguir la separación entre ambas formaciones. Está conformada por calizas arcillosas intercaladas con lutitas claras, oscuras y negras.
- **Formación Jumasha (Ki-Jm):** La Formación Jumasha es la de mayor presencia en la zona. Está dividida en Jumasha Inferior (550.0 m a 600.0 m de calizas), donde se encuentra la veta Jazmín, y Jumasha Medio con 330.0 m de calizas grises rugosas y 50.0 m de calizas arcillosas de color beige, donde se encuentran ubicadas las vetas Sansón, Sansón N, Nicole y Danitza. El Jumasha Superior se encuentra erosionado en el área. Ver Anexo N° 10.03: Plano Geológico Local.
- **Volcánicos Calipuy: (KTi-vca):** Estos volcánicos presentan una litología muy diversa que incluye lavas andesíticas púrpuras, capas gruesas de piroclastos, tufos finamente laminados, riolitas, dacitas y basaltos. La serie rocosa es de origen continental, habiéndose depositado sobre una superficie de erosión desarrollada en las rocas sedimentarias cretácicas.

La secuencia sobreyace con una gran discrepancia sobre las unidades plegadas del Cretáceo y está cubierta por sedimentos clásticos del Cuaternario, especialmente los que provienen de glaciaciones. Por su posición estratigráfica, se le considera depositado entre el Cretáceo y el

Terciario inferior. Geólogos del INGEMMET estiman que estos volcánicos tienen un espesor de 2 000 m.

Es otra de las unidades extensas del área, que se desarrolla a lo largo de la zona occidental del área evaluada, donde se halla afectada por un complejo sistema de fallas de rumbo diverso. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

- **Depósitos glaciares (Qp-g):** Son conocidos también como depósitos morrénicos. Se componen de una mezcla heterogénea de fragmentos de rocas de diferentes tamaños y con formas angulosas a subredondeadas. Tienen un relleno de limo-arenoso o limo-arcilloso y están poco a medianamente consolidados. Estos depósitos se relacionan con los lugares donde la glaciación pleistocénica se expande, especialmente a una altitud de 3.800 metros sobre el nivel del mar. Se presentan en forma de pequeñas lomadas y llanuras (morrenas laterales o de fondo) que se encuentran en varias áreas del sector altoandino, donde se encuentran ampliamente distribuidas. Frecuentemente, estos depósitos dan lugar a la formación de bofedales, o áreas de mal drenaje. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

En esta unidad, también se incluyen los depósitos fluvioglaciares, que son sedimentos semiestratificados intermedios entre las masas heterogéneas de origen glaciar y los materiales aluviales de las corrientes de agua. Estas acumulaciones se remontan a los antiguos frentes de fusión glaciar que redepositaban los fragmentos arrastrados por los hielos, dejando una capa de materiales principalmente finos como limos, arenas y gravilla. En el área evaluada, los depósitos fluvioglaciares se desplazan hasta altitudes aproximadas de 4 400 msnm. Similarmente a los depósitos glaciares, forman

también áreas de bofedales o de mal drenaje. Su espesor es muy variable, fluctuando desde unos pocos metros hasta 20 a 30 m aproximadamente.

La mayor frecuencia de estos depósitos ocurre en sectores cercanos a los límites occidental y norte del área de estudio. Son visibles en la margen izquierda del río Quishuaragra, donde ocurren diversas morrenas laterales y de fondo. Asimismo, destaca la morrena frontal que represa la laguna Shapraucro. Estas acumulaciones también ocurren en las inmediaciones de las lagunas Patococha, Sacracocha y Zapatococha; entre otras.

- **Depósitos Aluviales Antiguos (Qp-a):** Son depósitos de origen continental. Están representados por antiguas acumulaciones aluviales, provenientes de conos de deyección que bajaban de las estribaciones andinas. Están conformados por conglomerados semiconsolidados, de gravas subredondeadas con algunos horizontes arenosos, de granulometría variada, que pueden presentar estratificación cruzada. Estas acumulaciones de conglomerados corresponden al Cuaternario pleistocénico. Su espesor se estima en unos 80 a 100 metros. Sus mejores exposiciones se presentan en la desembocadura de la quebrada Cunac y a lo largo del río Huaura. (Salvatierra B & Gala H, 2020)
- **Depósitos Coluviales (Qr-co):** Son acumulaciones detríticas contemporáneas que no están muy bien consolidadas. Estos están formados por fragmentos de rocas de diferentes tamaños pero con una litología uniforme. Se encuentran en una matriz de limo-arcillosa o limo-arenosa y se encuentran discontinuamente por las laderas de las montañas.

Son acumulaciones de gravedad causadas por la alteración y desintegración periglacial de las rocas en las partes más altas de las vertientes

montañosas. Las acumulaciones se distinguen por su relleno de fragmentos angulosos depositados en forma caótica, pero a pesar de ello, presentan una incipiente estratificación de arriba hacia abajo. En la base de las acumulaciones se encuentran los fragmentos más horribles, mientras que los más pequeños se quedan en los niveles superiores. Normalmente tienen un encapsado fino de 0,50 a 1 m de espesor, a menos que se encuentren en niveles por encima de los 3 800 msnm. Estas acumulaciones de extensión irregular en el área de estudio alcanzan un espesor de 3 y hasta 6 metros en las depresiones topográficas de las montañas, por lo que en estos lugares cubren las formaciones geológicas más antiguas enmascarándolas. Aunque hay muchos lugares que se muestran, solo se han representado los más destacados en el Mapa Geológico debido a su gran tamaño, como los que se encuentran en la margen derecha del valle del Huaura, entre las quebradas Cunac y Pico.

- **Depósitos Aluviales Recientes (Qr-a):** Consta de acumulaciones fluviales de materiales sueltos o poco consolidados de diversa naturaleza, compuestos por gravas redondeadas, arenas y arcillas. Estos materiales forman el cauce actual de los ríos y sus diferentes escalones de terrazas. Son acumulaciones que se distribuyen como fajas alargadas de poca amplitud entre las vertientes montañosas. Estos depósitos tienen un espesor variable y su edad corresponde al Holoceno. Es importante señalar que no todos los ríos y quebradas tienen terrazas aluviales, ya que suelen ser de tipo encañonado. Estos depósitos se encuentran en la superficie actual del río Huaura, en sus planes de inundación y en las distintas etapas de terrazas bajas. Su espesor varía, pero se cree que oscila entre 10 y 15 metros.

### **Rocas Ígneas Intrusivas**

En el área examinada, se encuentran intrusiones (stocks) de rocas medianas y pequeñas del Batolito de la Costa que se ubican casi por completo dentro de los sedimentos plegados del Cretáceo mediante la metamorfización térmica. Se han reconocidos bloques de caliza marmolizada, también se ha apreciado que las cuarcitas de la formación Chimú y las lutitas de la formación Carhuaz se hallan menos alteradas. Por otro lado, también se ha observado que entre los Volcánicos Calipuy, ocurren pequeños stocks intrusitos pero que no los afecta significativamente. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

Las clasificaciones petrológicas de estas rocas son principalmente tonalitas y en menor medida granodioritas. Esta unidad también incluye algunos sistemas de diques y sills de pórfido cuarcífero, así como pequeños cuerpos intrusivos subvolcánicos de andesitas. Debido a la orientación paralela de los cristales minerales que integran sus rocas, los macizos presentan una foliación muy marcada y un diaclasamiento (fisuramiento) vertical bien desarrollado que presenta direcciones NO-SE y NE-SO. Además, algunas áreas experimentan una meteorización moderada a intensa, lo que resulta en la descamación y desintegración gradual granular de las rocas, pero presentan una gran dureza cuando se encuentran "frescas". Aunque estas rocas crean taludes estables, debido a sus fisuras, son propensas a formar bloques inestables que pueden caer debido a la gravedad y causar acumulaciones de agua en las laderas montañosas. Afloramientos característicos de estas rocas ocurren en la quebrada Cunac, en las alturas de Mallay y ambos márgenes del río Huaura. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

### **Geología Estructural**

La región parece bastante complicada desde un punto de vista estructural. La orogénesis andina y los fenómenos posteriores han causado que las formaciones cretáceas que afloran en el área sean fuertemente plegadas y falladas. El movimiento epirogénico que afectó a todo el macizo andino y el emplazamiento del Batolito de la Costa de dirección dominante NO-SE fueron los responsables de estos últimos. La orientación de las principales estructuras que se desarrollan en el área fue influenciada por eso, que incluye anticlinales, sinclinales, fallas normales e inversas, así como fallas regionales y locales. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

La columna sedimentaria ha sido afectada por los grandes esfuerzos de compresión de dirección NE y E, así como la intrusión de batolito dando lugar al intenso fracturamiento de los estratos rocosos. Se producen derrumbes y caídas de rocas en áreas con pendientes pronunciadas. El diaclasamiento de dirección NO-SE y NE-SO también está marcado. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

### **Pliegues**

Las estructuras plegadas mayores tienen una dirección esencialmente andina vale decir NO-SE, con algunas pequeñas inflexiones al N-S que no alteran su rumbo general. Algunas veces los pliegues son amplios y de flancos suaves y en otros casos son apretados y de flancos empinados hasta invertidos. Frecuentemente, los pliegues se encuentran cortados por fallas de diversa magnitud, que forman pequeños ángulos con los ejes de plegamiento o lo cortan transversalmente.

Normalmente, estas estructuras se hallan cortadas en forma casi perpendicular por ríos y quebradas que descienden hacia el SO, como es el caso



del río Huaura, donde se puede apreciar nítidamente los ejes de los plegamientos. (Salvatierra B & Gala H, 2020).

### **Fallas**

Las fallas geológicas constituyen otro rasgo estructural importante de la zona evaluada, donde afectan profundamente toda la columna rocosa. Se manifiestan por el alineamiento de escarpas, truncamiento de las formaciones desplazamiento de estructuras, etc. Pueden ser normales e inversas. Las fallas normales son relativamente posteriores y producen el dislocamiento de los pliegues y aún de las fallas inversas. (Salvatierra B & Gala H, 2020)

Estas estructuras presentan rumbos variables, pero predominan las de dirección NO-SE y NESO, con ángulos de buzamiento elevados. La formación donde mejor se reconocen estas estructuras es en los Volcánicos Calipuy. Es importante señalar que ninguna de estas fallas muestra indicios de su reaparición en la época actual (Holoceno), es decir, no están en funcionamiento.

La actividad tectónica más reciente provocada por estas fuerzas ha provocado fallas regionales que atraviesan el Distrito Minero de Raura. Esto ha reactivado el sistema NE y ha desplazado a los sistemas Noroeste y Norte. (Salvatierra B & Gala H, 2020).

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo aplicar el método de explotación Sublevel Stopping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo ejecutar el método de explotación Sublevel Stoping, para establecer un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura?
- b) ¿La aplicación de Método Sublevel Stopin será de acuerdo a los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Aplicar el método de explotación Sublevel Stoping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Ejecutar el método de explotación Sublevel Stoping, para establecer un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.
- b) Aplicar el Método Sublevel Stoping de acuerdo a los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

El Método recomendado para la mejorar la producción y establecer un sistemático ciclo de minado, ha comprendido la evaluación, que permita fijar los parámetros de la operación que se deben programar para asegurar la rentabilidad, y controlar los factores críticos de riesgo. El desarrollo del proyecto se realizó en coordinación con el área de Planeamiento de la Unidad Mallay y los avances fueron discutidos en las diversas reuniones de seguimiento y control llevadas a cabo en la Unidad Mallay, Los comentarios analizados en el desarrollo de las

actividades, fueron enriquecidos con los aportes del personal técnico de Compañía de Minas Buenaventura y se dieron mediante las múltiples reuniones de trabajo sostenidas en la unidad.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Relacionados a las limitaciones que se presentaron en el proceso de evolución para la aplicación del Método de Explotación, ya que conlleva a un nuevo diseño de las labores, así como también un el soporte de los equipos disponibles en la unidad, pero se fueron superando con apoyo de la gerencia de la Compañía de Minas Buenaventura, de acuerdo a las coordinaciones que se tuvo con la Superintendencia de la Unidad Mallay.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de Estudio**

##### **Antecedentes Nacionales**

- **(Baldeon M., 2021)**, de la Universidad Continental, elaboro su tesis “Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass - Veta Ramal Alianza de Minera Argentum”, El análisis técnico y económico del método de explotación con taladros largos en la veta Ramal Alianza del sector Codiciada de la unidad minera Morococha de la empresa minera Argentum se realiza en este estudio de investigación. La aplicación del método de minado con taladros largos en la veta Ramal Alianza incluye inspecciones en el sector de estudio, evaluaciones geomecánicas de la veta Ramal Alianza y análisis de las variables operacionales de la unidad minera. La tesis actual utiliza un enfoque analítico, donde la investigación tiene un alcance descriptivo-explicativo. La tesis tiene un diseño preexperimental

para investigar los resultados operacionales de la aplicación del método de minado con taladros largos en la veta Ramal Alianza durante el año 2019. La técnica de recolección de datos consiste en revisar el archivo y recopilar los datos relevantes en la unidad minera. Finalmente, se concluye analizando las variables técnicas y económicas del método de minado con taladros largos durante el ciclo de minado en la veta Ramal Alianza. La veta Ramal Alianza experimentó un aumento en la producción de 580,479 toneladas producidas en 2012 a 743,680 toneladas producidas en 2019, así como un aumento en el costo en efectivo de \$24.97 a \$44.33 durante el mismo período, lo que mejoró la rentabilidad de la operación, aplicando el método de minado sublevel stoping con taladros largos. La reducción de los costos de operación por el mayor tonelaje producido desde 112.42 \$/t en 2012 a 78.48 \$/t en 2019 es otro aspecto significativo de la aplicación del método de método de minado sublevel stoping. En el mismo período, los costos de la mina disminuyeron de 61.41 dólares por tonelada a 39.54 dólares por tonelada como resultado directo de esta disminución de costos.

- **(Tito R., 2019)**, de la Universidad Nacional del Altiplano, presenta su tesis “Explotación por subniveles con taladros largos en cuerpos mineralizados para el incremento de la producción en la unidad minera Untuca - Cori Puno SAC”; La empresa minera Untuca - Cori Puno SAC está operando minería y producción de mineral en la jurisdicción del distrito de Quiaca, provincia de Sandía y departamento de Puno. Su principal problema es la producción deficiente de toneladas de mineral por día debido al sistema actual que explota, que utiliza perforación tipo breasting y realce con jumbo Atlas copco, sin cumplir con el programa de producción de mineral diaria. La

investigación "Explotación por Subniveles con taladros largos en cuerpos mineralizados para aumentar la producción en la Unidad Minera Untuca - Cori Puno SAC" se llevó a cabo con el objetivo principal de aumentar la producción diaria de mineral en los cuerpos mineralizados mediante trabajos de explotación de mayor dimensión y mayor recuperación de mineral. Después de analizar los costos, se considera que la explotación de minerales por subnivel. La investigación de enfoque cuantitativo, y de tipo descriptivo, aplicativo y cuasi experimental. Se llevó a cabo una evaluación de la explotación por tajeo en breasting y en Cámaras Pilares para la producción del mineral por día. Se descubrió que, con la suma de todo el mineral disparado del frente, desquinces y tajeo 6, la producción llega a 702 TM/día, mientras que solo se recupera el 65% de todo el mineral. Después de aplicar el método de explotación por subniveles con taladros largos, se examina el ciclo de minado en el proceso de producción del mineral/día en los tajeos, en los taladros largos, el tiempo de perforación, el carguío y la voladura; En la Unidad Minera Untuca – Cori Puno SAC, se encontró que el método de explotación por subniveles con taladros largos aumentó la producción del mineral de 702 TM/día a 1 272 TM/día, con una recuperación del 85%.

#### **Antecedentes Internacionales**

- **(Lavin B., 2021)**, de la Universidad de Chile, presenta tesis de investigación “Modelamiento numérico de la secuencia de explotación de un caserón en minería de sublevel stoping”. Un método de explotación subterránea autosoportado donde se emplean pilares para abrir grandes cavidades en el macizo rocoso es conocida como Sublevel stoping. Corresponde a uno de los métodos más comunes en la minería mediana de Chile. (Zablocki, 2009). De

manera que los proyectos puedan alcanzar las metas de productividad y seguridad, los estudios relacionados con las dimensiones y secuencia de explotación de las unidades básicas de explotación (caserón) deben contar con el mayor respaldo posible. El modelamiento numérico, que corresponde a una simulación del comportamiento del macizo rocoso basado en análisis de esfuerzos, es una técnica útil para abordar esta problemática. No obstante, no hay muchos estudios en la literatura que permitan establecer criterios de estabilidad para el análisis de resultados de modelamiento numérico, donde se estima el comportamiento del macizo rocoso durante la secuencia de explotación de caserones. El objetivo del presente estudio es desarrollar una técnica que permita establecer estándares de estabilidad para la interpretación de resultados de modelos numéricos, utilizando como referencia la explotación de reales y banqueos de un caserón real. Para lograr el objetivo, se propone la siguiente técnica: Construir un modelo numérico que permita incluir la secuencia de explotación, la variabilidad espacial de las propiedades del macizo rocoso y las estructuras geológicas más relevantes del sector. Simulaciones del modelo numérico, análisis de sensibilidad y obtención e interpretación de los resultados para comparar la geometría del diseño del caserón con la geometría real del terreno; como medio para establecer estándares de estabilidad estimar correctamente el comportamiento del caserón durante la secuencia de explotación utilizando el proceso de análisis de logro sugerido. Se hacen sugerencias para el modelo numérico para aumentar la capacidad de estimación.

- **(Parraguez C., 2022)**, Universidad de Chile, desarrolla la tesis “Evaluación de la distribución de esfuerzo en pilares para un sublevel stoping (SLS) con

relleno (CRF)”. La industria minera ha experimentado cambios significativos en los últimos años y ha enfrentado desafíos importantes debido a la ubicación remota de los cuerpos mineralizados, la nueva legislación actual que impone mayores restricciones ambientales, los cambios tecnológicos como la automatización y la volatilidad del precio de los commodities, entre otros factores. Como resultado, al elegir el método de explotación, se deben tener en cuenta todos estos factores, especialmente en el cierre de nivel inferior (SLS), que también ofrece la opción de rellenar con material estéril, pasta o relleno cementado de roca (CRF), lo que proporciona estabilidad al macizo rocoso circundante y evita el colapso de la unidad básica de explotación (UBE), lo que resulta en la pérdida de mineral. Como resultado, el objetivo de esta investigación es presentar una técnica para evaluar el relleno (CRF) utilizando el porcentaje de cemento en un SLS y cómo cambia la distribución de esfuerzo sobre el pilar. Para lograr esto, se definen dos etapas: 1. La definición de las curvas de diseño toma en cuenta la calidad de la roca (muy mala, mala, regular, buena y muy buena), así como los factores A, B y C del número de estabilidad de Mathews. Los 45 casos posibles se dividen en 9 casos para el techo y 9 casos para la pared/caja. Se encuentra simetría en las gráficas de curvas de diseño de tamaño según el entorno UBE al eje  $X=Y$  y se puede definir más de un tamaño de la UBE en las etapas tempranas de ingeniería para determinar si el proyecto es económicamente rentable. Sin embargo, la definición de la UBE estará limitada por su base (ancho y largo) según la calidad de la roca, ya que su radio hidráulica es menor que el de las paredes. 2. Desarrollar un modelo conceptual que permita evaluar la distribución de esfuerzo sobre el pilar una vez rellena con CRF la



UBE para porcentajes de cemento de 3, 4, 5 y 6 % y profundidades de 500, 700 y 1000 metros. Además, se ha utilizado un modelo numérico para evaluar lo mencionado anteriormente, el cual requiere "evitar la excavación previa al relleno" para que sea coherente con la ecuación analítica. Este modelo es más conceptual que práctico. El desarrollo del modelo conceptual es similar a las curvas creadas a partir del concepto de Área Tributaria de Coates (1981). Como resultado, de las opciones examinadas se puede inferir que al aumentar el porcentaje de cemento, la razón de esfuerzo del pilar de roca con respecto al esfuerzo vertical disminuirá, con la tendencia a que el esfuerzo del pilar sea igual al esfuerzo de la roca.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **Fundamentos Teóricos y Científicos del Corte y Relleno Ascendente y el Sublevel Stopping.**

Esta técnica de corte y relleno ascendente y horizontal comienza en un nivel base, que luego se prepara para rellenarse con detrítico una vez que se haya recuperado el mineral por los cortes necesarios. En general, se utiliza este método para mantener la estabilidad de las rocas encajonantes y tener una dilución baja; el autor también considera que la veta debe tener consideraciones geomecánicas del tipo IVA a VA. (Urizar R., 2019) En el yacimiento de mineral, se utiliza una técnica de corte horizontal que comienza desde la base hacia la parte superior. El mineral roto es cargado y extraído por completo del tajo, lo que permite rellenar el vacío creado por la extracción con material exógeno. Esto permite sostener las paredes y servir de base para el corte posterior en diferentes niveles del yacimiento. (Catillo G., 2020)

La producción con taladros largos implica "dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo y consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, con tiros paralelos, posteriormente quedando vacío el caserón después de la explotación". (Misari Santiago, 1998). En el proceso de preparación de esta metodología, se indica que se deben realizar galerías de perforación y galerías de base, hotel. Primero, las perforadoras deben crear o crear una superficie abierta para perforar después de manera radial con una longitud de 8 a 15 metros en positivo o negativo.

Para estos casos, el método de sublevel stoping utiliza pilares, que generalmente se dirigen al rumbo de dichos yacimientos. (Catillo G., 2020)

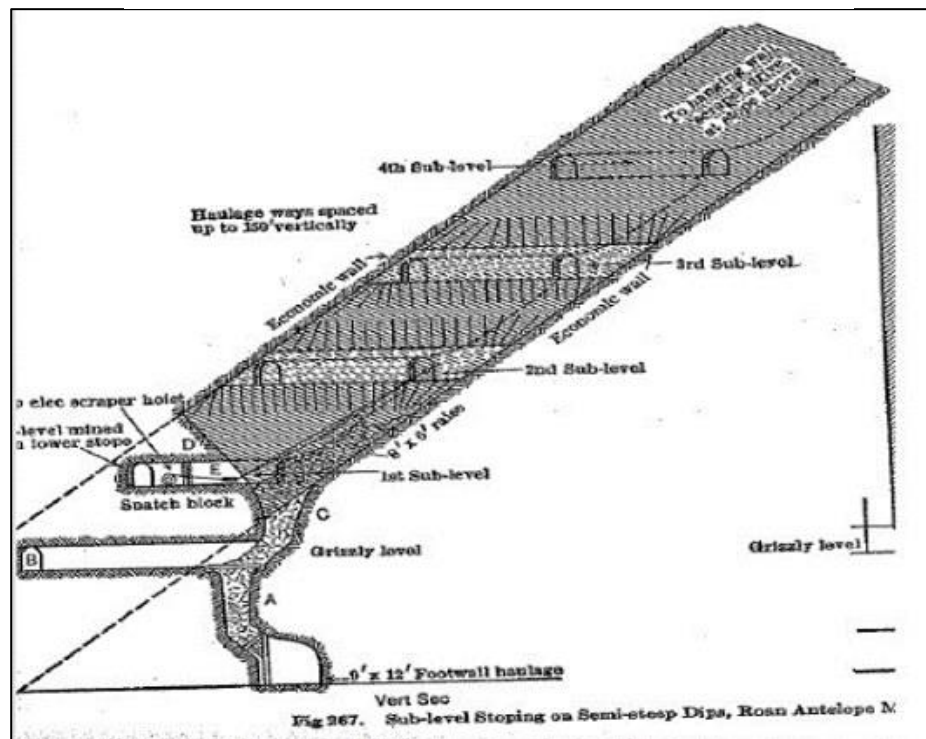
En resumen, podemos mencionar que esta metodología tiene variaciones y depende de factores del diseño y los materiales a utilizar, ya que en algunos casos pueden ser rellenos, por lo que se deben prever procedimientos adecuados para evitar accidentes.

### **Método Sub Level Stopping**

El Open Stope es una técnica de minado que consiste en extraer mineral de un cuerpo mineralizado por tajadas verticales, dejando una cavidad al final de la explotación. Para garantizar la estabilidad del sector, se deben dejar pilares y lozas para separar estas cavidades, conocidas como "caserones". y no son paralelogramos (una caja de zapatos) como en las versiones que consideran el relleno; los caserones tienen una zanja recolectora en la parte inferior del caserón para realizar la extracción del mineral fragmentado desde una galería base. (Catillo G., 2020)

La mina de Michigan en 1902 fue la primera mina en el mundo en usar una parada subnivel, con niveles separados por 15 metros, con perforadoras manuales que hacían perforaciones verticales ascendentes y descendentes. En 1937, la mina Horne en Quebec, Canadá, utilizó perforadoras manuales para hacer perforaciones radiales, (R. Peele 1918). En los primeros años de la década de 1960, Atlas Copco presenta la simba 22, una variante mecanizada del sub level stoping. (Catillo G., 2020)

*Ilustración 2. Método de Explotación Sublevel Stopping*



Los caserones se ajustarán a la forma de la mineralización en esta versión sin relleno. El tamaño de los caserones puede variar en diferentes áreas del proyecto subterráneo porque depende de las características del macizo rocoso, los esfuerzos y las estructuras. El método Open Stope sin relleno produce una amplia gama de aplicaciones del método que tienen en cuenta la presencia de pilares. (Catillo G., 2020)

- Sublevel stoping (SLS)

- Lobg Blast Hole Stoping (LBH)
- Open Stoping (OS)

### **Método Sublevel Stoping “Tradicional”**

El proceso implica producir caserones en el cuerpo mineralizado que son adecuados para la explotación y extraer el mineral de subniveles de explotación mediante disparos radiales en planos verticales. Es un método en el que las cámaras o caserones (stopes), que a menudo son grandes, quedan completamente vacíos después de extraer el mineral, grandes dimensiones especialmente en altura. (Catillo G., 2020)

Este método se puede utilizar para cuerpos macivos a vetas estrechas, pero generalmente se aplica a yacimientos verticales con un ángulo de buzamiento superior a 60º y formas y dimensiones regulares. Sin embargo, hay matos muy poderosos que son excepcionales. (Catillo G., 2020)

Una condición importante es que las características mecánicas de la roca mineral y la roca adyacente sean buenas para garantizar que las paredes y techos de los caserones creados por la explotación del yacimiento sean sólidos y estables. (Catillo G., 2020)

### **Infraestructura del Sublevel Stoping**

Las galerías del método tradicional de detención de nivel inferior incluyen la creación de galerías de perforación en la parte superior de la unidad de explotación. Y en la parte inferior de la unidad, una galería base o undercut, una zanja, una galería de transporte y las estocadas de carguío. Aparte de las galerías de conexión de niveles. El "nivel base" es el nombre de las galerías en la parte inferior del caserón. (Catillo G., 2020)

### ***Accesos***

Los accesos son tareas que tienen como objetivo conectar la rampa principal de la mina con los diversos niveles del cuerpo que se explotarán. Estos accesorios deben tener dimensiones adecuadas y una pendiente máxima del 10% para permitir el acceso a todos los equipos involucrados, como perforadoras, camiones, palas, equipos de servicios, etc. (Catillo G., 2020)

### ***Galería de perforación***

En el método de Sub Level Stopping tradicional, las galerías de perforación de se utilizan para perforar el cuerpo mineralizado en forma radial.

Las galerías de perforación siempre están orientadas según la corrida del cuerpo; La sección de estas galerías, que generalmente está entre 5 x 4 metros, depende de las características del equipo de perforación. Las dimensiones deben ser adecuadas para que los equipos de perforación funcionen correctamente, que generalmente son simbas TH. (Catillo G., 2020)

La cantidad de niveles de perforación depende de varios factores, incluida la altura del caserón, la profundidad de perforación del equipo utilizado y, sobre todo, la rectitud de los tiros. Sin embargo, la cantidad de perforaciones por nivel depende del ancho (potencia) del cuerpo mineralizado. En este caso, los pilares mineralizados de aproximadamente 15 metros separan las galerías entre sí. (Catillo G., 2020)

### ***Galería base o Undercart***

En la parte inferior de la unidad de explotación (caserón) se crea una galería llamada Undercut, que sigue la corrida del cuerpo. Las dimensiones típicas de la galería son de 3,5 por 3,5 a 4 por 4 3,5 x 3,5 a 4 x 4.

### ***Zanja***

El mineral arrancado que cae a este lugar por gravedad se recibe a través de una zanja recolectora en la parte inferior del corte. Las paredes tienen un ángulo de 45° a 60°, aunque eso depende; para recuperar el mineral de la "pata" del caserón, en algunos casos se trabaja con una pared con inclinación y la otra vertical. (Catillo G., 2020)

### ***Cruzados de producción (CX)***

Los cruzados de producción tienen como objetivo conectar el nivel de transporte y la galería undercut. Para extraer mineral del caserón, los equipos de carguío ingresan por los cruzados a una distancia promedio de 10-20 metros de largo. Un conjunto de pilares entre cruzados se produce como resultado de la separación entre cruzados. En el caso de que los equipos LHD extraigan el caserón mineral (saca), se requiere un ángulo de 60 grados, mientras que si se utilizan cargadores frontales, se puede aplicar un ángulo de 90 grados. Las secciones son de 5.5 x 5 metros. Por lo general, para abrir estos cruzados, el brazo de perforación debe estar perpendicular al eje del equipo jumbo. (Catillo G., 2020)

### ***Galería de Transporte (GT)***

La galería de transporte se construye en forma paralela y su tamaño generalmente oscila entre 5 x 4,5 y 6 x 5 metros, dependiendo del equipo de transporte más grande que atraviesa. Después de que los equipos de carguío saquen el mineral del caserón, este es cargado en los camiones en puntos de carguío y luego transportado a través de la GT a la rampa principal o el Scoop puede descargar directamente sobre piques de traspaso. Los equipos de transporte (camiones, correas transportadoras, locomotoras) reciben el material en un nivel inferior.

La estación de carga es el lugar que posee las dimensiones apropiadas para el carguío del material sobre los equipos Dumpers y favorecer el tránsito expedito de los equipos que se desplazan en dirección opuesta. Por lo general en una mina estos lugares se encuentran en la intersección de una GT y un CZ o en las cercanías de un lugar destinado para el acopio de material. (Catillo G., 2020)

### ***Cruzado de Cara Libre***

Una galería transversal a la corrida del caserón se construye en el área donde comienza la producción, generalmente en uno de los extremos del caserón. El ancho de esta galería es "generalmente" igual al ancho del caserón. Una galería de cruzado de cara libre está presente por nivel de perforación. (Catillo G., 2020)

La construcción de la chimenea exterior comienza después de la construcción de todas las galerías. El objetivo de las chimeneas de slot es crear una cara libre para el caserón, lo que permite proyectar la roca de la tronadura de la primera tajada o parada del caserón y almacenar ese mineral quebrado mediante el esponjamiento. Las dimensiones de las chimeneas Slot van desde 2x2 m a 3x3 m. (Catillo G., 2020)

La chimenea Slot se construye entre niveles de perforación con ayuda de jaulas y perforadoras neumáticas, ya sea de forma artesanal. Aunque a nivel nacional, es más común utilizar el sistema VCR para realizar la chimenea Slot. El sistema VCR tiene en cuenta la perforación de tiros largos con equipos Simba o DTH de 25 a 30 metros. Los principios de la voladura por cráter se aplican a la tronadura de VCR, que se realiza por fases de 1,5 a 2 metros por disparo. (Catillo G., 2020)

### **2.3. Definición de términos**

**Beneficio/Costo (B/C):** Cuando se habla de beneficio-costo, se mide una operación minera en la que se detallan las ganancias y utilidades o las pérdidas, e incluye todos los costos y gastos involucrados en los sistemas productivos para su cálculo.

**Caja Piso:** Es la roca que se halla debajo de la veta.

**Caja Techo:** Es la roca sobre el lado superior de una veta inclinada.

**Contactos litológicos:** que normalmente forman las cajas de techo y piso de una veta.

**Cuerpo (ORE BODY):** Son depósitos de minerales que son grandes e irregulares y carecen de forma o tamaño definidos.

**Depósito mineral:** La concentración natural del material que puede ser extraído y vendido para generar rentabilidad es lo que hablamos cuando hablamos de este tema. esos depósitos minerales En general, se refieren a las reservas que son económicamente explotables.

**Depósitos primarios y secundarios.** Los primeros están relacionados con el proceso de formación original de las rocas. La alteración de los primeros da como resultado la formación de segundos minerales.

**Desmante:** Es cualquier cosa o material inútil y sin valor económico

**Diaclasas:** Las fracturas que no han sufrido desplazamiento y que suelen aparecer en la masa rocosa se denominan juntas.

**Dilución (pérdida que se extrae):** La dilución se refiere al desmante o mineral no económicamente explotable entre el mineral que cumple con las leyes mínimas de explotación. Generalmente se refiere a factores como la explotación, la limpieza y la división geológica que podrían presentar esta situación.



**Diseminaciones.** Son yacimientos mineralizados donde la masa rocosa contiene granos minerales dispersos.

**Espaciado:** Es la distancia que se encuentra en línea recta entre dos discontinuidades adyacentes. Este es el factor que determina el tamaño de los bloques de roca que no se han dañado. Los bloques con menos espacio de espacio serán más pequeños y los bloques con más espacio de espacio serán más grandes.

**Explotación:** En cuanto a la explotación, las actividades están relacionadas a la extracción de reservas económicas irrecuperables con características económicas y operativas específicas.

**Fallas:** Las fracturas se han desplazado. Estas son fracturas menores que se encuentran en áreas locales de la mina o estructuras significativas que pueden cruzar toda la mina.

**Ganga.** Zona mineral no valiosa que está relacionada con la parte con buena ley. Este concepto es relativo porque cambia según las cotizaciones, la ley del mineral y el tiempo.

**Hilos.** Vetillas muy delgadas de mineral que se cruzan entre sí.

**Investigaciones Geotécnicas.** - Es un programa de investigaciones geotécnicas que utiliza perforaciones diamantinas para determinar los parámetros y características hidrogeológicas de los materiales que se encuentran en la zona de estudio.

**Lentes.** Es la forma lenticular del yacimiento cuya fuerza disminuye hacia su contorno. Los lentes tienen una longitud de decenas de metros.

**Ley de corte:** Esta ley es importante porque establece la ley mínima de explotación, toma en cuenta un valor económico y suele utilizarse para calcular las reservas de un depósito o yacimiento de mineral.

**Ley:** Cuando hablamos de ley, nos referimos al porcentaje de contenido metálico en sus diferentes facetas que podría tener el macizo rocoso.

**Mantos.** La mayoría de los cuerpos mineralizados en forma tabular se encuentran en una posición horizontal o ligeramente inclinada menor de 30o y tienen una gran potencia en comparación.

**Masa Rocosa:** Es el medio in situ que contiene varios tipos de discontinuidades, como fallas, diaclasas, estratos y otros rasgos estructurales.

**Matriz rocosa.** - Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intactos entre discontinuidades. A pesar de ser considerado continuo, es heterogénea y anisótropa, ligada a la fábrica, textura y estructura, mineral.

**Mena.** parte más valiosa del mineral a partir del cual se pueden extraer uno o más metales a un precio razonable.

**Mineral.** La mena y la ganga son dos elementos inorgánicos de origen natural que componen la corteza terrestre y tienen un valor económico. Además, es una sustancia inorgánica.

**Minería.** Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de minerales y rocas rentables.

**Orientación:** Es la posición de la discontinuidad en el espacio, y su rumbo y buzamiento la descrita. Un grupo de discontinuidades que se presentan con una orientación similar y son aproximadamente paralelas se denomina un "sistema" o una "familia" de discontinuidades.

**Perfil geotectónico:** Es el conjunto de tareas que incluyen la investigación del subsuelo. el análisis y las sugerencias para el diseño y la construcción del subsuelo.

**Perfil litológico:** Es la sección de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, incluyendo su tamaño, propiedades físicas y químicas, estructuras metamórficas, etc. Incluye también su composición, textura, tipo de transporte y material cementante.

**Perforación:** Es el primer paso en el proceso de preparación de una voladura. El objetivo es abrir huecos cilíndricos en la roca llamados taladros, que albergarán al explosivo y sus componentes iniciadores.

**Pliegues:** Las intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que generalmente se presentan empinadas o verticales, son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados.

**Producción:** El aporte mensual de mineral, que generalmente debe abastecer las operaciones mineras y ser tratado por el área operativa de la planta, se conoce como producción en el área de minería.

**Productividad:** En la industria minera, la mecanización es un término que se refiere a la productividad cuando un trabajo tradicional se transforma en uno más productivo mediante el uso de maquinaria avanzada. Por lo tanto, este término es un indicador de gestión (TM/hombre-gdia) que mide la producción en TM y los recursos utilizados (hombre-gdia), y la productividad debe estar marcada en valores (US\$). Las dos formas de productividad son la productividad real (valor de producción/valor de recursos) y la productividad física.

**Recuperación:** La recuperación se incluye en la concentración en porcentaje del contenido metálico tratado. La recuperación se expresa en porcentaje y se utilizan unidades de volumen.

**Relleno:** Son los materiales dentro de la discontinuidad. La masa rocosa es menos competente en materiales suaves, pero más competente en materiales duros.

**Roca intacta:** Es el bloque que se encuentra entre las discontinuidades y se puede representar mediante una muestra de mano o un trozo de testigo utilizado en ensayos de laboratorio.

**Roca meteorizada:** Es el tratamiento de minerales y rocas que ocurren sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y biosfera.

**Yacimiento de Mineral.** Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables, independientemente de su tamaño o forma.

**Zonas de corte:** Son bandas de material de varios metros de espesor donde ha fallado la roca.

**Zonificación geomecánica:** - Proceso de separación de áreas con masas de roca con condiciones geomecánicas y comportamiento similares.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si aplicamos el método de explotación Sublevel Stopping se Optimizará la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

- a) Si se ejecuta el método de explotación Sublevel Stopping, se establecerá un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.

- b) Si aplicamos el Método SubLevel Stoping será con los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.

## 2.5. Identificación de las Variables

### Variable Independiente:

X: Aplicación del Metodo de Explotacion Sublevel Stoping en la Unidad Mallay.

### Variable Dependiente:

Y: Optimizar la Producción en la Unidad Mallay.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

*Tabla 2. Operacionalización de Variables.*

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación del Método de Explotación	Es necesario cambiar el Método de Explotación y la que más se ajusta con respecto al Tipo de Roca es el Método Sublevel Stoping, la evaluación geomecánica realizada durante la profundización efectuada desde el NV 4090, en la que se requiere una alta mecanización y la aplicación de métodos masivos de explotación. Para este propósito la Unidad de Mallay, determina aplicar el método Sublevel Stoping,	Planeamiento de Mina  Plan de Minado  Evaluacion Geomecanica	Tipo de roca  Parametros Geotecnicos  Ciclo de Minado
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimizar la Producción en la Unidad Mallay.	El Método recomendado para la mejorar la producción y establecer un sistemático ciclo de minado, ha comprendido la evaluación, que permita fijar los parámetros de la operación que se deben programar para asegurar la rentabilidad, y controlar los factores críticos de riesgo. El desarrollo del proyecto se realizó en coordinación con el área de Planeamiento de la Unidad Mallay y los avances fueron discutidos en las diversas reuniones de seguimiento y control llevadas a cabo en la Unidad Mallay, Los comentarios analizados en el desarrollo de las actividades, fueron enriquecidos con los aportes del personal técnico de Compañía de Minas Buenaventura.	Compañía de Minas Buenaventura	Metodo de Explotacion  Diseño de Mina  Costos

*Fuente: Elaboración propia.*

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación actual es analítica, es decir, parte de hipótesis específicas y busca comprobar o refutar esas hipótesis aplicando los conocimientos teóricos a casos o escenarios experimentales controlados para establecer la relación entre un conjunto de variables y un conjunto de resultados. Se trata de una investigación descriptiva por detalles encontrados. Es el caso de investigaciones experimentales con sujetos de prueba, validación de los métodos aplicados.

#### **3.2. Métodos de la Investigación.**

La investigación se llevó a cabo utilizando el método lógico deductivo, que aplica los principios descubiertos a casos específicos a partir de un enlace de detalles.

Necesita silogismos lógicos, que son argumentos que se componen de tres proposiciones, es decir, se comparan dos extremos (premisas o términos) con un

tercero para determinar cómo se relacionan entre sí. La premisa principal contiene la propuesta general, mientras que la premisa menor contiene la propuesta específica. De su comparación surge la conclusión para determinar un método de explotación.

### **3.3. Diseño de la investigación**

La investigación se llevará a cabo de manera cuasi-experimental, lo que significa que examinará las relaciones causa-efecto, pero no en condiciones de control estricto de las variables. que facilitarán el proceso de explotación de la Unidad Mallay.

### **3.4. Población y muestras**

#### **3.4.1. Población**

En todas las labores que se aplica el Método de Explotación Sublevel Stoping, en la Mina Mallay, representa la población del trabajo de investigación.

#### **3.4.2. Muestra**

Los antecedentes del método de explotación aplicados en base a las caracterizaciones geomecánicas de la mina, así como también las efectuadas en las labores de la Unidad Mallay, las cuales nos permiten tener los parámetros necesarios para la aplicación del Método Sublevel Stoping, las cuales son denominadas las muestras para la aplicación del método.

### **3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.5.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

- **Recopilación y análisis de datos**

Se recopilan datos de la explotación minera.

- **Observación directa y toma de datos**

Se realiza observaciones directas de todo el proceso de explotación en la mina, y la evaluación geomecánica.

- **Búsqueda de información bibliográfica**

Se analizó la información proporcionada por la compañía y la información por internet que sirvieron como antecedentes para la aplicación del método de explotación Sublevel stoping.

### **3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

- **Materiales**

- Planos topográficos.
- Mapeos geomecánicos Efectuados.
- Informes geomecánicos
- Reporte de los métodos de explotación
- Procedimiento de explotación realizados con anterioridad (Documentación).
- Picota, brújula, flexómetro.
- Libreta de campo.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La extracción de datos se realizó en la mina, especificando el tipo de roca y los parámetros geotécnicos de la Mina, de acuerdo a la información obtenida y las consideraciones determinadas con respecto a al tipo de roca para la implementación del método de explotación Sublevel Stopping.

Es importante destacar que el modelo geomecánico utilizado para el análisis de la estabilidad varía según las secciones geomecánicas y las zonas de explotación. En este caso, se utilizó el modelamiento numérico de los parámetros geotécnicos obtenidos en la mina.



### **3.7. Tratamiento estadístico de datos**

Las unidades experimentales objeto de comparación son los métodos aplicados y la comparación con el método Sublevel Stopping. Permittiéndonos estadísticas dentro de los procesos previos y manteniendo y aceptando el modelo estadístico que al final refleja los resultados de toda la investigación.

### **3.8. Orientación ética**

Los principios éticos como la responsabilidad, el respeto, la diligencia, la constancia, la puntualidad, la justicia y la honestidad, son parte de la profesión mediante la cual nos formamos e inculcaron en el hogar, para ser personas de bien y por ende buenos profesionales.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **Revisión y Validación de las Investigaciones Geomecánicas In-Situ**

Para evaluar las propiedades geomecánicas del medio geológico donde se tiene proyectado la Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping de la mina, sectores correspondientes a las Vetas Isguiz y María, se ha revisado y complementado con la visita al terreno, la información existente; que inicialmente fue proporcionad por Unidad Mallay.

##### **Mapeo Geomecánico de Labores Subterráneas**

Para el proyecto se ha tomado como referencia, la información correspondiente al mapeo geomecánico del Nv. 4090, que fue proporcionado por la Unidad Mallay. Esta información fue revisada en terreno y luego validada durante la visita técnica a la mina. En el recorrido de esta labor, físicamente se pudo observar, que el sector (NV 4090) muestra condiciones geomecánicas de

calidad de roca que podrían clasificarse entre regular a buena. Los detalles de la clasificación para los distintos “Clavos”, se muestran en el resumen del siguiente cuadro.

**Tabla 3. Resumen del RMR y GSI en el Nv. 4090 – Veta Isguiz**

Zona	Nivel	Litología	Dominio	GSI		RMR76		
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Promedio
Clavo 2	4090	Ki-ph Ca-Sil	Caja Techo Cercana	F/R	F/R	60	60	60
Clavo 2	4090	MIN	Mineral	F/MP	F/R	45	60	52
Clavo 2	4090	Ki-fa	Caja Piso Cercana	F/MP	F/R	45	60	52
Clavo 3	4090	Ki-ph Ca-Sil	Caja Techo Cercana	F/MP	F/R	45	60	52
Clavo 3	4090	MIN, Ca-Sil	Mineral	F/P	F/R	55	60	57
Clavo 3	4090	Ki-fa, Ca-Sil	Caja Piso Cercana	F/P	F/R	55	60	57
Clavo 6	4090	Ki-ph	Caja Techo Cercana	F/MP	F/R	45	60	52
Clavo 6	4090	MIN	Mineral	F/P	F/R	55	60	57
Clavo 6	4090	Ki-fa	Caja Piso Cercana	F/MP	F/R	45	60	52
<b>Todo el Subnivel</b>	<b>4090</b>	<b>Ki-ph Ca-Sil</b>	<b>Caja Techo Cercana</b>	<b>F/MP</b>	<b>F/R</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>55</b>
<b>Todo el Subnivel</b>	<b>4090</b>	<b>MIN</b>	<b>Mineral</b>	<b>F/P</b>	<b>F/R</b>	<b>52</b>	<b>60</b>	<b>55</b>
<b>Todo el Subnivel</b>	<b>4090</b>	<b>Ki-fa Ca-Sil</b>	<b>Caja Piso Cercana</b>	<b>F/MP</b>	<b>F/R</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>54</b>

Fuente: UM. Mallay.

**Tabla 4. Resumen del RMR y GSI en el Nv 4090 – Veta María**

Zona	Nivel	Litología	Dominio	GSI		RMR76		
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Promedio
María	4090	Ki-ca Ki-fa	Caja Techo Cercana	F/MP	F/R	45	60	54
María	4090	MIN	Veta	F/P	F/R	55	60	56
María	4090	Ki-ca Ki-fa	Caja Piso Cercana	F/MP	F/R	45	60	54

Fuente: UM. Mallay.

### **Logueo de Perforaciones Diamantinas**

De los testigos de perforación se pudo tomar información de las mediciones de RQD, se identificaron 06 taladros diamantinos representativos del sector, cuya longitud suma un total de 403.10 m. Estos sondeos en su recorrido primeramente atraviesan la caja techo, luego atraviesan la mineralización y finalmente reconocen la caja piso en la zona de interés. Los testigos de roca fueron inspeccionados para identificar los tipos litológicos y evaluar las características físicas de las discontinuidades. Se verificó la estimación del porcentaje de recuperación, el índice RQD, las condiciones de las juntas y la resistencia a la compresión de la roca intacta, estimación que se hizo utilizando una picota de geólogo. En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los tramos de perforación logueados.

*Tabla 5. Listado de los Taladros Reloagueados*

<b>Sondeo</b>	<b>Coordenadas (m)</b>		<b>Cota (msnm)</b>	<b>Azimut (°)</b>	<b>Inclinación (°)</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>			
ISG-13-27	296687.09	8817630.01	4092.20	37.70	-49
MLL 14-16	296660.14	8818169.93	4096.16	65.27	-36
MLL-14-08	296688.51	8817629.86	4092.34	56.98	-38
MLL14-40	296687.47	8817629.02	4092.23	57.11	-57
MLL15-33	296544.56	8818144.69	4097.19	84.53	-31
MLL14-03	296687.26	8817630.23	4092.37	37.42	-39

### **Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Rocas**

Se revisaron los ensayos de laboratorio de mecánica de rocas que determinaron las propiedades físicas y mecánicas de la roca intacta, los mismos que fueron realizados dentro del marco del estudio de Evaluación Geomecánica para el Minado Subterráneo Proyecto Mallay - DCR Ingenieros SRL tda (2019).

Se llevaron a cabo investigaciones sobre mecánica de rocas en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Pontificia Universidad Nacional Católica del Perú, ha servido para identificar las siguientes propiedades:

- Propiedades Físicas: densidad, porosidad y absorción.
- Propiedades de Resistencia Mecánica: carga puntual, compresión uniaxial, tracción indirecta y compresión triaxial.

**Tabla 6.** Relación de Ensayos Ejecutados de Laboratorio de Mecánica de Rocas

<b>Litología</b>	<b>Triaxial</b>	<b>UCS</b>	<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Corte Directo</b>	<b>Carga Puntual</b>
Arenisca (Arn)	1			1	
Arn-MIN			1		
Caliza (Clz)	1		1	1	
Clz-GM (Caliza-Gris Micrítica)		1	1		1
MIN Clz-GM				1	
Qzta-B (Cuarcita Blanca)			1	1	1
MANTO ISGUIZ (MIN)	1		1	1	1
VETA MARÍA (MIN)	1		1	1	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

#### 4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

##### **Modelo Geomecánico**

##### *Geología*

El yacimiento está ubicado dentro de plegamientos orientados al NW-SE, con pequeñas inflexiones N-S que alteran su rumbo general, buzando al W con ángulos de 30° a 60°, con una exposición de la mineralización (Veta Isguiz) en una longitud de 1.4km, con un espesor de 30 a 100 m y una profundidad hasta ahora conocida, desde la superficie de 500 m. Los cuerpos definidos están

controlados estructuralmente por un anticlinal que tiene un rumbo de eje de Norte a Sur.

La Unidad Minera Mallay tiene como principales unidades litoestratigráficas a: Cuarcitas que corresponden a la Formación Chimú, que es considerada la más antigua, sobre esta suprayacen las capas calcáreas y clásticas de las Formaciones Geológicas Santa y Carhuaz, dentro de esta última descansa concordantemente las areniscas Farrat, y sobre ellas en forma discordante, la serie calcárea y lutacea de las formaciones Pariahuanca, Chulec-Pariatambo y las calizas Jumasha. Y culminando la secuencia rocosa, se asientan los Volcánicos Calipuy, constituidas de lavas andesíticas y piroclastos. Todo este sistema de formaciones corresponde al Cretáceo, Terciario y Cuaternario. (INGEMMET, 1996).

La tectónica regional tiene un dominio de esfuerzos compresivos, manifestados en pliegues y sobreescurrecimientos de alcance kilométrico, que presentan un alineamiento entre los ejes de los primeros y el plano de desplazamiento de los segundos con dirección NW-SE, correspondiente a la dirección de la cordillera de los andes, y un sistema principal de fallamientos inversos NE-SW.

### ***Geo-estructuras***

La zona tiene un lineamiento NW-SE con anticlinales y sinclinales, y está fuertemente plegada estructuralmente, fallas normales e inversas de carácter regional y local, con algunas inflexiones pequeñas de N-S que no alteran su rumbo, como resultado de un fuerte tectonismo e intrusiones. Metalogénicamente el yacimiento de Mallay, presenta una fuerte alteración hidrotermal que ha generado piritización y silicificación en las rocas

encajonantes. Dentro de la formación Jumasha se tiene la presencia de diques dacíticos que generan una alteración argílica.

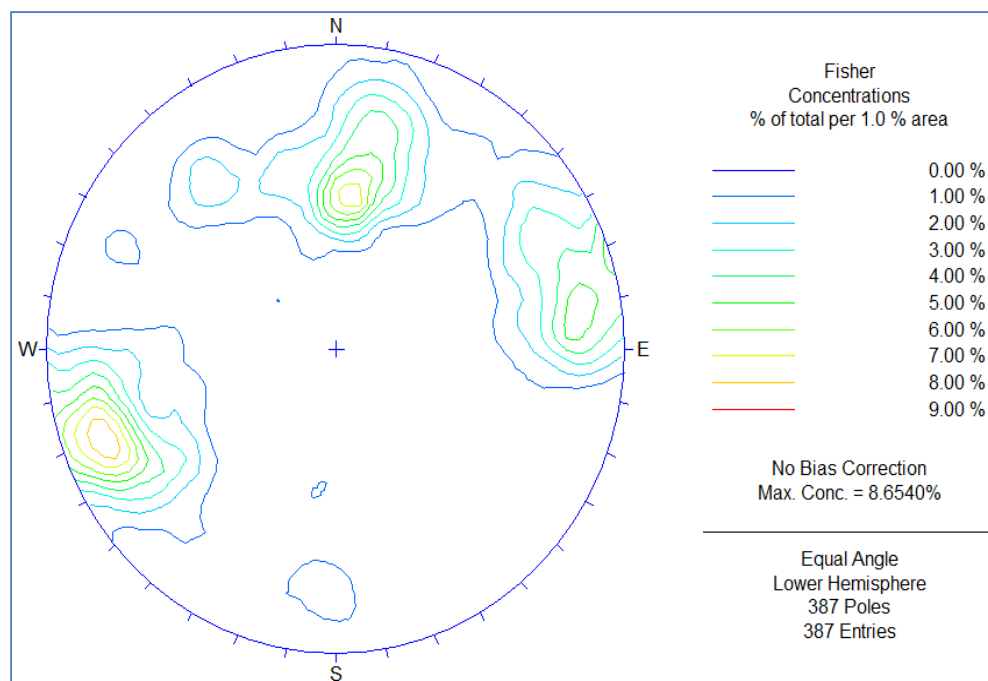
Las estructuras presentan rumbos con tendencia NW-SE, E-W y NE-SW, con ángulos de buzamiento elevado.

El Anticlinal Isguiz, con dirección predominante N30°W. Ubicado en el área Isguiz, dentro de su estructura en el flanco derecho se ubica una gran falla-contacto Isguiz, donde se emplaza la mineralización Zn-Pb-Ag deslizándose sobre el contacto de las formaciones Farrat y la Caliza Pariahuanca.

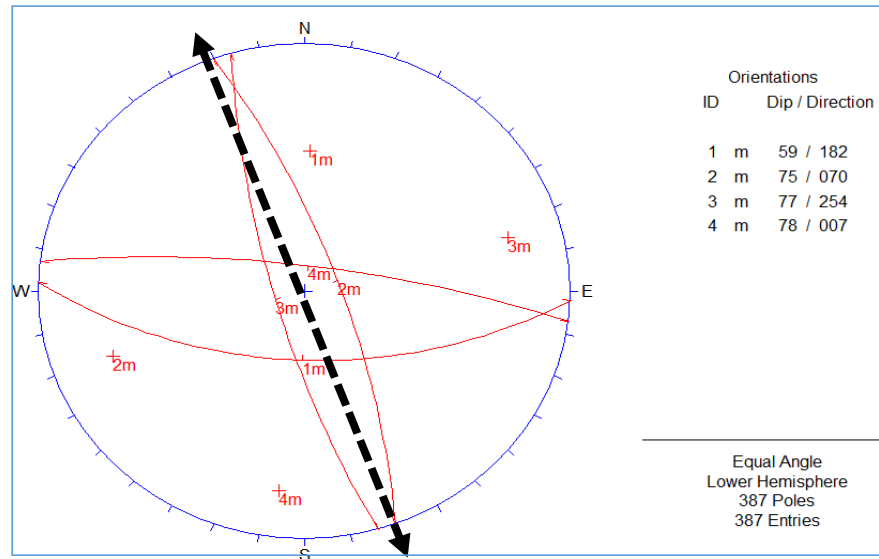
### Fallas Locales

Localmente tras la revisión de planos geológico y geoestructurales de los Nvs. 4090 y 4150, se identificaron dos familias predominantes de fallas locales, el más importante tiene rumbo N70°E y buzamientos de 70° NW y SE. En la siguiente figura se muestra el análisis estereográfico de las fallas locales.

*Ilustración 3. Diagrama Estereográfico De Concentración De Polos De Fallas Locales De La Veta Isguiz*



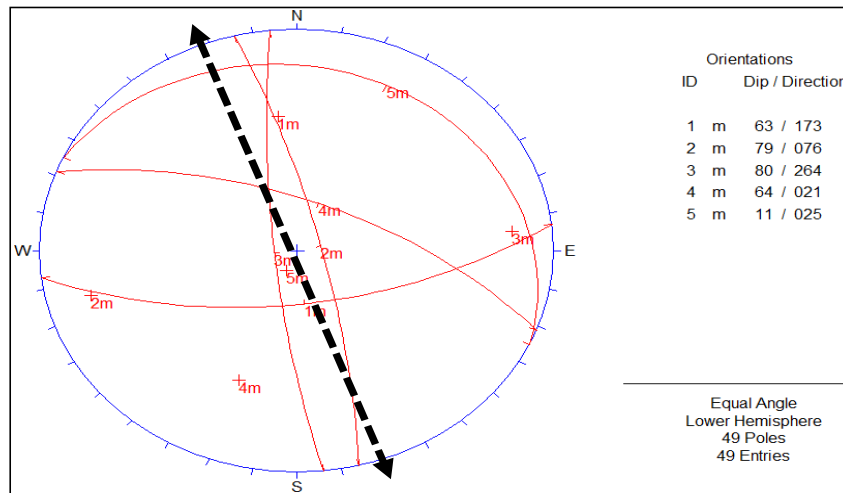
**Ilustración 4. Diagrama Estereográfico De Tendencias Predominantes De Fallas Locales De La Veta Isguiz**



**Discontinuidades**

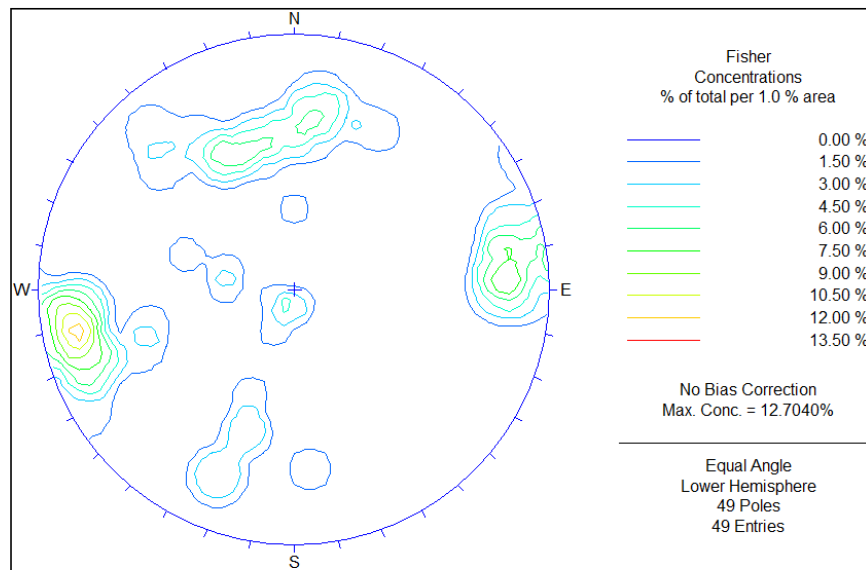
Las características de las discontinuidades se registraron, como la orientación y espaciamiento de las familias de juntas, el tamaño de los bloques, RD, el ondulado y rugosidad de las paredes, la separación o abertura, el relleno, la continuidad y la meteorización. Estas características se utilizaron para clasificar geomecánicamente los macizos rocosos y calcular la resistencia al esfuerzo cortante. Cada cuerpo mineralizado y el tipo de roca predominante fueron objeto de análisis.

**Ilustración 5. Diagrama Estereográfico De Concentración De Polos De La Caja Techo Nv 4090 – Veta Isguiz**





**Ilustración 6. Estereográfico De Planos Principales De La Caja  
Techo Nv 4090 – Veta Isguiz**



### **Condiciones Hidrogeológicas**

Tras la inspección del nivel de cota más baja Nv. 4090, se observó que el sector de inicio de las labores de profundización se encuentra húmedo y con goteo de agua en sectores localizados. En este contexto, se puede deducir que el nivel freático se muestra deprimido y en la profundización el agua subterránea no afectará al dimensionamiento de los tajeos de explotación.

### **Macizo Rocoso**

El objetivo de la caracterización geomecánica es determinar la calidad y la clasificación del macizo rocoso que rodea los tajeos de explotación. Además, permite la zonificación del macizo rocoso en dominios estructurales, lo que caracteriza los dominios por su homogeneidad geomecánica y estructural.

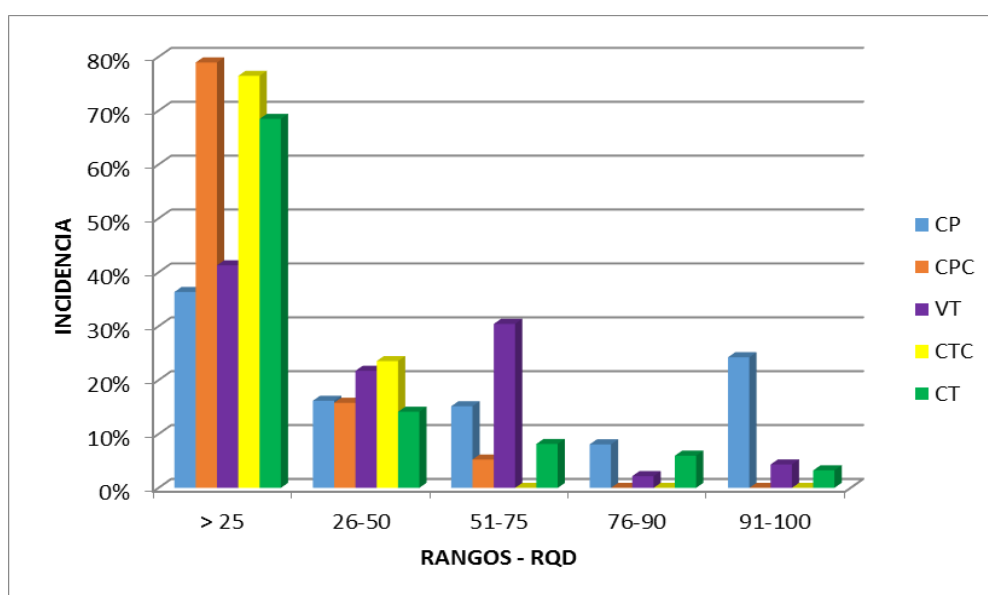
### **Índice RQD**

El índice de designación de la calidad de la roca RQD (Deere, 1964) proporciona una estimación cuantitativa de la calidad de la masa de la roca a partir de los testigos de perforación diamantina.

El análisis estadístico de los valores RD de todos los tipos de roca presentes en la zona del proyecto reveló que el 78% estaba por debajo del 25 % de RQD (Muy malo), mientras que el 22 % estaba entre 25 y 50 % (malo), lo que indica que la roca estaba fracturada de intensa a moderadamente.

CP: Caja piso lejana, CPC: Caja piso cercana, CT: Caja techo lejana, CTC: Caja techo cercana y VT: Veta o estructura mineralizada.

**Ilustración 7. Variabilidad Del Índice Rqd Por Dominio Veta Isguiz**



### Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosó

Este sistema fue desarrollado por Bieniawski (1976). El sistema toma en cuenta seis parámetros de clasificación (ver cuadro siguiente), y la suma de estos parámetros da el índice RMR. Para el caso de Minero, se recomienda no considerar la valoración de ajuste de orientación porque se considera en el número de estabilidad (N) del método gráfico de estabilidad. Los ensayos de mecánica de la roca en el laboratorio, los mapeos detallados en los afloramientos y la inspección de testigos de perforación proporcionarán los parámetros necesarios para clasificar la roca maciza

**Tabla 7. Parámetros de Clasificación del Sistema Rmr 76**

Parámetros de Clasificación	Rango de valores
Resistencia Uniaxial de la roca intacta	0 – 15
Rock Quality Designation (RQD)	3 – 20
Espaciamiento de discontinuidades	5 – 30
Condición de las discontinuidades	0 – 25
Condiciones hidrogeológicas, agua subterránea	0 – 10
(*) Ajuste por orientación de discontinuidades	(-12) – 0

(\*): No se considera la valoración para Minería

El siguiente cuadro muestra el criterio utilizado para clasificar la masa rocosa:

**Tabla 8. Criterio De Clasificación De La Calidad De Roca Rmr**

Tipo de Roca	Rango RMR	Calidad según RMR
I	81 - 100	Roca muy buena
II	61 – 80	Roca buena
III	41 – 60	Roca regular
IV	21 – 40	Roca mala
V	<20	Roca muy mala

El siguiente cuadro, se resume los valores de RMR obtenidos tanto en las perforaciones diamantinas como en el último nivel de profundización Nv. 4090.

**Tabla 9. Variabilidad De La Clasificación Geomecánica Rmr Por Dominio Veta Isguiz**

Descripción	Nº Datos	Mínimo	Promedio	Máximo
<b>CLAVO 2</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
CPC	16	45	58	60
CTC	24	60	60	60
VT	15	45	58	60
<b>CLAVO 3</b>	<b>457</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>79</b>
CP	85	42	48	66
CPC	94	42	57	60
CT	75	37	48	79
CTC	93	39	57	60
VT	110	39	55	74
<b>CLAVO 6</b>	<b>222</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>82</b>
CP	48	37	65	82
CPC	40	37	54	60
CT	75	37	48	79
CTC	34	37	52	60
VT	25	37	51	60
<b>Total general</b>	<b>734</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>82</b>

**Tabla 10. Variabilidad De La Clasificación Geomecánica Rmr Por Dominio Veta María**

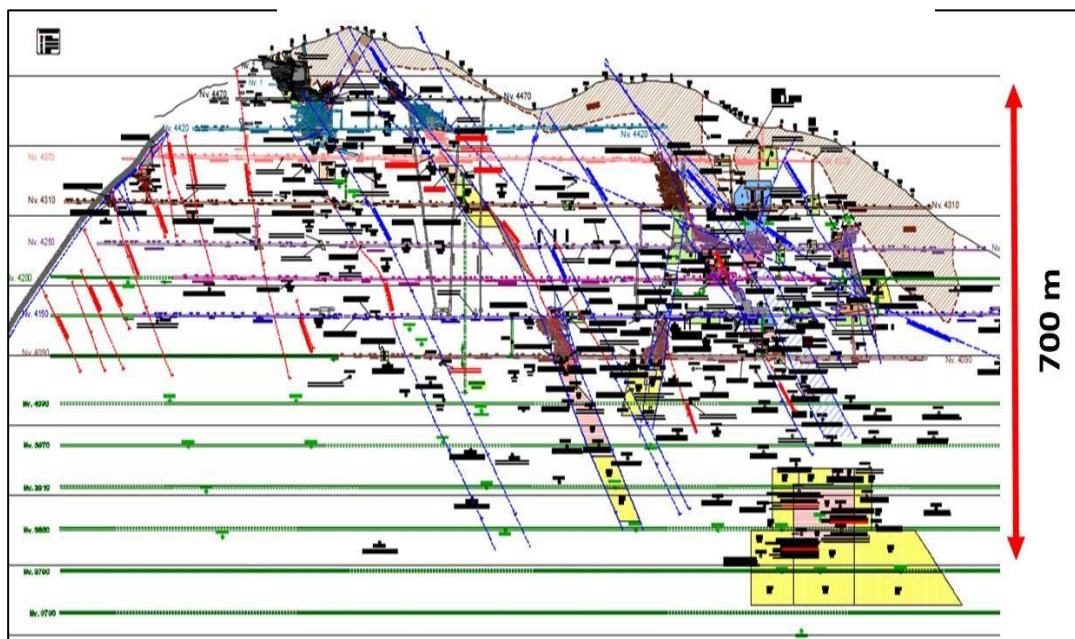
Descripción	N° Datos	Mínimo	Promedio	Máximo
MARÍA	132	45	54	60
CTC	52	45	54	60
VT	26	55	56	60
CPC	54	45	54	60

### Condiciones de Esfuerzos Insitu

Considerando que algunas labores de mina se encuentran próximas a superficie y otras alcanzan profundidades de hasta 700 m con respecto a la superficie, se estima que con un criterio gravitacional, los esfuerzos principal menor Sigma 3 (vertical) estará en el orden de 19.3 MPa en la zona más profunda de la veta Mary. Considerando que la relación de esfuerzos horizontales sobre los verticales en los andes peruanos están en el orden de 1.5, se puede estimar que el esfuerzo principal mayor Sigma 1, estará en el orden de 29 MPa.

Considerando la resistencia de la roca del macizo rocoso y los bajos niveles de esfuerzos, se espera que no se presenten problemas de inestabilidad por estallido de roca.

**Ilustración 8. Profundidad De Encampane**



#### 4.3. Prueba de hipótesis

Con las variables independiente y dependiente, expuestas en el trabajo de investigación realizamos la prueba de la Hipótesis y por lo mismo se acepta: Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.

- **H0:** Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping en la Unidad Mallay.
- **H1:** Optimizar la Producción en la Unidad Mallay.

#### 4.4. Discusión de resultados

##### Criterios de Análisis Discutidos

Para evaluar las distintas opciones, se analizaron y discutieron los siguientes aspectos:

- Ubicación de estructuras mineralizadas para el desarrollo del proyecto
- Ubicación de sectores prospectivos de interés, que podrían integrarse al plan de accesibilidad y producción en el Largo plazo.
- Reconocimiento geológico del contacto arenisca – Caliza Pariatambo
- Categoría del Recurso Mineral
- Volumen del Recurso Mineral
- Ubicación del Recurso Mineral.
- Geometría y distribución de leyes del recurso mineral
- Nivel base o fondo económico de la mineralización
- Facilitar la exploración generando una secuencia de avance para obtener una producción temprana
- Categoría del Recurso Mineral que debe ser considerado para la evaluación económica del proyecto.

- Cantidad de recurso respecto a nivel de inversión
- Límites de servidumbre, de concesiones y límites comunales.
- Restricciones socio ambientales (Ubicación de bocaminas, desmonteras, etc.)  
respecto a curso del riachuelo, presencia de bofedales, pastizales, etc.
- Ubicación de componentes activos de la Unidad.
- Presencia de agua
- Evaluar si como parte del Plan de accesibilidad conviene también desarrollar un túnel de drenaje.
- Evaluar el sistema de extracción del mineral y desmonte
- Evaluar el sistema de ventilación
- Evaluar las longitudes de desarrollo
- Evaluar los sistemas de extracción del mineral y desmonte
- Discutir si conviene incorporar en el análisis de opciones la alternativa de profundización con PIQUE.

### **Matriz de Evaluación de Opciones considerando Riesgo Operacionales**

La evaluación de opciones parte con la identificación de los factores críticos y riesgos asociados a los aspectos operacionales o de construcción de las labores de accesibilidad. Elaborando para ello una matriz que ordena los aspectos críticos o relevantes del proyecto de profundización. Para su calificación, se establecen los factores de ponderación respectivos, habiendo en el desarrollo analizado y discutido conjuntamente con MALLAY, la siguiente estructura para su evaluación por orden de prioridad.

- Obtención de Permisos, Licencias
- Periodo de Construcción

- Inversión (CAPEX)
- Facilidades de Exploración
- Riesgo Geológico
- Riesgo Información Geomecánica
- Aprovechamiento del Nv-4090 como nivel de cabeza
- Interferencia con la extracción del Mineral Nv-4090
- Preparación para métodos masivos
- Facilidades de Extracción drenaje y ventilación.

El factor de criticidad esta expresado en porcentaje (%), de acuerdo a la jerarquía dela variable respecto a las demás.

### **Elección del método de minado**

#### ***Opciones de explotación***

Se analiza el método de explotación actual (Corte y Relleno ascendente con relleno detrítico) y su performance. Proyectando el uso de este método en las formas geométricas de los recursos minerales, bajo el NV 4090. Se identifica que no habría suficientes frentes, para producir a ritmo de 600 t/d, en forma sostenida. Adicionalmente a esta limitación, el intenso uso de mano de obra generaría costos más elevados de los que actualmente tiene Mallay, debido a los costos incrementales por la mayor distancia del transporte de mineral y desmonte, también por los costos adicionales que se tendrán que incorporar, por las necesidades de bombeo y ventilación.

Para contrarrestar esta condición desfavorable, la alternativa que se consideró necesaria estudiar, corresponde al uso de métodos de explotación mecanizados que no requieran de muchos tajeos para producir 600 t/d y que a la

vez ofrezcan condiciones de seguridad con alta productividad, con costos de producción más bajos a los actualmente obtenidos.

### ***Elección del método de explotación***

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados. Entre las opciones de explotación más conocidas y que se adecuan a las formas geométricas de las estructuras mineralizadas, a los aspectos geológicos y geotécnicos del yacimiento, tenemos entre otros al Sub Level Stopping y al Bench And Fill Stopping. Se desestima la aplicación del Sub Level Stopping, básicamente por el hecho de que es un método para condiciones de competencia de roca más favorables y que en su concepción inicial ha sido diseñado para la explotación sin relleno, en estructuras mineralizadas continuas de buzamiento uniforme sin mayores inflexiones, lo que le ha permitido proyectar separaciones de niveles de mayor longitud y por tanto proyectar también longitudes de perforación de más de 20m. El empleo de este método por las inflexiones de las estructuras mineralizadas de MALLAY, no ayudarían a controlar la dilución desde la etapa de perforación.

Priorizando el control de la dilución desde la elección el método de explotación, para las condiciones geológicas y geotécnicas de las estructuras mineralizadas de MALLAY. Se considera más conveniente la aplicación del BENCH AND FILL STOPPING. Debido a las bondades que ofrece, para el control de las inflexiones de las estructuras mineralizadas en vetas angostas, mediante las separaciones entre sub niveles a distas más cortas, de tal forma que las inflexiones de las vetas serán mejor controladas al momento de la perforación long hole. Adicionalmente a esta condición de operación, bajo el esquema de preparación del Bench and Fill Stopping, con tres accesos al mismo tajeo, se obtendrá un ciclo

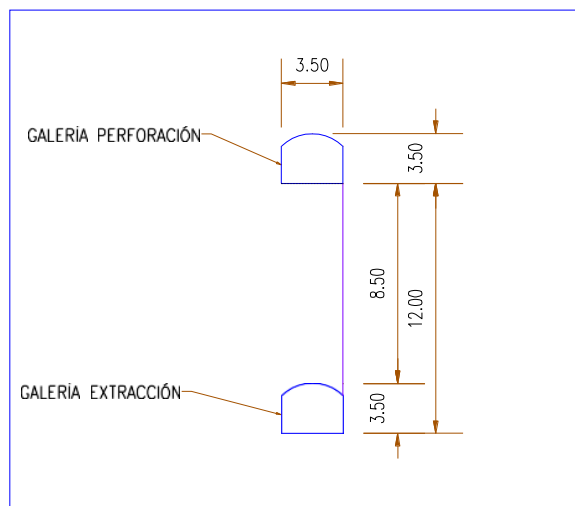


de minado dinámico sin interrupciones, con tres operaciones simultáneas (Perforación – Voladura, Acarreo y Relleno) en un mismo tajeo. Esta condición permitiría el aporte continuo de mineral, evitando interrupciones en la extracción del mineral, por tener que rellenar el tajeo, previamente para el siguiente corte. Por tanto, para la producción requerida, aplicando el Bench Stopping, serían más que suficientes disponer de solo 2 Tajeos con dos alas cada uno.

### ***Unidad básica de explotación (UBE) y descripción del método***

Para dimensionar la Unidad Básica de Explotación (UBE), se tomó las recomendaciones del estudio del informe Geomecánico, descrito líneas arriba. La UBE está constituida de (01) galería de perforación y (01) galería de extracción más slot. Este método además de adecuarse a la geometría de la estructura mineralizada, permite un alto grado de mecanización, con alta productividad a un costo competitivo.

***Ilustración 9. Unidad Basic Explotación (UBE)***



### **Parámetros del diseño**

Los parámetros de diseño establecido para el proyecto se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 11. PARAMETRO DISEÑO*

<b>Parámetro Diseño</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>REQUERIMIENTO PRODUCCION</b>		
Día	t/d	600
Mes	t/mes	18,000
Año	t/año	216,000
<b>MODULO BASICO DE EXPLOTACION (MBE)</b>		<b>BENCH AND FILL</b>
Longitud de Tajeo (Promedio)	m	100
Altura de Banco	m	8.5
Ancho (Potencia promedio) María	m	1.00
Ancho (Potencia promedio) Isguiz	m	3.68
Densidad del desmonte	t/m <sup>3</sup>	2.6
Densidad de Mineral	t/m <sup>3</sup>	3.6
<b>UNIDAD BASICA DE EXPLOTACION (UBE)</b>		<b>BENCH AND FILL</b>
Longitud de Tajeo	m	25
Altura de Banco	m	8.5
Ancho (Potencia promedio) María	m	1.00
Ancho (Potencia promedio) Isguiz	m	3.68
Densidad del desmonte	t/m <sup>3</sup>	2.6
Densidad de Mineral	t/m <sup>3</sup>	3.6
<b>INFRAESTRUCTURA</b>		
Rampa de Accesibilidad y Extracción	m <sup>2</sup>	4.5x4.5
Rampa de Operación (Reserva)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
Rampa de Operación (Potencial)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
CX-Ventilación	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
Chimeneas Ventilación	m <sup>2</sup>	1.5X2.4
<b>DESARROLLO</b>		
Labores de Acceso (Reserva)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
Labores de Acceso (Potencial)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
CX-Ventilación - Desmonte	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
Chimenea-Ventilación-Desmonte	m <sup>2</sup>	1.5X2.4
<b>PREPARACION</b>		
Sub Niveles de Perforación (Reserva)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
Sub Niveles de Perforación (Potencial)	m <sup>2</sup>	3.5x3.5
<b>RENDIMIENTOS DE AVANCE</b>		
Rampa de Accesibilidad y Extracción -8% y -12% (*)	m/mes	140
Rampa de Operación +/-12% (*)	m/mes	100

### **Plan de Minado Mallay**

Para elaborar el Plan de Minado se tomó en consideración la capacidad instalada de la Planta Concentradora y la ubicación de los componentes

principales de la unidad (Botadero de desmonte y tolva de gruesos), con sus respectivas labores de accesibilidad. Así también la ubicación del nivel base o de inicio de la Rampa 4090.

La infraestructura principal de la profundización de mina, está compuesto por las siguientes labores principales

Rampa de acceso y extracción 400 con una sección de 4.5m x 4.5m, el portal de inicio se encuentra ubicado al costado de la bocamina actual del NV-4090. Esta labor ha sido diseñada con una pendiente inicial de 8%, hasta la cota del primer nivel de producción Nivel: 4030, haciendo una longitud de 950m entre el clavo 3 y el clavo 2 en Isguiz. Luego continúa hacia los niveles inferiores con una gradiente de 12%, hasta llegar al nivel base, haciendo en su recorrido total una longitud de 2,513m (Nivel: 3790).

Chimeneas de ventilación, servicios y echaderos se construirán convencionalmente, aprovechando la facilidad de accesibilidad BpORRADOR odrán ser construidas simultáneamente de distintos niveles.

### **Diseño de los Blocks de Minado**

#### **Labores de Desarrollo**

Para acceder a las estructuras mineralizadas de Isguiz y Veta María, se ha diseñado la RPA 400, esta rampa parte de superficie con dirección al Clavo 3 por la caja techo, para facilitar su exploración con sondajes en profundidad. Luego sigue su recorrido en las areniscas, hasta ingresar a las calizas cortando el contacto con la veta Isguiz en forma perpendicular, posteriormente gira para seguir el rumbo de Isguiz por la caja piso, hasta llegar a la intersección con la veta María en donde la rampa hace un giro para seguir el contacto piso de la veta María. De esta rampa principal de extracción se desarrollarán la rampa (12%) secundarias

de operación o accesibilidad a cada uno de los sub niveles de perforación proyectadas para la Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping. Esta forma de desarrollo permitirá interceptar y explotar la estructura mineralizada que posteriormente será establecidas para el minado de los sub niveles siguiendo su rumbo, acción que más adelante ayudará a delimitar los futuros tajeos de explotación.

El plan de desarrollo establecido para el proyecto obedece al siguiente objetivo:

- Acceder en forma simultánea a los bloques mineralizados en el menor tiempo posible, mediante la explotación masiva.
- Agrupar sectores con su propia infraestructura, como fuentes de aporte simultáneo a la producción.
- Obtener los mayores rendimientos de los equipos LHD, por las distancias de acarreo apropiadas a las dimensiones de la labor y equipo, minimizando en lo posible el uso de volquetes.
- Aprovechar la gravedad para el traspaso de mineral por los ore pass, de los niveles superiores al nivel de extracción.

Cada una de estas labores, se pueden apreciar en el siguiente gráfico.

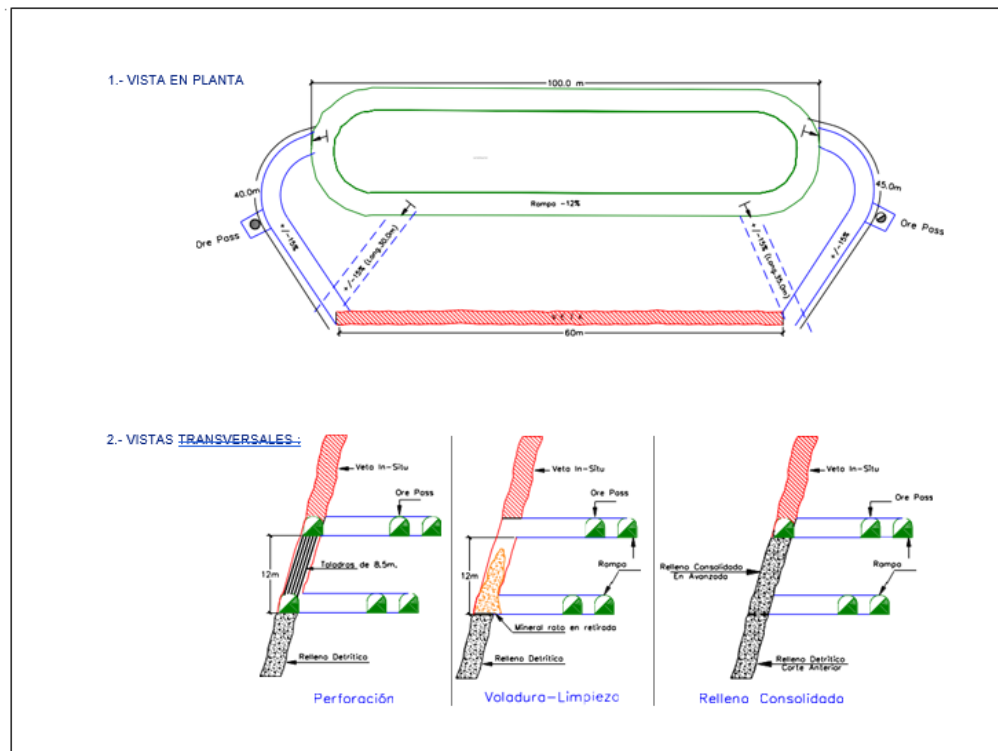
### **Labores de Desarrollo y Preparación**

Conformadas por los subniveles de perforación Long Hole, estas labores podrán ser usadas también, como labores de extracción del mineral e ingreso de relleno. También se tienen a los Slots, que estarán ubicados a los extremos de los tajeos y servirán como cara libre de los taladros de producción.

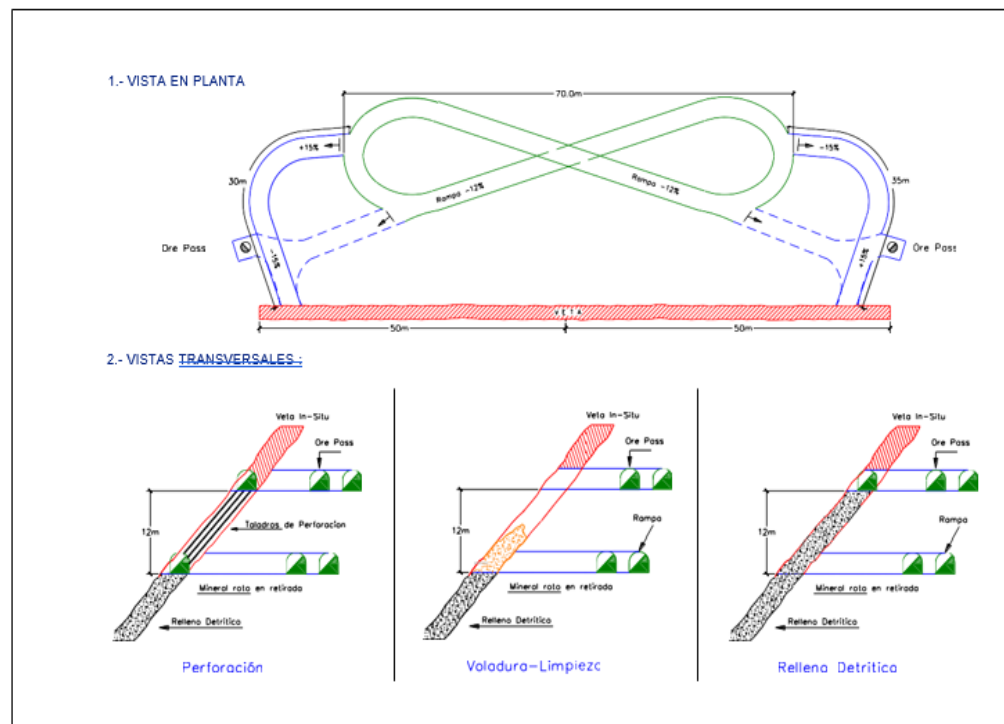
Las labores de preparación se deben iniciar en los niveles inferiores y deben progresar en sentido ascendente.

A continuación, se muestran cada uno de ellas.

**Ilustración 10. Esquema de Desarrollo y Preparación Veta Isguiz**



**Ilustración 11. Esquema de Desarrollo y Preparación Veta María**



**Labores de explotación y Secuencia de Minado, Sectores: Veta Isguiz, veta María.**

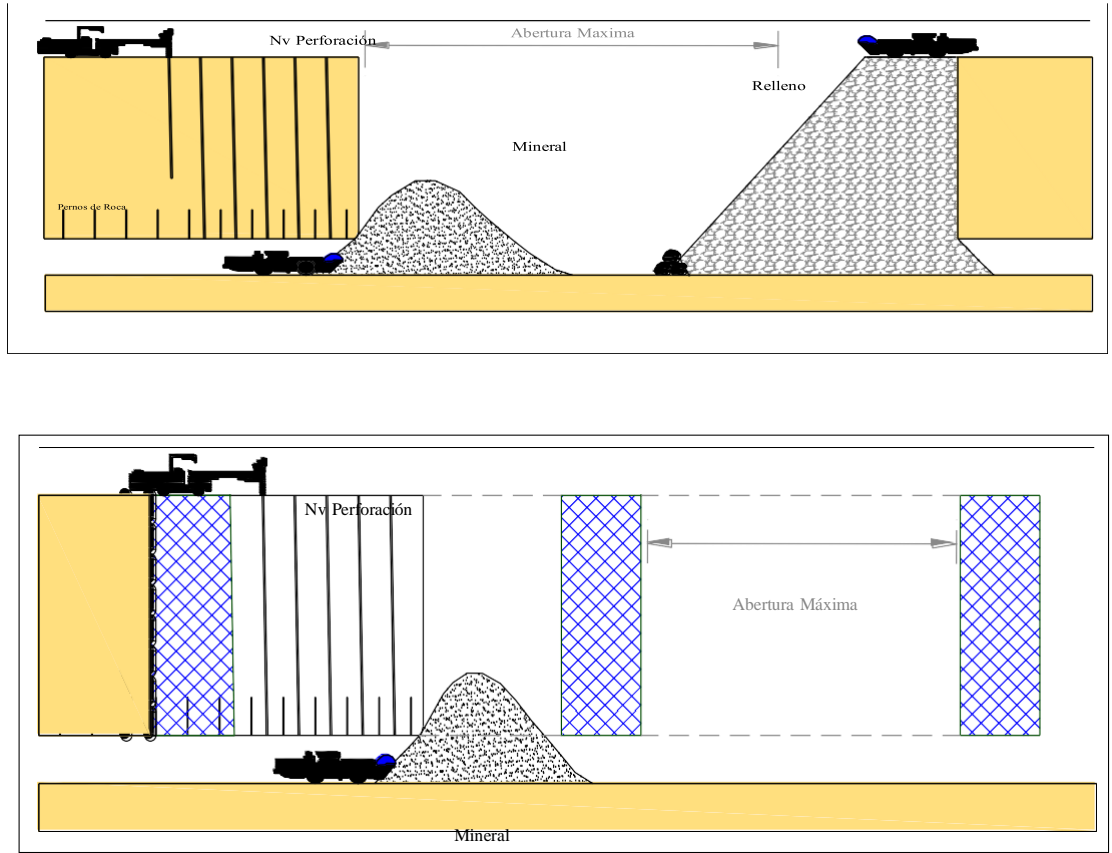
El método de explotación Sublevel Stopping con su variante “Bench And Fill Stopping”, consiste en dividir la estructura mineralizada en áreas estables y bien ubicadas para que se puedan realizar y controlar las operaciones de perforación de producción, extracción y relleno al mismo tiempo con seguridad y fluidez en un mismo tajeo. Este método además de adecuarse a la geometría de la estructura mineralizada, permite un alto grado de mecanización, con alta productividad y bajo costo.

Para llegar a los sectores de producción, se diseñó una rampa negativa de operación, que ha sido proyectada para interceptar en sus extremos a la estructura mineralizada en profundidad, a cada 12 metros de altura. Así se podrá acceder, desarrollar y preparar a diferentes cotas los sub niveles de perforación y acarreo del mineral.

El mineral será derribado a partir de los subniveles de perforación, mediante el disparo de los taladros descendentes en forma verticales.

El Bench and Fill Stopping diseñado para las vetas de Isguiz y María, contarán con 3 accesos independientes para una operación simultánea. Uno de los niveles superiores como nivel de perforación, el segundo nivel inferior como trabajo de acarreo y extracción del mineral derribado y el tercer nivel superior al extremo del primer nivel Usando para el ingreso del relleno detrítico. Tal como se muestra en las figuras siguientes.

**Ilustración 12. Esquema de Sublevel Stopping con su Variante Bench And Fill Stopping**



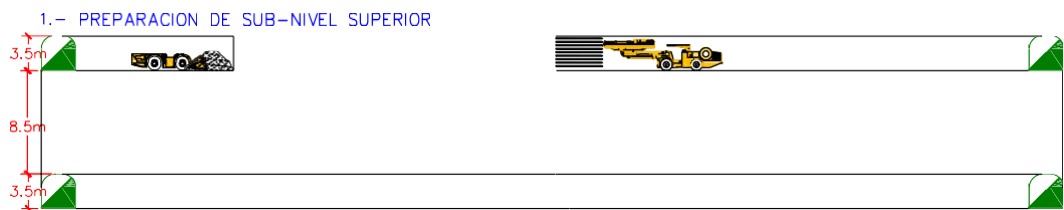
**Secuencia de Minado.**

De los niveles inferiores a los niveles superiores en orden ascendente.

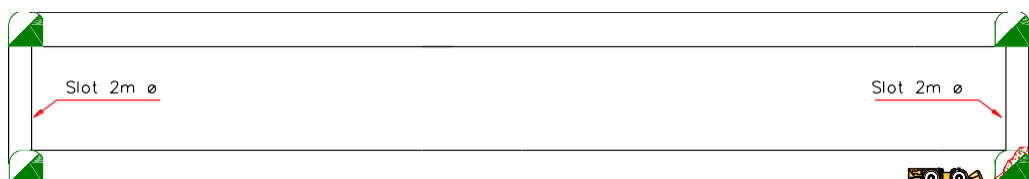
(Ver Ilustración siguiente).

**Ilustración 13. Secuencia de Minado SLS con variante – Bench And Fill Stopping**

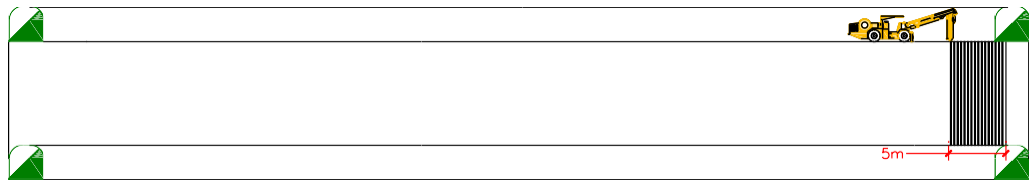
**PREPARACIÓN DE SUBNIVEL SUPERIOR**



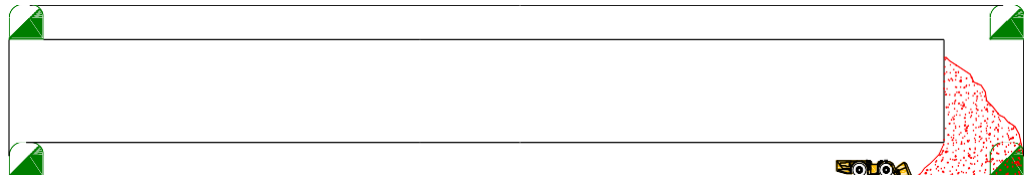
**PREPARACIÓN DE SLOT**



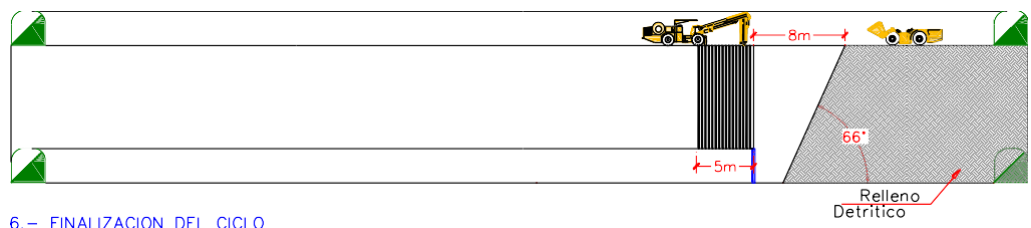
## INICIO DE PEFORACIÓN DE TALADROS LARGOS ASCENDENTE



## LIMPIEZA Y RELLENO DE LA PRIMERA TAJADA

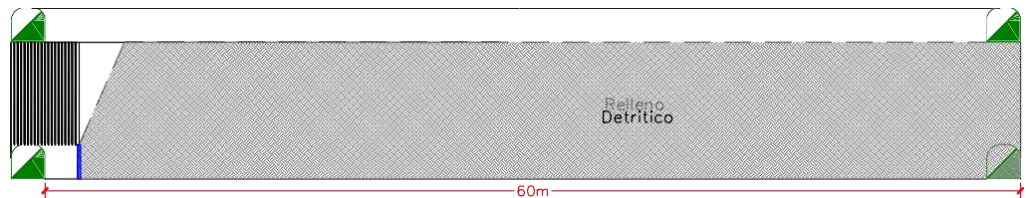


## MINADO POR TAJADAS EN RETIRADA Y RELLENO EN AVANZADA



6.- FINALIZACION DEL CICLO

## FINALIZACIÓN DEL CICLO



## Factores Tecnológicos

Los factores tecnológicos asociados a la unidad básica de explotación se muestran en la tabla siguiente:



**Tabla 12. Factores Tecnológicos**

<b>FACTORES TECNOLOGICOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Petróleo	US\$/Gl	4.6
Energía Eléctrica	US\$/Kw-hr	0.08
Reservas	t	345,064
Toneladas por día	t/d	600
<b>CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>		
Peso específico de mineral	t/m3	3.6
Peso específico de Estéril	t/m3	2.6
Esponjamiento	%	54%
Porcentaje de Humedad	%	4%
Densidad Húmeda	t/m3	3.74
Densidad Esponjada	t/m3	2.43
<b>PERFORACION DE (PRODUCCION)</b>		
Burden	m	1.00
Espaciamiento	m	1.20
Diámetro de taladros	mm	63.5
Longitud de Tiro Promedio	m	8.50
Perforación Especifica (*)	t/m	4
Factor de Potencia	kg/t	0.49
<b>RENDIMIENTOS EQUIPOS PRODUCCION</b>		
Jumbo Long Hole	m/hr	8.72
Scoptram (4.1Yd3)	t/hr	60
Camion 20m3	t/hr	29
<b>COSTO HORARIO DE EQUIPOS PRODUCCION</b>		
Jumbo Long Hole	US\$/hr	79
Scoptram (4.1Yd3)	US\$/hr	95
Camion 20m3	US\$/hr	45

(\*) Sustento y Detalles, ver archivo nativo PY 0002-2016\_REVO

Fuente: UM. Mallay.

### **Capacidad de Producción de la UBE**

La simulación del ciclo productivo para cada método de explotación se utiliza para calcular la capacidad de producción de las UBE. Esta simulación tomó en cuenta las dimensiones de los tajos, las distancias de acarreo y el transporte, así como los rendimientos de las actividades de perforación, voladura, saneamiento y servicios.

Los detalles resumidos de estas simulaciones se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 13. Capacidad De Producción Por UBE**

<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION UBE</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Bench and Fill (Con Relleno)</b>
<b>PERFORACION</b>		
Metros Perforados por UBE	m	1,275.00
Total Taladros por UBE	tal	150.00
Longitud Taladro (promedio)	m/tal	8.50
Tiempo de Perforación	h	146
Perforación específica	t/m	4
<b>VOLADURA</b>		
Detonador no eléctrico de 12 m	unid	225.00
Emulsión	unid	450.00
Anfo	kg	2,261.19
Cordón detonante 3P	m	1,125.00
Fulminante Nº 8	unid	100.00
Mecha Rápida	m	150.00
Tiempo de Voladura	h	25.00
Factor de carga	kg/t	0.49
<b>SANEAMIENTO _ SERVICIOS</b>		
Total Tiempo:	h	25.69
Tiempo de Saneamiento	h	25.69
<b>ACARREO</b>		
Producción horaria	t/h	60.44
Tiempo de Acarreo	h	93
<b>RELLENO _ DETRITICO</b>		
Tiempo de Relleno	h	140
<b>RESULTADOS</b>		
Horas x UBE	h	429.88
Imprevistos	%	64.48
Total Horas por UBE	hr	494.36
Total Días por UBE	d	36
Tiempo en Explotar UBE	meses	1.46
Producción Mensual	t/mes	8,200
<b>Producción Dia por UBE</b>	<b>t/d</b>	<b>273</b>

(\*) Detalles, ver archivo nativo PY 0002-2016\_REVO

Fuente: UM. Mallay.

Seguidamente se calculó la cantidad de tajos en explotación simultánea, que debe cumplir el régimen de producción de 600 t/d, el resumen se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla 14. Capacidad Máxima de Producción 600 T/D**

<b>CAPACIDAD MAXIMA DE PRODUCCION MINA</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Bench and Fill (Con Relleno)</b>
Producción de UBE por día	t/d	273
Capacidad máxima de producción	t/d	600
Producción Mensual	t/mes	18,000
Tajeos en Producción simultanea (*)	unid	3

(\*) Los tajeos en producción simultánea son de las estructuras de Isguiz y María.

Fuente: UM. Mallay.

### **Programa de producción**

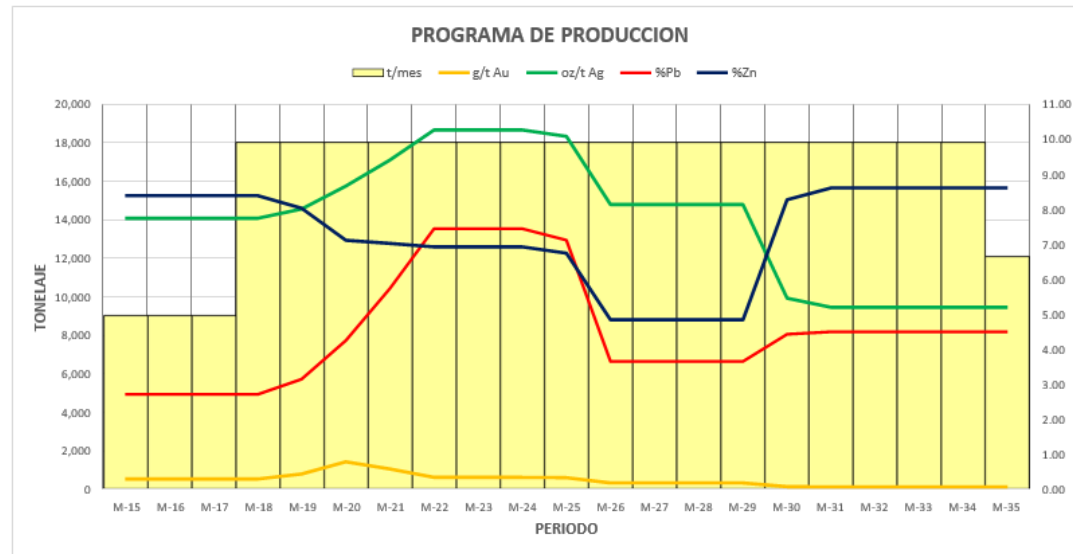
Ha sido elaborado de acuerdo a la secuencia de minado. Durante los tres primeros meses a razón de 9,000 t/Mes, para luego atender la capacidad de tratamiento de planta a razón de 600 t/día. O 18,000 t/mes.

El aporte de mineral con leyes bajas para los últimos meses de la operación, corresponden a la calidad del mineral del Recurso Potencial, incorporado en el Plan de Producción.

*Tabla 15. Programa de Producción*

PROGRAMA DE PRODUCCION																							
Descripcion	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	M-22	M-23	M-24	M-25	M-26	M-27	M-28	M-29	M-30	M-31	M-32	M-33	M-34	M-35	TOTAL	
t/mes	9,000	9,000	9,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	12,064	345,064	
g/t Au	0.30	0.30	0.30	0.30	0.44	0.79	0.58	0.35	0.35	0.35	0.33	0.19	0.19	0.19	0.19	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.27
oz/t Ag	7.74	7.74	7.74	7.74	8.00	8.66	9.41	10.26	10.26	10.26	10.08	8.13	8.13	8.13	8.13	5.46	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	7.75
%Pb	2.71	2.71	2.71	2.71	3.15	4.26	5.74	7.44	7.44	7.44	7.12	3.66	3.66	3.66	3.66	4.43	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51	4.67
%Zn	8.39	8.39	8.39	8.39	8.03	7.11	7.03	6.92	6.92	6.92	6.75	4.85	4.85	4.85	4.85	8.27	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	7.23

*Ilustración 14. Plan de Producción*



Fuente: UM. Mallay.

En los capítulos anteriores se muestran; los parámetros de la operación proyectada para la Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping en la Unidad Mallay, ordenados mediante; los programas de avances de los desarrollos y preparaciones, el programa de producción, el presupuesto de inversiones CAPEX y los estimados de costos de producción OPEX para las operaciones proyectadas.

Toda esta información ordenada, fue usada en la evaluación económica del Proyecto, con los antecedentes siguientes:

- Para la elaboración del programa de producción y en la evaluación económica del proyecto de Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping, se ha considerado la suma de la reserva cubizada, los recursos medidos, indicados e inferidos más el potencial estimado para el área de influencia del proyecto. A todo este conjunto se ha denominado como “Recurso Minable”.
- Bajo esta condición de operación, el horizonte de evaluación del Proyecto es de 06 meses, para la Aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping.
- El proyecto será financiado por la Unidad Mallay con las condiciones de operación siguientes:

**[Recurso Minable (Reservas + Recursos + Potencial)]**

Nivel	t	Ancho	g/t Au	oz/t Ag	%Pb	%Zn
TOTAL	345,064	3.40	0.27	7.75	4.67	7.23

**Horizonte de evaluación del proyecto**

35 meses, equivalente al periodo de agotamiento del Recurso Minable.

**Balance metalúrgico proyectado**

El Balance Metalúrgico ha sido elaborado para cada periodo, por el área de procesos de Unidad Mallay, conforme a los registros de recuperación metalúrgica del proceso vigente. Los detalles se muestran en el archivo del Anexo 5, hoja bal metlg.

#### ***Términos y condiciones de comercialización***

Los Términos y condiciones de comercialización han sido proporcionados por el Área comercial de Buenaventura S.A., e incluyen entre otros; los cargos de tratamiento y refinación, los escaladores y las penalidades por presencia de elementos contaminantes.

#### ***Cotizaciones de metales***

Las cotizaciones de los metales: zinc, plomo y plata que intervienen en la valorización de los concentrados, han sido proporcionados por la Unidad Mallay. y se detalla en la siguiente Tabla:

***Tabla 16. Cotizaciones Proyectadas de Metales***

<b>Mes</b>	<b>Zinc US\$/t</b>	<b>Pb US\$/t</b>	<b>Ag US\$/oz</b>	<b>Cu US\$/t</b>	<b>Au US\$/oz</b>
M15 - 35	2,100	2,000	16.5	5,500	1,200

#### ***Depreciación***

De común acuerdo con la Unidad Mallay, se ha depreciado las inversiones en el periodo de agotamiento del recurso minable.

#### ***Fuente de Financiamiento***

Con Capital propio (Cía. de Minas Buenaventura S.A.) A una tasa del 10%.

#### ***Ingresos***

Los ingresos provienen de la venta de los concentrados de zinc y de plomo, que producirá la Planta. No se considera el valor de rescate o ingresos

por la venta de los equipos de mina y planta al término de su vida útil y al término del proyecto. Debido a que la operación de mina se hará con empresas de servicios especializadas. En la siguiente tabla se muestra los ingresos mensuales.

**Tabla 17. Ingresos por la Venta de Concentrados**

Meses	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
Ingresos por Concentrado de Zn (mil US\$)	767	767	767	1,534	1,471	1,311	1,312	1,301	1,301	1,301
Ingresos por Concentrado de Pb (mil US\$)	983	983	983	1,966	2,137	2,556	2,998	3,629	3,629	3,629
Total de Ingresos (mil US\$)	1,750	1,750	1,750	3,500	3,608	3,867	4,310	4,930	4,930	4,930

Meses	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35
Ingresos por Concentrado de Zn (mil US\$)	1,269	867	867	867	867	1,441	1,526	1,526	1,526	1,526	1,023
Ingresos por Concentrado de Pb (mil US\$)	3,528	2,331	2,331	2,331	2,331	1,904	1,868	1,868	1,868	1,868	1,252
Total de Ingresos (mil US\$)	4,797	3,198	3,198	3,198	3,198	3,345	3,394	3,394	3,394	3,394	2,275

#### **Costo de Capital (CAPEX)**

Las inversiones corresponden básicamente a la ejecución del Plan de accesibilidad y desarrollo de mina, en la etapa pre operativa, es decir durante los primeros 14 meses. Por ser una operación en marcha no se consideran las obligaciones pendientes por las inversiones antes hechas para la construcción de la Planta de procesos, Botadero de desmontes y cancha de relaves.

Los costos asignados para el crecimiento del depósito de relaves y botaderos, se consideran como parte del capital de sostenimiento. No se considera El Plan de Cierre.

Tomando en cuenta la naturaleza del proyecto (Estudio conceptual) y sobre todo el nivel de información disponible a la fecha de la elaboración del estudio, para cubrir debilidades de la información asumida, se ha considerado una contingencia del 15% a las estimaciones hechas.

La inversión total estimada para la construcción de la infraestructura de accesibilidad, servicios principales y equipos asciende a la suma de US\$ 6,540,073. Considerado la contingencia del 15%, el CAPEX total asciende a US\$ 7,521,084. La distribución se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 18. RESUMEN DE INVERSIONES (600 T/D)**

<b>Componentes</b>	<b>Moneda</b>	<b>Inversión</b>
Infraestructura principal de accesibilidad	US\$	4,261,523
Labores antes del inicio de la producción.	US\$	1,931,551
Equipos	U\$	347,000
Sub total de Inversión	US\$	6,540,073
Contingencia del 15%	US\$	981,011
<b>Total de Inversión</b>	<b>US\$</b>	<b>7,521,084</b>

### **Costos de Producción**

**Tabla 19. Resumen Costos de Producción Promedio Proyectadas (US\$/T)**

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>US \$/t</b>
Producción	
Sondajes	1.20
<b>Avances (Desarrollo y Preparación)</b>	<b>56.52</b>
<b>Explotación</b>	
Perforación	2.87
Voladura	1.41
Carguío	1.91
Transporte	2.26
Sostenimiento	0.60
Relleno	3.11
Mantto de vías	2.64
Adm. Mina	2.79
Serv. Auxiliares	1.13
<b>SUB TOTAL MINA</b>	<b>76.42</b>
Planta Concentradora	6.42
Relaves	0.67
Recrecimiento de Relavera	0.80
Mantto. Planta	4.29
Adm. Planta	2.49



Otros Serv. Planta	-
<b>SUB TOTAL PLANTA</b>	<b>14.67</b>
Energía	10.02
Geología y servicio técnico	-
y Adm. Mina	34.22
<b>SUB TOTAL GERENCIA UNIDAD</b>	<b>44.24</b>
<b>TOTAL, GENERAL US \$/t</b>	<b>135.34</b>

Los costos de producción se han calculado según las actividades y para cada período o mes de producción. El resumen de los costos de producción promedio, se muestra en la siguiente tabla.

### **Estados de Resultados Integrales (ERI)**

Se ha calculado los Estados de Resultados Integrales (ERI), considerando que la producción se inicia en el mes de setiembre de 2022 y termina en mayo del 2024, los ingresos por la venta de los concentrados varían en el rango de US\$ 1,750,016 a US\$ 4,930,208, la suma total de ingresos es de US\$ 72,110,068.

La utilidad neta varía en el rango de pérdida a US\$ 1,504,867. En tal sentido las proyecciones realizadas para el estado de resultados integrales

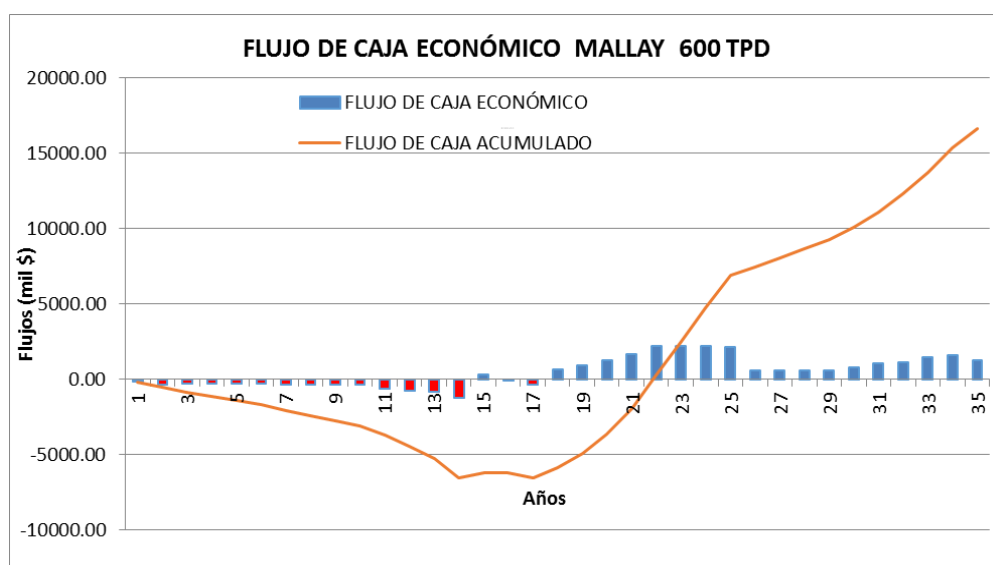
muestran en promedio un margen operativo de 24.8 % y un margen neto de 22.40%.

### Flujo de Caja Proyectado

El flujo de caja proyectado ha sido elaborado en dólares americanos, los flujos son positivos en general a lo largo del periodo de producción, con la aplicación del Método de Explotación Sublevel Stopping cuyo promedio ascienden a la suma de US\$ 476,955 por mes.

La siguiente figura muestra el flujo de caja económico de la Unidad Mallay.

**Ilustración 15. Flujo de Caja Económico**



Los indicadores de rentabilidad obtenidos se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 20. Indicadores de Rentabilidad Económicos**

Tasa de descuento anual	VAN	TIR mensual	TIR Anual
10.00%	US\$ 12,873,169	8.08%	154.04%

La evaluación económica considera solo el aporte del inversionista, para un horizonte de evaluación de 35 meses (Periodo de agotamiento del “Recurso Misible”), con una tasa de descuento del 10%. Bajo las condiciones de operación

establecidas, se demuestra que el proyecto es técnicamente factible y económicamente rentable al generar un VAN después de impuestos es de US\$ 12,873,169, con una TIR mensual de 8.08% % y una TIR anual de 154.04%.

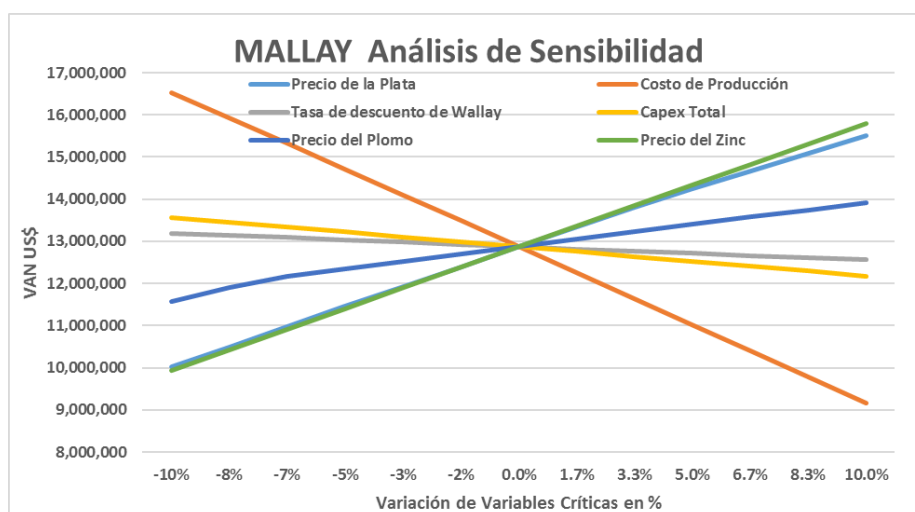
### **Análisis de Sensibilidad Determinativa**

No obstante, a los resultados positivos obtenidos, con el fin de conocer el orden de importancia o el ranking de las variables críticas, que tienen mayor impacto en la rentabilidad del Proyecto. Se elabora el análisis de sensibilidad que ha permitido identificar a las variables de mayor impacto según el siguiente orden:

- 1°. Costo de Producción
- 2°. Precio del zinc
- 3°. Precio de la plata
- 4°. Precio del plomo

La siguiente figura muestra la sensibilidad del VAN respecto a una variación de (-10% a 10%).De los principales factores de producción.

**Ilustración 16. Análisis de Sensibilidad por Variables**



**Variación del VAN ante Cambios en las Principales Variables**

La variación del VAN del proyecto ante los cambios en las principales variables que la afectan, se muestra a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 21. Variación del VAN**

Cambio % en la variable crítica	Precio de la Plata	Costo de Producción	Tasa de descuento de Wallay	Capex Total	Precio del Plomo	Precio del Zinc
-10.0%	10,021,935	16,535,926	13,197,287	13,571,340	11,561,143	9,927,004
-8.3%	10,498,958	15,928,964	13,142,582	13,454,978	11,909,926	10,419,769
-6.7%	10,974,995	15,320,509	13,088,153	13,338,616	12,171,526	10,912,081
-5.0%	11,450,573	14,710,523	13,033,999	13,222,254	12,346,945	11,403,355
-3.3%	11,924,994	14,099,243	12,980,118	13,105,892	12,522,365	11,893,941
-1.7%	12,399,107	13,486,621	12,926,509	12,989,530	12,697,778	12,383,606
0.0%	12,873,169	12,873,169	12,873,169	12,873,169	12,873,169	12,873,169
1.7%	13,346,819	12,258,702	12,820,096	12,756,807	13,048,507	13,362,470
3.3%	13,811,755	11,643,487	12,767,290	12,640,445	13,223,538	13,851,248
5.0%	14,239,054	11,025,265	12,714,748	12,524,083	13,398,551	14,339,729
6.7%	14,666,018	10,404,506	12,662,468	12,407,721	13,573,558	14,827,850
8.3%	15,092,598	9,779,078	12,610,449	12,291,359	13,748,537	15,314,954
10.0%	15,519,014	9,151,828	12,558,689	12,174,998	13,923,467	15,801,486

Fuente: UM. Cerro Lindo.

## CONCLUSIONES

- La Reserva Mineral cubicada debajo del NV 4090, resulta insuficiente para justificar las inversiones en la Profundización de Mina. No obstante, a esta limitación la Unidad Mallay, asume el riesgo de incorporar para el Diseño de mina, para la elaboración del Programa de Producción y en la Evaluación económica del proyecto, la sumatoria de la Reserva, el Recurso y el Potencial. Habiéndose denominado a todo este conjunto “Recurso Minable”.
- El modelo geomecánico fue realizado en base a los mapeos geomecánicos del Nv. 4090 y logeo geomecánico de 6 perforaciones diamantinas de la profundización. Asimismo, se han tomado en consideración los ensayos de laboratorio existentes y realizados en estudios anteriores.
- El principal sistema de fallas y discontinuidades presentes en la veta Isguiz, es paralelo a la caja techo. En tanto la veta María por tratarse de una estructura tensional a la veta Isguiz, presenta condiciones de discontinuidades también paralelas a su caja techo.
- La clasificación geomecánica de los diferentes tipos de rocas presentes a lo largo de los “Clavos mineralizados” de las Vetas Isguiz y María, ha identificado los siguientes valores de RMR.
- El diseño de mina debe ser actualizado progresivamente, conforme se avance con la profundización y en cuanto se confirmen la ubicación y formas geométricas de las estructuras mineralizadas.

## RECOMENDACIONES

- La perforación y la voladura con taladros largos se llevarán a cabo en taladros negativos bajo la supervisión del área de voladura en colaboración con ingeniería para cumplir con el diseño y reducir el impacto de la voladura en las cajas.
- Las tareas de preparación se deben desarrollar cerca de la caja techo del cuerpo mineralizado.
- Para controlar el relajamiento en ventanas y subniveles, se utilizará una malla más separada sistemática hasta la altura del gradiente.
- Según los cálculos de estabilidad de Mathews, para controlar el relajamiento con desprendimiento de rocas en las cajas, se completará el relleno como máximo hasta el nivel superior cuando la longitud del espacio vacío supere los 45m.
- Para evitar la dilución de las Vetas, se debe realizar un control permanente de fragmentación para mantener la granulometría p80.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alfaro M. 2007. Estimación de Recursos Mineros 2007. [Fecha de consulta: 10 de setiembre del 2019] Disponible en [http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO\\_Cours\\_00606.pdf](http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO_Cours_00606.pdf)
- Anuario minero 2017. Minería en el Perú. 2017. Ministerio de energía y minas del Peru, pág. 79. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019] Disponible en [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=573](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=573)
- Apaza E. 2014. Implementación de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la productividad, eficiente y seguridad de las operaciones mineras Mina Huaron S.A. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2014.
- Bongiorno M. y Belandria T. 2015. Clasificaciones geomecánica de los macizos rocosos según: Bieniawski. Barton. Hoek y Brown. Romana, Venezuela: s.n., 2015. [fecha de consulta 12 de diciembre del 2019] disponible en [https://www.academia.edu/17400474/clasificaciones\\_geomec%3%81nica\\_de\\_de\\_los\\_macizos\\_rocosos\\_seg%3%9an\\_bieniawski\\_barton\\_hoek\\_y\\_brown\\_romana](https://www.academia.edu/17400474/clasificaciones_geomec%3%81nica_de_de_los_macizos_rocosos_seg%3%9an_bieniawski_barton_hoek_y_brown_romana)
- Calapuja A. 2014. Geología, profundización y proyecto de exploración de la veta Mirtha para la compañía de minas Buenaventura, S.A:A. Distrito de Tapay, provincia de Caylloma . Arequipa: UNSA, 2014.
- Crespo, J. (2014). Elección del Sistema de Explotación del Bloque R-Norte de la veta Santa Ana, Distrito Minero Zaruma-Portovelo. Tesis profesional. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec>
- García, E. (2016). Evaluación de la Situación Actual del Sistema de Ventilación y Propuesta para su Optimización en Mina Subterránea Carbonífera Mi Grimaldina I – Cajamarca - 2016. Tesis profesional. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7582/GARCIA%20AGAMA%20EDWIN%20EDUARDO.pdf?sequence=1>
- Gutierrez, L. (2014). Proyecto de Aplicación del Método Tajeo por Subniveles en el Tajo 420-380 en Mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa. Tesis profesional. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/533/GUTIERR>

EZ\_HIJAR\_LUIS\_METODO\_TAJEO\_SUBNIVELES\_CHIPMO.pdf?sequence=1

López, C. (2014). Diseño de un Método de Explotación para la Mina Colombia, CVG Minerven, El Callao, Estado Bolívar. Tesis profesional. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/15527/1/TESIS%20CARLOS.pdf>.

Ramírez, J. (2014). Aplicación del Método de Explotación Longwall en Vetas Auríferas Angostas en la Zona de Patrick - Marsa. Tesis profesional. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1669/1/ramirez\\_gj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1669/1/ramirez_gj.pdf).



# **ANEXOS**

*Anexo I. Matriz de Consistencia*

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
<b>TÍTULO: Aplicación del Metodo de Explotacion Sublevel Stoping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.</b>						
<b>Tesista: Bach. Kevin Davis VILCA RIVAS</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE INVEST</b>
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cómo aplicar el método de explotación Sublevel Stoping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura?</p> <p><b>Problemas específicos</b> A. ¿Cómo ejecutar el método de explotación Sublevel Stoping, para establecer un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura? B. ¿La aplicación de Método Sublevel Stopin será de acuerdo a los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Aplicar el método de explotación Sublevel Stoping para Optimizar la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> A. Ejecutar el método de explotación Sublevel Stoping, para establecer un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura. B. Aplicar el Metodo Sublevel Stopin de acuerdo a los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.</p>	<p><b>GENERAL</b> Si se aplicar el método de explotación Sublevel Stoping se Optimizara la Producción en la Unidad Mallay – Compañía de Minas Buenaventura.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> A. Si se ejecuta el método de explotación Sublevel Stoping, se establecerá un adecuado Ciclo de Minado en la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura. B. Si aplicamos el Método Sublevel Stopin será con los Parámetro Geotécnicos de la Unidad Mallay de la Compañía de Minas Buenaventura.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b> X: Aplicación del Metodo de Explotacion Sublevel en la Unidad Mallay.</p> <p><b>DEPENDIENTE:</b> Y: Optimizar la Producción en la Unidad Mallay.</p>	<p>Planeamiento de Mina</p> <p>Plan de Minado</p> <p>Evaluacion Geomecanica</p> <p>Compañía de Minas Buenaventura</p>	<p>Tipo de roca</p> <p>Parametros Geotecnicos</p> <p>Ciclo de Minado</p> <p>Metodo de Explotacion</p> <p>Diseño de Mina</p> <p>Costos</p>	<p><b>TIPO:</b> Aplicada .</p> <p><b>NIVEL:</b> Evaluativa.</p>

**Anexo 2. Tajeo por El Método Sublevel Stoping y su variante Bench And Fill Con Relleno Detrítico Continuo**

