



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CIRCADO PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN VETAS  
ANGOSTAS EN LA MINA LA SOLEDAD, RETAMAS –  
PARCOY, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Brindis Bladimir Campos Dominguez

Rober Dominguez Henriquez

**Asesor:**

Dr. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Trujillo - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Eduardo Manuel Noriega Vidal</b>	<b>43236142</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Jorge Omar Gonzales Torres</b>	<b>43703713</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Ronald Antonio Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**17** %

INDICE DE SIMILITUD

**17** %

FUENTES DE INTERNET

**2** %

PUBLICACIONES

**5** %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7</b> %
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

## **DEDICATORIA**

**A Dios, por ser el inspirador y darnos  
fuerzas para continuar en este proceso  
de obtener uno de los anhelos más  
deseados. A mis padres por su apoyo  
en todos estos años, su guía y consejos  
Brindis Campos Domínguez**

**A Dios, por la vida, por sus bendiciones y  
su amor infinito. A mis padres, esposa e  
hijo, ya que han influenciado de mucho  
en mi vida, dándome ejemplo de  
sacrificio y humildad. A todos ellos  
dedico el presente proyecto, porque han  
fomentado en mí el deseo de superación y  
triunfo en la vida, lo que ha contribuido  
a la consecución de esta tesis  
Rober Domínguez Henríquez**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios Todopoderoso, quien me ha guiado y dado la fortaleza para seguir adelante. A mis padres por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A la mina la soledad, por su apoyo en el proceso de recolección de datos.**

**Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.**

**Brindis Campos Domínguez**

**Agradezco a mis padres, mi esposa e hijo por ser los principales motores de mi sueño, gracias a ellos por cada día confiar, creer en mí y en mis expectativas.**

**Gracias a Dios por la vida de mi familia y porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar a lado de las personas que sé que más me aman.**

**A la mina la soledad por su apoyo en el proceso de recolección de datos**

**Rober Domínguez Henríquez**

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR .....	ii
INFORME DE SIMILITUD .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
Tabla de contenido.....	vi
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Formulación del problema.....	24
1.3. Objetivos .....	24
1.3.1. Objetivo general .....	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	25
1.4. Hipótesis .....	25
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	26
2.1. Enfoque de investigación.....	26
2.2. Tipo de investigación.....	26

2.3. Nivel de investigación .....	27
2.4. Alcance de investigación .....	27
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
3.1. Diagnóstico operacional respecto al ciclo actual de minado, de perforación y voladura, la producción actual y los costos unitarios en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023. ....	32
3.2. Aplicación del método de explotación de circado en las operaciones en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023. ....	48
3.3. Contrastación de la productividad en las operaciones en cuanto al tiempo, diseño de la mina, perforación y voladura, producción y costos unitarios, el proceso de la dilución y los costos generados de la mina antes de la aplicación del método circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023. ....	67
3.4. Evaluación de la dilución de mineral con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023. ....	69
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
4.1. Discusión .....	73
4.2. Conclusiones .....	77
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>79</b>
Anexos .....	87

## Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo por actividad - Ciclo de minado	32
Tabla 2. Resumen de tiempos Ciclo de minado y trabajos en superficie	33
Tabla 3. Distribución de carga explosiva frente 1.4x1.8	38
Tabla 4. Datos de perforación frente 1.4x1.8	38
Tabla 5. Características del cuerpo mineralizado	39
Tabla 6. Producción turno día - frente 1.4x1.8	42
Tabla 7. Producción turno noche - Frente 1.4 x 1.8	42
Tabla 8. Mineral pallaqueado por día - Frente 1.4 x 1.8	43
Tabla 9. Producción de estéril por día – Frente 1.4x1.8	44
Tabla 10. Costos unitarios - método convencional	46
Tabla 11. Tiempo en ciclo de minado - ciclo de minado	49
Tabla 12. Resumen ciclo de minado y trabajos en superficie	50
Tabla 13. Producción turno día - 1.4 x 1.8	58
Tabla 14. Producción turno noche - 1.4 x 1.8	58
Tabla 15. Producción de mineral - Método de circado	59
Tabla 16. Producción de estéril - Método de circado	59
Tabla 17. Resumen de costos unitarios - Método de circado	62
Tabla 18. Actividades en el ciclo de minado - M. Convencional vs M. Circado	63
Tabla 19. Resumen de tiempos - M. Convencional vs M. Circado	64
Tabla 20. Datos de perforación y voladura - M. Convencional vs M. Circado	64
Tabla 21. Dilución de mineral - M. Convencional vs M. Circado	65
Tabla 22. Mineral producido - M. Convencional vs M. Circado	65
Tabla 23. Costo por ML - Convencional vs Circado	68

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimientos de la experimentación en el estudio	29
Figura 2. Diagrama de flujo - Ciclo de minado	31
Figura 3. Diagrama de Gantt Ciclo de minado	34
Figura 4. Ciclo de minado por guardia	35
Figura 5. Vista planta - Mina la soledad	36
Figura 6. Vista perfil - Mina la soledad	37
Figura 7. Vista perfil - Mina la soledad	37
Figura 8. Malla de perforación frente 1.4x1.8	39
Figura 9. Cuerpo mineralizado - mina la soledad	40
Figura 10. Cuerpo mineralizado - mina la soledad	41
Figura 11. Producción diaria de mineral - 26/04/2023 al 4/05/2023	43
Figura 12. Ley diaria de mineral - 26/04/2023 al 4/05/2023	44
Figura 13. Producción de estéril - 26/04/2023 al 4/05/2023	45
Figura 14. Diagrama de flujo - Método de circado	47
Figura 15. Ciclo de minado según actividad	51
Figura 16. Distribución de trabajo por guardia	52
Figura 17. Vista planta - Mina la soledad	53
Figura 18. Vista de perfil - Mina la soledad	54
Figura 19. Vista en 3D - Mina la soledad	54
Figura 20. Distribución de carga explosiva para frente 1.4x1.8 - Método de circado	55
Figura 21. Datos de perforación método de circado	56
Figura 22. Malla de perforación - método de circado	57
Figura 23. Áreas de la sección 1.4x1.8 - Método de circado	59
Figura 24. Producción diaria de mineral - Método de circado	60
Figura 25. Ley diaria de mineral - Método de circado	61
Figura 26. Producción de estéril - Método de circado	65

Figura 27. Ley de mineral - M. Convencional vs M. Circado	66
Figura 28. Ley de mineral - Convencional vs Mecanizado	67

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el método de explotación de circado para incrementar la productividad en vetas angostas en la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023. Para tal fin, se consideró un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental, longitudinal y explicativo. La población, estuvo constituida por las operaciones de mineras unitarias de perforación y voladura en vetas angostas en la mina La Soledad, Retamas en Parcoy. Se efectuó un análisis documental, y como procedimientos se efectuó una etapa de pre campo, de campo y de post campo, Finalmente, se comprobó que el método de explotación de circado permite el incremento de la productividad en vetas angostas en la mina la Soledad, esto a razón de que, si bien es cierto el método de circado amerita mayores procedimientos, la dilución en el método de circado es en 0%, en comparación a los 71.25 % que presenta el método convencional. Asimismo, la diferencia en el costo por metro lineal entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles, lo cual contribuye significativamente a la mejora de la productividad.

**PALABRAS CLAVE:** Método de circado, vetas angostas, productividad, dilución.

## **ABSTRACT**

The objective of the study was to evaluate the zircon mining method to increase productivity in narrow veins in the Soledad mine, Retamas - Parcoy, 2023. For this purpose, a quantitative approach was considered, applied, with a non-experimental, longitudinal and explanatory design. The population was constituted by the unitary mining operations of drilling and blasting in narrow veins in La Soledad mine, Retamas in Parcoy. A documentary analysis was carried out, and as procedures a pre-field, field and post-field stage was carried out. Finally, it was proven that the circado mining method allows the increase of productivity in narrow veins in La Soledad mine, this because, although it is true that the circado method requires more procedures, the dilution in the circado method is 0%, compared to the 71.25 % that the conventional method presents. Likewise, the difference in the cost per lineal meter between the conventional method and the circado method is 156.7 soles, which contributes significantly to the improvement of productivity.

**KEYWORDS:** Circading method, narrow veins, productivity, dilution.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Alrededor del 80% de los ingresos en minería son producto de la explotación de oro y plata, lo que convierte a la extracción de estos metales en una actividad económica importante. Se cree que otros seis millones de personas están empleadas en la minería a pequeña escala. El informe afirma que el período actual es de disrupción tecnológica, cambios en las preferencias de los consumidores y factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en evolución que dan forma al futuro de los actores del mercado y, en última instancia, determinan su éxito (o lo contrario) (Chen y Mitri, 2021).

Dado que se espera que los precios de los metales aumenten significativamente a partir del segundo trimestre de 2020, las principales corporaciones mineras del mundo estarán mejor equipadas para hacer frente a la pandemia de Covid-19 (Cheban, 2021). Por ejemplo, si bien Anglo American registró ganancias netas, el margen de utilidad neta aumentó un 22 % entre 2019 y 2020. Esto contrasta con la caída del 41 % en el margen de utilidad neta registrada por la empresa entre 2018 y 2019 (Arteaga, 2021).

Empero, Fitch Solutions informa que, después de una mirada más cercana a los números, las empresas continúan invirtiendo más en desarrollar sus activos existentes que en explorar otros nuevos (Rupprecht, 2019). Con la creciente demanda de cobre, litio y níquel en las industrias de energía renovable, baterías y vehículos eléctricos, Fitch espera que las empresas mineras aumenten sus inversiones en proyectos de cobre, litio y níquel en el futuro (Blunt et al., 2015)

En 2022, se espera que la minería represente el 12% del producto interno bruto (PIB) de Perú, lo que la convierte en el motor económico más importante del país (Acosta, 2019). Esto es gracias a la competitividad de Perú como productor de metales, que lo ubica entre

los primeros países del mundo (Alipoy y Adoko, 2020).

Como resultado, se están haciendo esfuerzos para restaurar o aumentar la productividad de la industria minera del cobre, que alguna vez fue sólida, y que ha caído entre un 14% y 19% por ciento en los últimos años debido a una supervisión insuficiente, una planificación ineficaz, la falta de tecnología de punta, una caída en la calidad del servicio y otros factores tanto internos como externos (Yu et al. 2020). En los últimos años, las empresas mineras artesanales se han centrado en encontrar formas de aumentar la productividad en sus operaciones y han encontrado una solución en el circado, un método que permite una mayor recuperación de mineral de la arenisca angular y es lo suficientemente simple para que los trabajadores lo utilicen ellos mismos (Paraszczak y Planeta, 2019).

El minero artesanal se preocupa por utilizar el método de minería circular para obtener un mineral menos contaminado con el fin de mejorar su ley y disminuir la neblina resultante (Morin et al. 2004). Actualmente, en las diversas formas de minería subterránea, existen importantes dificultades de diversa índole; estas dificultades pueden manejarse y optimizarse para lograr un mayor beneficio económico, particularmente en yacimientos que tienen concentraciones de metales por tonelada progresivamente más bajas y se ubican progresivamente a mayor profundidad en el suelo; esto es lo que nos obliga a recurrir a métodos para su extracción, uno de los cuales es el método de fracturación hidráulica (Atorga et al. 2019).

En la provincia peruana de La Libertad, cerca del pueblo de Retamas, en el distrito de Parcoy, se encuentra la mina La Soledad. Tiene una galería principal de 130 metros de largo

con un corte en el lado derecho de 12 metros de largo, donde se construyó una chimenea de producción; luego se reanudó el proceso constructivo, avanzando unos 15 metros en la misma dirección general de la galería principal, hasta un lugar donde se construyó una segunda chimenea.

Un mínimo de 15 gramos de oro por tonelada de mineral significa que la reserva estimada para este yacimiento es de 100.000 toneladas de mineral, dándole una vida útil de aproximadamente 6 años. La producción diaria estimada en la mina La Soledad es de 25 toneladas de mineral equivalente (TM), y la producción mensual es de 1.500 toneladas. Las instalaciones auxiliares de la mina incluyen un campamento con capacidad para ocho personas, una bocamina construida principalmente de material rocoso intrusivo con una sección de 1,4 metros por 1,8 metros y un botadero situado fuera de la bocamina y contiguo a la misma. Este último sirve como un lugar para almacenar y transferir la carga etérea de la mina en intervalos regulares de 18 horas.

Según estudios previos realizados por geólogos, la roca tiene una densidad de permeabilidad relativa (RQD) de entre 75 y 90%, y el número de fallas por metro cúbico sugiere que estas muestras son generalmente de buena a excelente calidad. Sin un lugar de trabajo más seguro, no sorprende que hayan podido continuar durante tanto tiempo.

El trabajo de perforación se realiza con aire comprimido de un compresor Atlas Copco de la serie XAS-186 y agua a presión de un tanque de 2 pies cúbicos sobre una plataforma mayor, ambos conducidos a una máquina perforadora de la marca Jack Leg. Este último se designa como RNP 250. Este criterio se toma por la pequeña sección de la obra y el tipo de roca que se presenta como intrusiva, y la longitud de los yermos utilizados es de entre tres y cuatro pies, generando un avance por disparo. de más de un metro.

La dinamita común No. 8 se utiliza en actividades volcánicas, junto con maquinaria de movimiento lento y masas explosivas 65% semexsa; las cantidades varían mucho según el tipo de roca disponible, siendo la roca ígnea intrusiva la más común (granito). Un ventilador exterior de la mina genera ventilación durante aproximadamente una hora, aunque esto depende en gran medida de la cantidad de material explosivo utilizado. Una vez que el espacio se ha ventilado adecuadamente, se inspeccionan las rocas sueltas para ver si se han desatado y se usa el carro del minero para limpiar el área.

Las operaciones mineras en La Soledad se caracterizan por el uso de equipos manuales y portátiles para la extracción del mineral sin ningún tipo de control, así como el uso de mano de obra humana para la perforación y volatilización de vetas angulares de oro. Esta operación no separaba el material metálico de la mena, por lo que todo se enviaba al circuito de tamizado de minerales para el correspondiente pallaqueado (selección de minerales) con el fin de aislar la mena de la ganga, y luego se llenaba en costales y codificaba para la venta. Esta operación resultó en un alto grado de dilución debido a la tecnología empleada y la geología variable del frente de trabajo. Este estudio se realizó para determinar cuánto impacto tuvo el uso del método de minería circadiana en la productividad de la veta en la mina La Soledad.

Además, se ha llevado a cabo una síntesis de investigación internacional, cuyos resultados se describen: Alibov (2020) busca compilar una base de datos de información que incluya el diseño de la mina y datos geotécnicos para Kazajistán. Según los hallazgos, la categoría de claridad afecta significativamente la tasa de claridad. Además, los

números de estabilidad se calculan con fines comparativos. Existe una fuerte correlación entre los gráficos obtenidos del índice de claridad y los números de estabilidad para cada corte. Determinaron que los cambios de densidad después de las erupciones volcánicas pueden medirse como anomalías geométricas y que esta información puede usarse para evaluar los cambios de concentración de minerales.

El autor señala que el método circado se utiliza en las vezas de angosta extraídas selectivamente; asimismo, la primera voladura extrae el estéril y la segunda extrae el mineral; esto baja el porcentaje de dilución y mejora la estabilidad; finalmente, comprender las propiedades geofísicas y químicas de las arvejas es fundamental para lograr avances en los métodos del circado.

El objetivo de la investigación de Tao et al. (2019) es proponer una tecnología minera mejorada para la derivatización con el fin de reducir la pérdida y dilución de minerales. Durante la fase preliminar de extracción, se descubre que la función principal de la estructura de derivatización es evitar que cualquier solución mineral entre en contacto directo con la roca etérea colapsada. Además, durante la última fase de bombardeo, la mezcla de materiales rocosos y estériles se minimiza debido a la estructura de la bomba de deflexión. Con el objetivo de contrastar y analizar las diferencias en el efecto de dibujo entre el dibujo a nivel de corte y el dibujo offset mejorado, se desarrolló un modelo de dibujo físico con una relación geométrica de 1:50 y se realizaron 24 experimentos de simulación física. Determinaron que la tecnología mejorada podría reducir efectivamente la pérdida de minerales y la contaminación.

El autor afirma que la turbidez mineral es un problema importante en las minas porque resulta del contacto directo entre el mineral emitido y la roca abandonada; en consecuencia, propone una mejor técnica de desviación para frenar la turbidez mineral. Esto alteraría la

trayectoria del flujo y la velocidad del mineral y la roca abandonada, aumentando la producción total de la mina.

Por otro lado, se ha completado una síntesis de estudios a nivel nacional, cuyos resultados se describen aquí.

En el estudio realizado por Vega (2019), el objetivo fue crear una mejora unificada de métodos en las operaciones mineras para aumentar la producción de la empresa en términos de toneladas de material movido. Los datos muestran que después de implementar las estrategias, la productividad aumentó en 125 toneladas por hora en el pala y 17,07 toneladas por hora en el camión, y las ganancias se lograron en alrededor de 17 horas. Mediante el uso de este método, la empresa minera pudo identificar varias fuentes de pérdida de tiempo en el departamento de operaciones, lo que les permitió concentrarse en reducir los retrasos en los cambios de guardia.

La tesis de Acosta (2019) tuvo como objetivo conocer en qué medida el uso del método circado para la extracción de corteza de angostura incrementa la producción en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. Los resultados muestran que el método circado ha mejorado las operaciones mineras, aumentando la ley mineral de 0,5 a 0,8 oz troy/TM y disminuyendo la dilución a 0,6 oz/TM. Se determinó que el método Circado logró una buena perforación y vaporización, lo que permitió un aumento en la ley del mineral, la claridad y, lo que es más importante, la producción en la operación minera Virgen de Chapi 87 dirigida por Ica S.A.C.

En el trabajo de Falen (2018), se busca reducir y eventualmente eliminar la confusión durante el proceso de extracción al utilizar el método circado en el trabajo de los artesanos de Llacuabamba. Los resultados muestran que, en comparación con un método de volatilidad de tajo, el método de circado ha recuperado un 17 % más de mineral por tonelada, ha

reducido los costos de explosivos en un 21 % y ha aumentado la producción. Como consecuencia, podemos decir que el método circado ha producido resultados satisfactorios en todos los aspectos, incluidos el costo, la producción y la ley mineral.

Además, se describen los fundamentos teóricos de las variables, siendo el primer ejemplo el método de explotación circado, que se puede definir como un método selectivo que consiste en la perforación, el vulcanismo y, por ende, la remoción de roca de debajo de la caverna. piso y desde el lado opuesto de la caverna (Calua, 2019).

Piques, socavones y cruceros son algunas de las muchas formas de llegar a la mina y, al decidir un método de extracción, es importante pensar en la forma y la profundidad de lamina, así como en su tamaño general y otros factores como el clima local. , topografía, propiedades mecánicas, etc. Previo a esto, las operaciones mineras consisten en una serie cíclica de procesos conocidos como perforación, volatización, mantenimiento, acarreo y transporte (Bouwmeester et al. 2020).

En el caso de vetas muy angulosas e irregulares en mineralización y potencia, el método circado se utiliza como técnica de extracción complementaria con la ventaja de la selectividad; la técnica se lleva a cabo primero volando solo el contenedor, luego almacenando el material de relleno para luego voladura solo el mineral (Qurasma y Quispe, 2019).

Además, la técnica de minado debe adaptarse a la tecnología y economía de la empresa, así como a las condiciones externas e internas de la mina. Mucho depende de las características del yacimiento, por lo que en este apartado se profundizará en los factores que se deben tener en cuenta a la hora de formular una estrategia de extracción (An et al. 2019), destacando: las características geológicas y físicas del edificio; el techo, el piso y la composición mineral del suelo; gastos tanto de mano de obra como de capital; la proporción

área; la proporción de minado; el de la mano de obra, tanto en términos de disponibilidad como de precio y el clima y el tiempo.

Para seleccionar un modelo adecuado para el yacimiento, que se tenga en cuenta para una posible aproximación al inicio del proyecto minero, se consideran los siguientes parámetros: la geometría del cuerpo mineralizado, las características geotécnicas de la caverna rocosa y la mineralización (Chipana, 2015):

Los parámetros de entrada se relacionan con la geometría (por altura, potencia, inclinación y dirección del depósito), características geotécnicas del macizo rocoso (resistencia a la compresión uniaxial), esfuerzos en sitio y orientación de fallas.

La orientación de los edificios se muestra por los edificios que se encuentran en el mismo lado de un plano que el ángulo que se dibujó en el suelo.

En las descripciones de las etapas de las operaciones mineras, encontramos exploración, desarrollo, preparación y explotación, con la exploración como primera etapa e incluyendo trabajo tanto horizontal como vertical con el objetivo de entregar proyectos de investigación para un mayor desarrollo. Una vez completada la etapa de corte, se realiza el siguiente trabajo de veta de poder de estructura horizontal o vertical (galería, chimeneas), lo que permite que la veta reconozca y confirme leyes y poderes a lo largo del viaje, tareas que pueden ser utilizadas para calcular las reservas minerales. Paralelamente a esta fase de preparación, se realizan actividades horizontales o verticales (chimenea, cota inferior) que permiten preparar los bloques minerales que componen el área de minado. Por último, pero no menos importante, la etapa de corte de metros cúbicos de desarrollo de recursos minerales en un área de trabajo medida por tajo (Chen y Mitri, 2021).

Como consecuencia de la tecnología Circado, se puede lograr una explosión más limpia sin el uso de materiales abrasivos o aditivos minerales (Adoko et al. 2019). Por la

misma razón, el método perfora agujeros en una dirección perpendicular al eje vertical del círculo, luego les dispara explosivos para continuar recolectando minerales para almacenamiento y beneficio de la planta combinada (Falen, 2018).

Dos procesos—perforación y eyección—forman la columna vertebral del ciclo de perforación y eyección utilizado en el diseño de redes de perforación y eyección utilizando el método circado. Por lo tanto, use pautas o procesos establecidos para poner en práctica métodos de aplicación de ciclo cerrado (Gálvez, 2014).

Al analizar los factores de dilución de minerales, es importante tener en cuenta que la dilución de minerales se refiere a la mezcla o combinación de sustancias minerales y no minerales, y que estas últimas no tienen valor monetario (Xu et al. 2013). Cuando hablamos de una dilución, nos referimos a una mezcla o combinación de minerales y rocas ígneas o metamórficas que ha debilitado la ley por la presencia de rocas estériles (Abdellah et al. 2020). Si bien la opacidad suele ser indeseable en la minería y el diseño, es posible controlarla utilizando una variedad de técnicas y diseños. Esto, por supuesto, mejorará la recuperación de minerales y la seguridad (García, 2019).

La clarificación de ley en una mina ocurre cuando el residuo final de un mineral clarificado entra en contacto con el relleno (Vega, 2019). Esto se puede evitar estableciendo una separación artificial entre ambos, pero salvo circunstancias excepcionales (técnicas avanzadas de minería), esto no es económicamente viable, por lo que la mina debe aceptar un cierto grado de mezcla de minerales (Larsen et al. 1990).

El desarrollo del manguito de perforación es crucial porque permite la posterior identificación del método más efectivo para realizar las simulaciones de carga del taladro, método en el que el diseño del manguito difiere del método convencional (Belisario et al. 2020).

Las reservas minerales, por otro lado, son la proporción del total de minerales que se pueden recuperar en presencia de vetas muy finas o energía mineral (Tao, 2019). La fuerza mineral corresponde al ancho de la veta; por lo tanto, las alturas de las vetas oscilan entre 60 centímetros y dos metros, dependiendo de las condiciones geológicas (Jang, 2015).

Sin embargo, esta tecnología solo se usa cuando la veta es muy angular o muy fina, ya que se combina con los productos de desecho producidos durante el procesamiento de los minerales (es decir, cuando se usan dos ánodos para separar los minerales para que estén menos contaminados o combinados, con otros materiales) (Mena, 2012).

Por el contrario, el término productividad se refiere a la eficiencia con la que una determinada cantidad de insumos y productos se convierten en un producto final. Así, en la industria minera, podemos ver cómo componentes ventajosos como el capital físico, el equipamiento del personal, el consumo de energía, el uso del agua, la ley mineral y la razón mineral son cruciales para la producción del bien final. La productividad de la industria minera es un completo juego de dados (García, 2019; Humphreys, 2020). Los gastos en áreas clave como las materias primas, la mano de obra y los servicios públicos como la electricidad y el agua han ido en aumento, elevando los costos de producción (Salgado et al. 2019). Los factores anteriores, junto con una recesión en la ley de minerales y la economía global, han llevado a un aumento en la productividad minera (Gao et al. 2015).

La productividad es la tasa a la que crece la producción de una empresa por cada unidad de entrada en su proceso de producción, como mano de obra o capital (De Solminihac et al. 2018). La forma exacta en que se calcula esta tasa varía de una empresa a otra, ya que se utilizan diferentes métricas para medir la productividad. Del esfuerzo de sus empleados en el lugar de trabajo (Osei et al. 2018). Al principio, se creía que la productividad era enteramente responsabilidad de los empleados; sin embargo, pronto quedó claro que

proporcionar los recursos que necesitaban era igual de importante (Syed et al. 2015). Con el paso del tiempo, han surgido nuevas tecnologías que prometen aumentar la productividad en las operaciones mineras (Prokopenko et al. 2020). Sin embargo, incorporar estas tecnologías a las actividades laborales diarias no es tarea fácil debido a la complejidad que implica. Si las empresas no logran adaptarse a la nueva era, su productividad puede verse afectada, está ascendiendo a la vanguardia de la tecnología de punta para contribuir a las operaciones (Ngoma y Mutambo, 2020).

Los factores que inciden en la productividad de las empresas tienen una incidencia fundamental tanto en la naturaleza de la propia empresa como en las condiciones de trabajo de sus empleados; estos factores se pueden dividir en tres categorías: los responsables de establecer las cargas de trabajo, los responsables de determinar el rendimiento de los trabajadores y los responsables de determinar la necesidad de recursos complementarios. Sin embargo, si le falta alguna de las áreas antes mencionadas, terminará costándole mucho dinero en forma de pérdida de productividad y eficiencia (Aydin, 2020).

Según la investigación Lin y Sai (2022), hay tres factores principales a considerar cuando se busca mejorar la productividad a largo plazo:

La incorporación de sistemas de gestión operativa eficientes se basa en un recorte despiadado de los gastos operativos, con un enfoque en aumentar la productividad mientras se minimizan los gastos de capital y se maximizan los rendimientos (Ndayy Thomas, 2019).

Dar al mantenimiento preventivo la máxima prioridad reducirá los gastos no planificados y hará las reparaciones más rápido, ahorrando tiempo y dinero. Priorizar la eficiencia operativa y el desarrollo de los empleados es esencial.

Con el fin de fomentar la innovación y la adopción de tecnologías que aceleran los procesos, es fundamental contar con datos que puedan ayudar a predecir y tratar los

resultados probables de las fallas de las máquinas para que puedan repararse rápidamente y el equipo pueda usarse como el mayor tiempo posible (Durrant et al.2015).

En manifiesto la justificación de la presente investigación, se suscribe su aporte teórico, debido a que permite el análisis y sistematización de información respecto a las bases teóricas sobre el método explotación de circado y la productividad en el contexto de la minería, posibilitando la obtención de un conocimiento también empírico a recopilar información que cumple el objetivo de investigación. De otra manera, de acuerdo a su justificación práctica, es importante mejorar las operaciones de perforación unitaria y volcanismo que se han realizado empíricamente y proponer un método de explotación acorde con las características de la veta para combatir los problemas asociados al aumento del porcentaje de dilución que ha venido teniendo un efecto sobre las leyes y la rentabilidad de la mina La Soledad. La dilución en la mina La Soledad puede reducirse utilizando el método circado, lo que debería generar mayores ganancias. Finalmente, en su justificación metodológica, al aplicarse los procedimientos convergentes con los métodos de investigación que permiten garantizar el rigor científico de los hallazgos en relación con el objetivo de estudio, la investigación resulta ser un precedente de importancia para futuros estudios que se interesen en indagaciones sobre el tema en otros contextos similares.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué forma el método de explotación de circado influye positivamente en el incremento de la productividad en vetas angostas de la mina La Soledad, Retamas – Parcoy, 2023?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el método de explotación de circado para incrementar la productividad en vetas

angostas en la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Efectuar el diagnóstico operacional respecto al ciclo actual de minado, de perforación y voladura, la producción actual y los costos unitarios en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.
- Aplicar el método de explotación de circado en las operaciones en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.
- Contrastar la productividad en las operaciones en cuanto al tiempo, diseño de la mina, perforación y voladura, producción y costos unitarios, el proceso de la dilución y los costos generados de la mina antes de la aplicación del método circado en la veta de la de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.
- Evaluar la dilución de mineral con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.
- Evaluar los costos en las operaciones unitarias con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

### **1.4.Hipótesis**

Finalmente, la hipótesis de investigación es que la aplicación del método de explotación circado mejora significativamente la productividad de la veta de la mina La Soledad.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque de investigación**

De acuerdo con el enfoque de investigación, destaca por ser cuantitativo, debido a que la recopilación e interpretación de información se da de manera numérica, apelando a la utilización de la estadística. (Hernández y Mendoza, 2018). En tal sentido, resulta importante destacar que la información recolectada orientada a la indagación respecto al método de explotación de circado para el incremento de la productividad en vetas angostas en la mina La Soledad, Retamas en Parcoy fue analizada de acuerdo a parámetros numéricos para cumplir con el propósito de investigación, toda vez que a partir del análisis del contexto, se puede otorgar soluciones prácticas para beneficio de la empresa, posibilitando su crecimiento económico y financiero, con la utilización de métodos más eficientes en la explotación de minerales.

### **2.2. Tipo de investigación**

Asimismo, el tipo de investigación fue el aplicado, debido a que producto de la aplicación de los conocimientos de la investigación básica, se genera un conocimiento empírico para beneficio del contexto o población, este conocimiento empírico permite que se susciten cambios en la mejora de la problemática (Hernández y Mendoza, 2018). A razón de ello, con la aplicación de este estudio, se posibilitó corroborar la utilidad y ventajas que tiene el método explotación citado, que, a través de la reducción de costos en la explotación de minerales, posibilita un incremento de la productividad en vetas angostas en la mina La Soledad, Retamas en Parcoy.

### **2.3. Nivel de investigación**

En cuanto al nivel de investigación, el estudio destacó por ser experimental, debido a que se encontró suscrito a la manipulación de las variables en el contexto de estudio con el propósito de generar cambios en ella (Sánchez y Reyes, 2018). Asimismo, el estudio es longitudinal, debido a que la observación o medición de las variables se dio en un periodo de tiempo, constando de diferentes momentos para evidenciar la evolución de los fenómenos (Hernández y Mendoza, 2018).

### **2.4. Alcance de investigación**

Finalmente, también resultó ser explicativo, puesto que, a razón de los hallazgos, también se obtuvo un conocimiento predictivo de las variables y sus fenómenos, posibilitando la explicación de los hechos en torno a las variables (Lozada, 2014). De tal manera, fue aplicado el método explotación de circado para generar efectos en cuanto a la productividad de la mina La Soledad, Retamas en Parcoy, ocasionando una manipulación de las variables. De otro modo, se efectuó la técnica de manera progresiva para observar los cambios suscitados en cuanto a la aplicación de tal método de circado; así como también, en base a los resultados obtenidos pudo explicarse la utilidad y ventajas que posee el método de circado, favoreciendo a la mejora en la productividad de la mina.

Por otro lado, en cuanto a la población, estuvo constituida por las operaciones de mineras unitarias de perforación y voladura en vetas angostas en la mina La Soledad, Retamas en Parcoy. Así como también, la muestra estuvo representada por el conjunto de operaciones desarrolladas para la aplicación del método de explotación de circado en la misma empresa entre los meses de abril y mayo del año 2023.

Además, la técnica seleccionada para el presente estudio de es la observación,

entendida como aquella técnica que posibilita la observancia sistemática de las operaciones como parte de la aplicación del método de explotación de circado.

Asimismo, el análisis documental, la cual es entendida como aquella que posibilita el análisis de información a través de la documentación pertinente a la población en las características fenómeno lógicas de las variables (Hernández y Mendoza, 2018). De dicha técnica se deslindó del instrumento guía de análisis documental, con el propósito de sistematizar la información respecto a las variables.

Acerca de los procedimientos por las etapas efectuadas en el estudio se suscribe en las siguientes:

#### Etapa 1: Precampo

En esta etapa se recopiló información acerca del estado del arte concerniente a las variables, con lo cual se evidenció en diferentes bases de datos y documentación pertinente, proveniente de artículos científicos de revistas indizadas, para obtener evidencia acerca de los procesos y operaciones concernientes a la experimentación del estudio.

#### Etapa 2: Campo

Como parte del diagnóstico operacional, los procedimientos investigativos para cumplir con los objetivos de estudio son: identificar el ciclo actual de minado haciendo uso de tablas, cronometro, y documentos técnicos proporcionados por la empresa para organizar, analizar e identificar el tiempo estimado para cada secuencia del ciclo, flujo del proceso desde interior mina hasta superficie; identificar el diseño de mina haciendo uso de levantamientos topográficos desde superficie hasta el frente de perforación, documentos técnicos proporcionados por la empresa, fotografía y medición de las dimensiones in situ de todas las labores activas; identificar el diseño actual de perforación y voladura haciendo uso de documentos técnicos proporcionados por la empresa y medición in situ; identificar

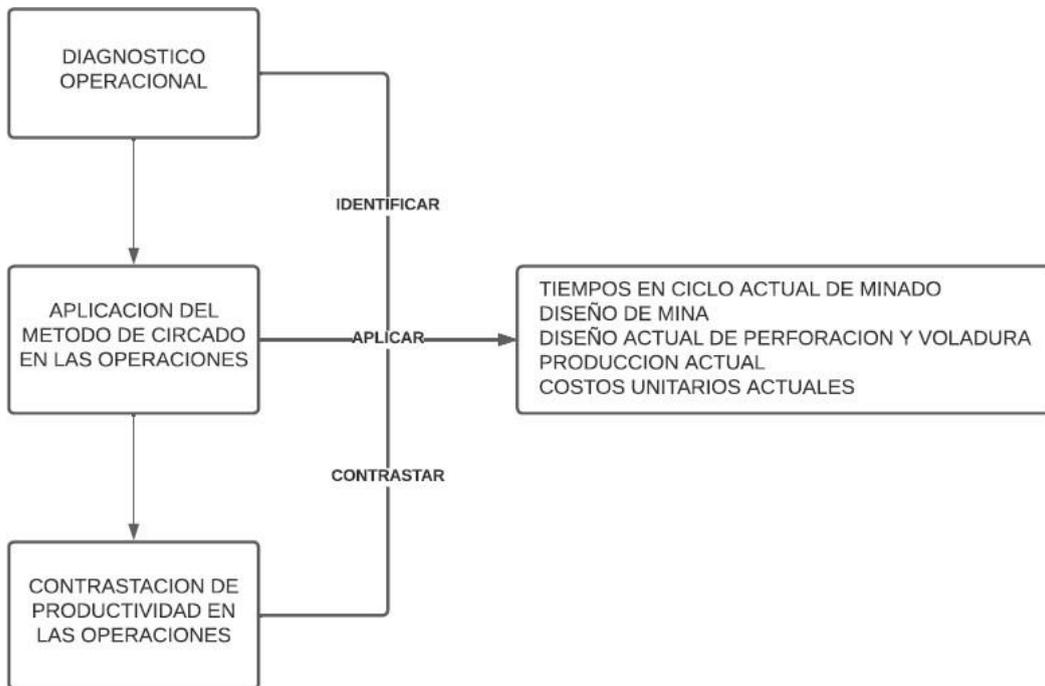
la producción actual en toneladas de mineral, estéril e histórico de leyes, haciendo usos de reportes antiguos, bitácoras, anotes, informes y documentos proporcionados por el titular de la labor; identificar los costos unitarios de las operaciones actuales dando énfasis al detalle para cada actividad del ciclo de minado, haciendo uso de la base de datos que proporciona el titular de la labor, anotes, informes económicos, recolección y cálculo in situ.

De otro modo, el siguiente procedimiento constató de la aplicación del método de circado en las operaciones, en el cual se busca: aplicar el método de circado al ciclo actual de minado dejando de usar el método convencional que se ha venido trabajando hasta ahora e implementar nuevos tiempos, secuencia de minado y flujogramas de procesos; aplicar el nuevo diseño de mina concerniente al método de circado usando como referencia el diseño anterior y nuevos diseños concernientes a este método; aplicar el nuevo diseño de perforación y voladura concerniente al método de circado usando como referencia el diseño anterior y nuevos diseños concernientes a este método; la aplicación del método va a traer consigo nueva data con respecto a la producción en toneladas de mineral, estéril y leyes de mineral; la aplicación del método va a traer consigo nueva data con respecto a los costos unitarios de las operaciones dando énfasis al detalle para cada actividad del ciclo de minado.

Además, el tercer procedimiento se basa en la contrastación de productividad en las operaciones, se buscó contrastar parámetros de Tiempo, diseño de mina perforación y voladura, producción y costos unitarios. Esta suma de procedimientos se sistematiza en la siguiente figura:

**Figura 1**

*Procedimientos del método en el estudio.*



*Nota.* Procedimientos que conllevaron a la aplicación del método en el estudio.

Postcampo: De otro modo, los hallazgos fueron analizados y sintetizados en tablas de doble entrada y en figuras para representar cada uno de los procedimientos y el cumplimiento de los objetivos de investigación.

Finalmente, en consideración a lo estipulado por CONCYTEC (2018) y el código de ética de la Universidad Privada del Norte, se suscribe en los siguientes principios éticos aplicados en esta investigación: No maleficencia, puesto que hubo un permiso por parte de la empresa a través de coordinaciones para obtener información pertinente a las variables que permitan el análisis de hallazgos. Además, esta información suministrada a no fue manipulada, sino que fue presentada tal y como se proporcionó. Justicia, toda vez que en mal desarrollo del estudio hubo un trato equitativo con los colaboradores de la mina La Soledad, respetando su integridad en todo momento. La autonomía, ya que la

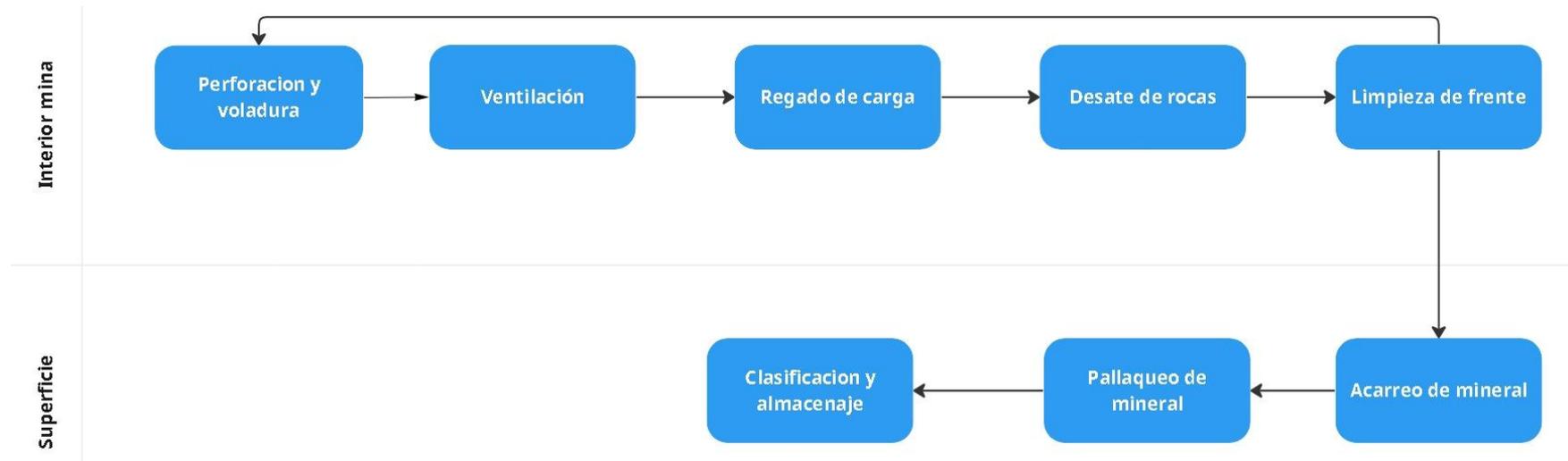
información vertida en este estudio es de autoría propia, suministrada a través del análisis el procesamiento de información obtenida por la empresa minera. Asimismo, el manejo de información, ya que a través del análisis del estado del arte y las recopilaciones teóricas, obtenidas a partir de diferentes bases de datos y repositorios, se pudo obtener la información que posibilitó la determinación de los métodos y técnicas propicias para el cumplimiento de los objetivos; responsabilidad, puesto que el investigador ha desarrollado el estudio considerando los principios éticos establecidos por la comunidad científica en la institución educativa superior y finalmente, la honestidad, toda vez que la información vertida no resulta ser un plagio deliberado, lo cual puede ser garantizado con la utilización de un software antiplagio; así como también la información proporcionada, es coherente con la recolección de datos a partir de la mina La Soledad.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico operacional respecto al ciclo actual de minado, de peroración y voladura, la producción actual y los costos unitarios en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

**Figura 2**

*Diagrama de flujo - Ciclo de minado.*



*Nota.* En la figura 2 se muestra el proceso de extracción de mineral desde interior mina a superficie, consta de las siguientes actividades: Perforación y voladura, ventilación, regado de carga, desate de rocas, limpieza de frente, acarreo de mineral, pallaqueo de mineral, clasificación y almacenaje.

**Tabla 1***Tiempo por actividad - Ciclo de minado.*

Área	Actividad	Personal	Tiempo estimado en horas	Tiempo estimado en min.	Operación por ciclo	Tiempo total en horas	Tiempo total en minutos
Interior	Perforación y voladura	2	0.66	40	1	0.66	40
mina	Ventilación	1	0.25	15	1	0.25	15
	Regado de carga	2	0.30	18	1	0.30	18
	Desate de rocas	2	0.16	10	1	0.16	10
	Limpieza de frente	4	0.50	30	6	3.00	180
Superficie	Acarreo de mineral	3	0.33	20	6	1.98	120
	Pallaqueo	1	0.50	30	6	3.00	180
	Clasificación y almacenaje	2	0.33	20	6	1.98	120

*Nota.* Conocer el tiempo que toma realizar todo el ciclo es necesario mejorar el margen y tomar decisiones a futuro, por lo que la tabla 1 muestra el tiempo en horas y minutos para cada actividad del ciclo de minado, en amarillo se resalta las actividades obligatorias para la continuación del ciclo, en plomo se resalta las actividades independientes al ciclo de minado.

## Tabla 2

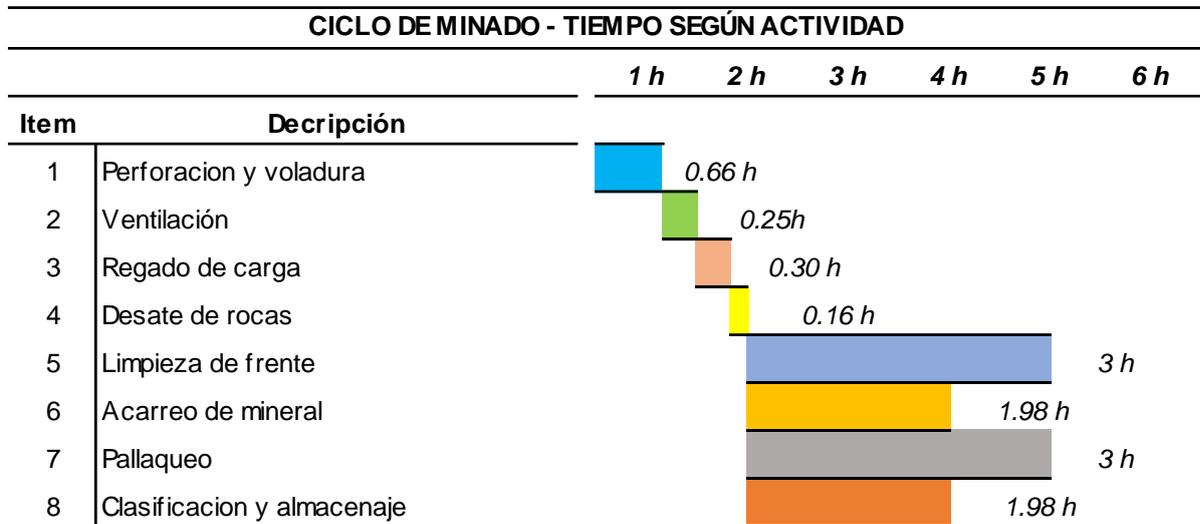
### *Resumen de tiempos Ciclo de minado y trabajos en superficie*

<b>Descripción</b>	<b>Tiempo en horas</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
Ciclo de minado	4.37	263
Trabajos en superficie y transporte	6.96	420

*Nota.* En la tabla 2 se muestra el resumen en tiempos de trabajos en interior mina y superficie, podemos darnos cuenta que todo el ciclo consta de 4.37 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 6.96 horas, cabe resaltar que algunos trabajos se hacen de manera simultánea ver ilustración 3 y que al día se hacen 4 ciclos completos.

**Figura 3**

*Diagrama de GANTT - Ciclo de minado*



*Nota.* La simultaneidad de algunas actividades depende directamente del tipo de trabajo que se realiza, para los ítems 5,6,7,8 de la ilustración 3, aplica desde el inicio, debido a que para la limpieza de mineral se necesita solamente 4 personas para llenar los carros sin ninguna otra actividad a realizar el resto de personal se dedica al mismo tiempo a transportar los carros u35 desde el frente hasta la superficie, así mismo como también pallaquear el mineral, clasificarlo y almacenarlo, mientras los ítems 1,2,3,4 son dependientes el uno del otro y no se puede realizar la siguiente actividad antes de terminar la anterior.

**Figura 4**

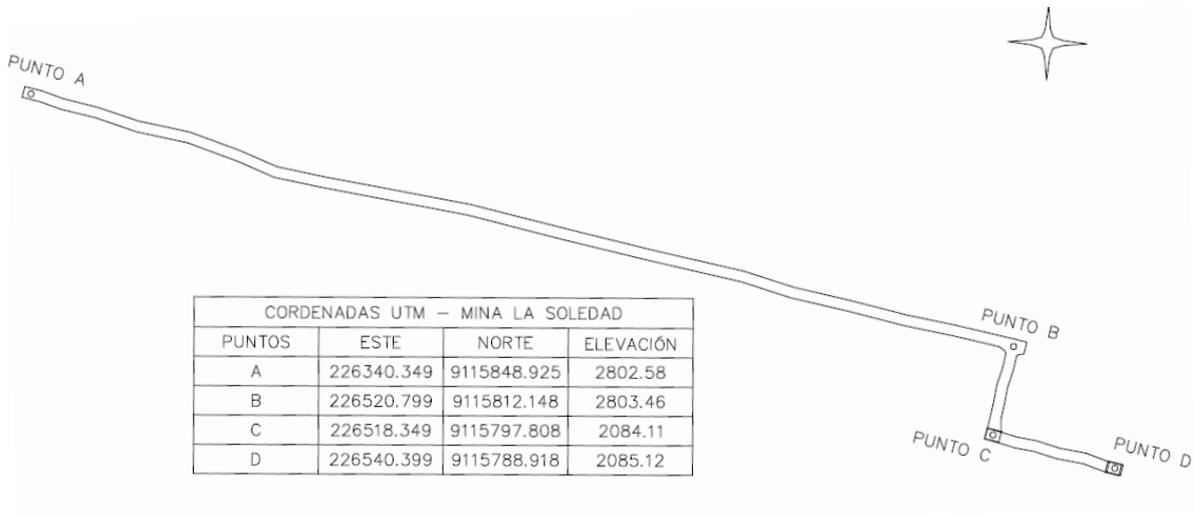
*Ciclo de minado por guardia*

<b>DISTRIBUCION DE TRABAJO POR GUARDIA - 24 HORAS - 4 CICLOS DIARIOS</b>						
		<b>ACTIVIDAD</b>	<b>H. INICIO</b>	<b>H. FIN</b>	<b>H.GENERAL</b>	
		<b>ENTRADA - CAMBIO DE GUARDIA</b>			<b>8.00 AM</b>	
<b>GUARDIA DIA</b>	<b>CICLO 1</b>	Perforacion y voladura	8.37 AM	9.17 AM		
		Ventilación	9.17 AM	9.32 AM		
		Regado de carga	9.32 AM	9.50 AM		
		Desate de rocas	9.50 AM	10.00 AM		
		Limpieza de frente	10.00 AM	1.00 PM		
		Acarreo de mineral	10.00 AM	12.00 PM		
		Pallaqueo	10.00 AM	1.00 PM		
		Clasificación y almacenaje	10.00 AM	12.00 PM		
			<b>REFRIGERIO</b>	<b>1.00 PM</b>	<b>2.00 PM</b>	
	<b>CICLO 2</b>	Perforacion y voladura	2.00 PM	2.40 PM		
		Ventilación	2.40 PM	2.55 PM		
		Regado de carga	2.55 PM	3.13 PM		
		Desate de rocas	3.13 PM	3.23 PM		
		Limpieza de frente	3.23 PM	6.23 PM		
		Acarreo de mineral	3.23 PM	5.23 PM		
		Pallaqueo	3.23 PM	6.23 PM		
Clasificación y almacenaje		3.23 PM	5.23 PM			
		<b>SALIDA - CAMBIO DE GUARDIA</b>			<b>6.30 PM</b>	
<b>GUARDIA NOCHE</b>	<b>CICLO 3</b>	Perforacion y voladura	7.00 PM	7.40 PM		
		Ventilación	7.40 PM	7.55 PM		
		Regado de carga	7.55 PM	8.13 PM		
		Desate de rocas	8.13 PM	8.23 PM		
		Limpieza de frente	8.23 PM	11.23 PM		
		Acarreo de mineral	8.23 PM	10.23 PM		
		Pallaqueo	8.23 PM	11.23 PM		
		Clasificación y almacenaje	8.23 PM	10.23 PM		
			<b>REFRIGERIO</b>	<b>11.23 PM</b>	<b>1.00 AM</b>	
	<b>CICLO 4</b>	Perforacion y voladura	1.00 AM	1.40 AM		
		Ventilación	1.40 AM	1.55 AM		
		Regado de carga	1.55 AM	2.13 AM		
		Desate de rocas	2.13 AM	2.23 AM		
		Limpieza de frente	2.23 AM	5.23 AM		
		Acarreo de mineral	2.23 AM	4.23 AM		
		Pallaqueo	2.23 AM	5.23 AM		
Clasificación y almacenaje		2.23 AM	4.23 AM			
		<b>SALIDA - CAMBIO DE GUARDIA</b>			<b>5.00 AM</b>	

*Nota.* En la Figura 4 se observa la distribución de guardia por cada uno de los 4 ciclos que incluyen la guarda diurna y nocturna.

## Figura 5

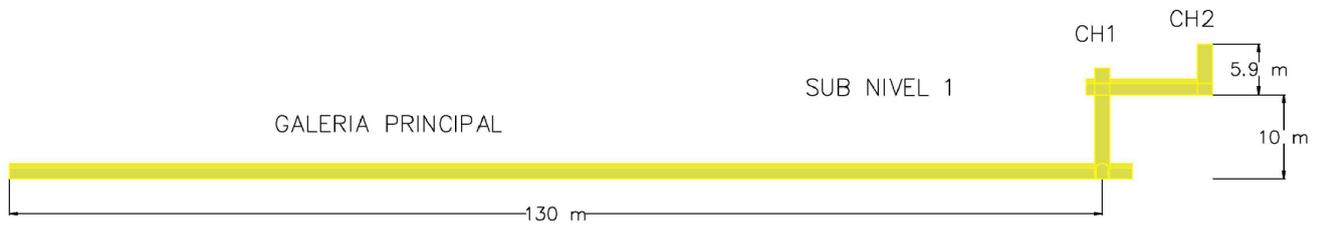
Vista planta - Mina la soledad



*Nota.* En la Figura 5 El diseño actual de la mina la SOLEDAD consta de una galería principal que va de superficie partiendo de bocamina punto A (130 m) hasta el crucero principal Punto B (12 m) hasta el Punto C donde inicia la Chimenea 1 (10 m) y se corre 15 m en el sub nivel 1 hasta el punto D donde inicia la Chimenea 2 (5.9 m).

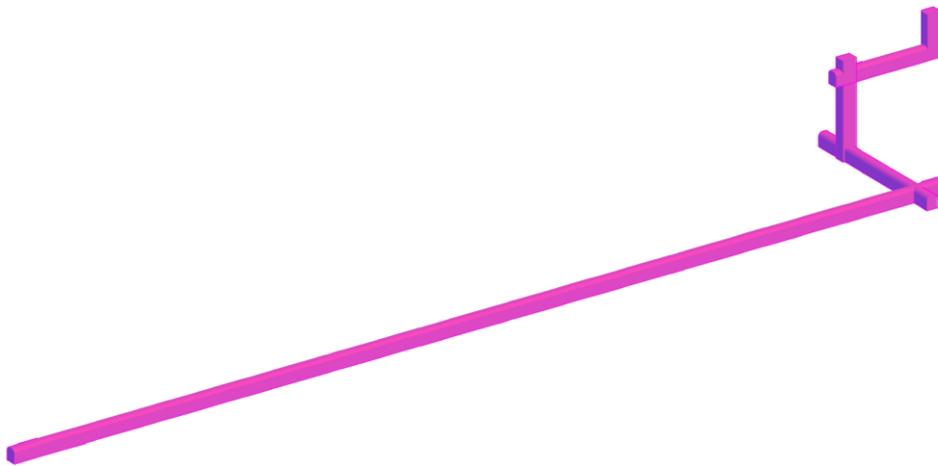
## Figura 6

*Vista perfil - Mina la soledad*



## Figura 7

*Vista tridimensional – Mina La Soledad*



*Nota.* En la Figura 6 y 7 se evidencia que el diseño de voladura actual consta de 21 taladros perforados, un arranque simple con cuatro taladros de alivio y diámetros de broca de 36 y 38 mm para los alivios y taladros de producción respectivamente.

**Tabla 2***Distribución de carga explosiva frente 1.4x1.8*

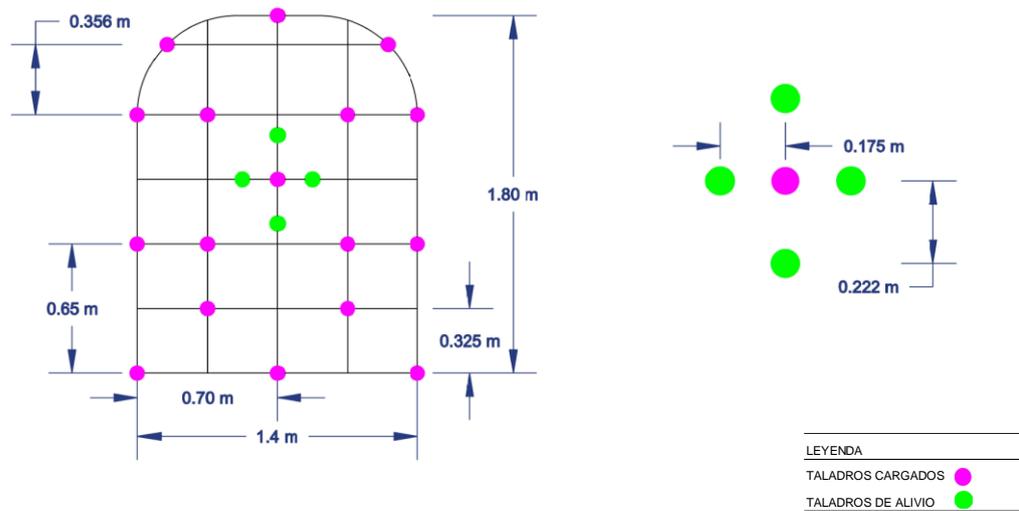
DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA PARA FRENTE 1.4 X 1.8 - JACK LEG						
DESCRIPCION	N°TALADROS	CARGA PROMEDIO POR TALADRO				
		SEMEXA 65	P.TALADRO	KG/TAL	TOTAL KG	
Alivio	4	0	0	0	0	
Arranque	1	4	3/4	0.325	0.325	
Ayuda	6	24	3/4	0.325	1.948	
Cuadradores	4	12	3/4	0.325	0.974	
Corona	3	9	3/4	0.325	0.731	
Arrastre	3	12	3/4	0.325	0.974	
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>61</b>			<b>4.951</b>	
<i>FACTOR DE CARGA</i>		<i>1.67</i>	<i>kg/m3</i>			
<i>TIPO DE ROCA</i>		<i>2 - A</i>				

**Tabla 3***Datos de perforación frente 1.4x1.8*

DATOS DE PERFORACION	
Longitud de taladro	4 ft
Eficiencia de perforacion	98% (1.18 m)
Densidad de la roca	2.92 kg/m3
Maquina perforadora	RNP 250
Diametro de broca 1	36 mm
Diametro de broca 2	38 mm

**Figura 8**

*Malla de perforación frente 1.4x1.8*



*Nota.* Las labores de producción se están llevando con el cuerpo mineralizado al centro con una veta de 30 cm de potencia, ley de 15 gr/tn así como una inclinación de 80° de buzamiento.

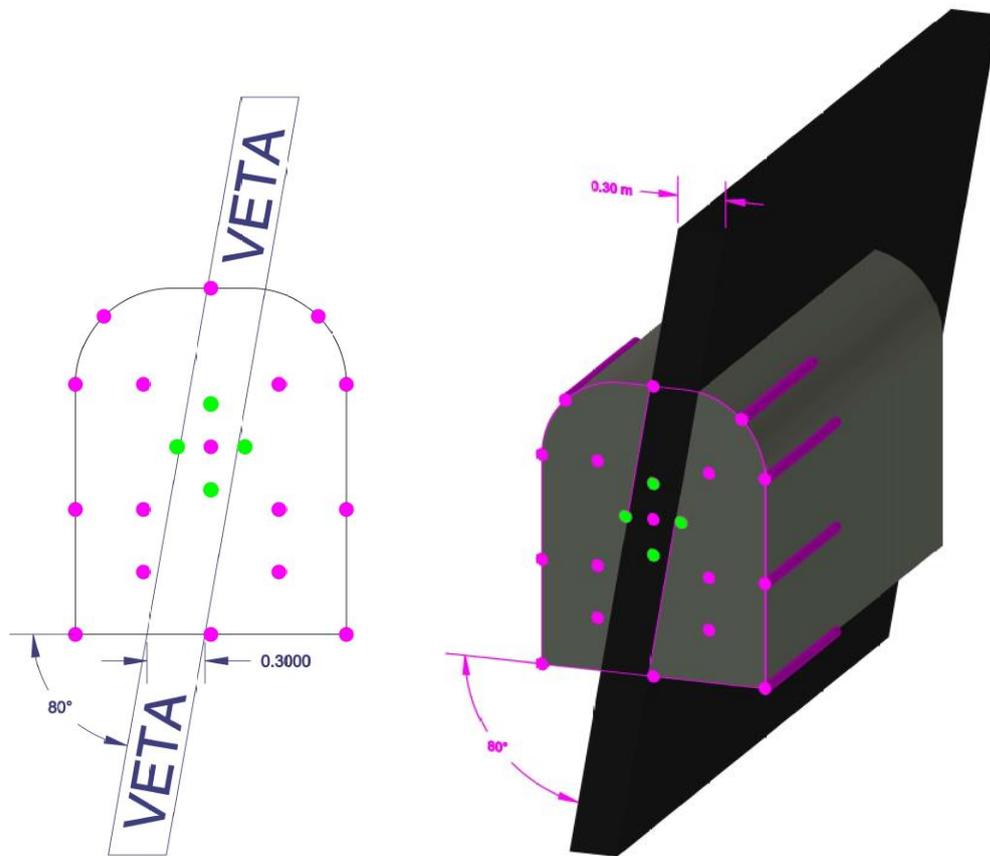
**Tabla 5**

*Características del cuerpo mineralizado*

CARACTERISITICAS DEL CUERPO MINERALIZADO	
Potencia de veta	0.30 m
Densidad del mineral	4.33 kg/m <sup>3</sup>
Buzamiento	80°
Direccion	53° NE
Roca encajonante	TIPO II - A
Ley promedio	15 gr/tn

**Figura 9**

*Cuerpo mineralizado - mina la soledad*



*Nota.* La dilución presente en el método de explotación ocurre cuando se dispara el frente completo, para luego pallaquear en superficie, la dilución ocurre de la siguiente manera:

*Calculo de area*

$$\text{Area } B = 0.30 \times 1.80$$

$$A + C = (A + B + C) - B$$

$$A + C = 2.52 \text{ m}^2 - 0.54 \text{ m}^2$$

$$A + C = 1.98 \text{ m}^2$$

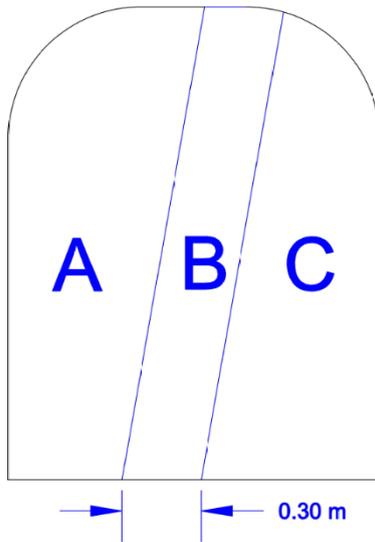
$$\text{Volumen } A + C = 1.92 \times 1 = 1.98 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen } A + C = 1.98 \text{ m}^3 \times 2.92 \text{ g/cm}^3 = 5.782 \text{ tn}$$

$$\text{Volumen } B = 0.54 \text{ m}^3 \times 4.33 \text{ g/cm}^3 = 2.338 \text{ tn}$$

**Figura 10**

*Cuerpo mineralizado - mina la soledad*



*Contenido metalico*

$$CM = 2.338 \text{ tn} \times 15 \text{ g/tn} = 35.07 \text{ g de Au}$$

*Contenido metalico diluido*

$$CM = 8.12 \text{ tn} \times \text{Ley diluida} = 35.07 \text{ g de Au}$$

$$\text{Ley diluida} = \frac{35.07 \text{ gr}}{12 \text{ tn}} = 4.313 \text{ g/tn}$$

$$\text{Coeficiente de dilucion} = \frac{4.313 \text{ g/tn}}{15 \text{ g/tn}} = 0.288$$

$$\text{Porcentaje de dilucion} = (1 - 0.288) \times 100 = \mathbf{71.245 \%}$$

*Nota.* El mineral fracturado luego del disparo se combina inmediatamente con el esteril, sin embargo esto no es indiferente para los propietarios de la labor que optan por pallaquear luego de la extraccion asi elevan nuevamente la ley separando el esteril del mineral.

**Tabla 6***Producción turno día - frente 1.4x1.8*

TURNO DIA - FRENTE 1.4 X 1.8										
Fecha	Ciclo 1 - 4ft					Ciclo 2 - 4ft				
	Mineral diluido (Tn)	Mineral pallaqueado o sacos (un)	Mineral pallaqueado (Tn)	Esteril (Tn)	Avance (ml)	Mineral diluido (Tn)	Mineral pallaqueado o sacos (un)	Mineral pallaqueado (Tn)	Esteril (Tn)	Avance (ml)
26/4/2023	9.866	37	3.354	6.511	1.08	9.957	38	3.385	6.572	1.09
27/4/2023	9.683	39	3.486	6.197	1.06	9.957	40	3.585	6.373	1.09
28/4/2023	8.678	38	3.385	5.294	0.95	9.957	43	3.883	6.074	1.09
29/4/2023	8.861	37	3.367	5.494	0.97	10.140	43	3.853	6.287	1.11
30/4/2023	10.505	42	3.782	6.723	1.15	10.779	43	3.881	6.899	1.18
31/4/2023	10.140	42	3.752	6.388	1.11	10.597	44	3.921	6.676	1.16
1/5/2023	9.409	40	3.575	5.834	1.03	10.505	44	3.992	6.513	1.15
2/5/2023	10.323	44	3.923	6.400	1.13	10.597	45	4.027	6.570	1.16
3/5/2023	8.952	37	3.312	5.640	0.98	10.597	44	3.921	6.676	1.16
4/5/2023	9.409	41	3.670	5.740	1.03	10.688	46	4.168	6.520	1.17
<b>Total</b>	<b>95.826</b>	<b>396</b>	<b>35.605</b>	<b>60.221</b>	<b>10.490</b>	<b>103.774</b>	<b>429</b>	<b>38.615</b>	<b>65.158</b>	<b>11.360</b>

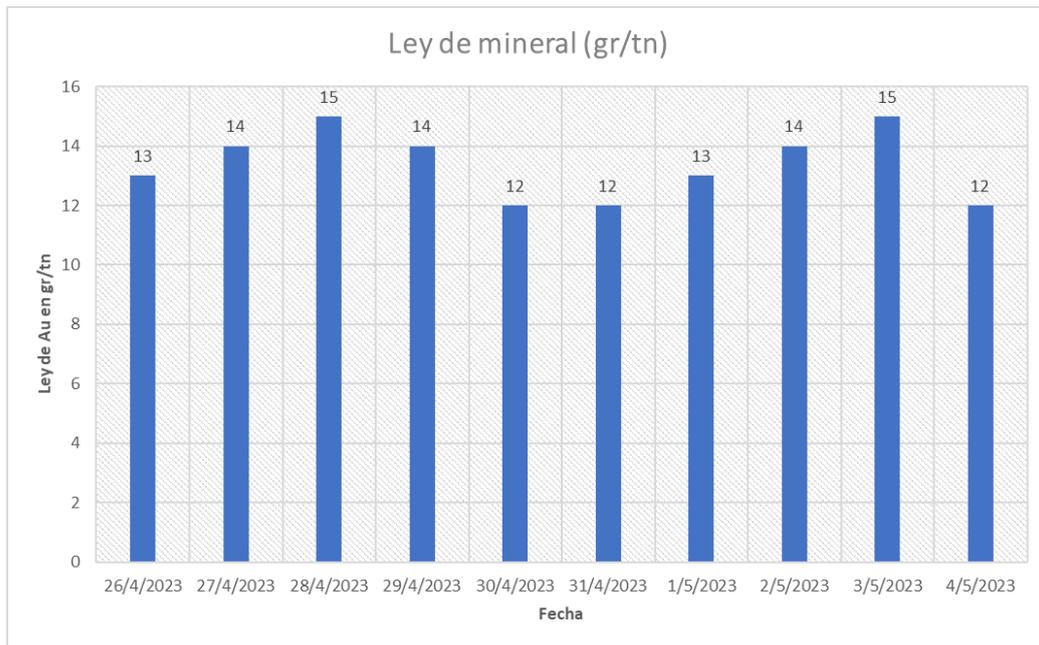
**Tabla 7***Producción turno noche - Frente 1.4 x 1.8*

TURNO NOCHE - FRENTE 1.4 X 1.8										
Fecha	Ciclo 1 - 4ft					Ciclo 2 - 4ft				
	Mineral diluido (Tn)	Mineral pallaqueado o sacos (un)	Mineral pallaqueado (Tn)	Esteril (Tn)	Avance (ml)	Mineral diluido (Tn)	Mineral pallaqueado o sacos (un)	Mineral pallaqueado (Tn)	Esteril (Tn)	Avance (ml)
26/4/2023	9.774	37	3.323	6.451	1.07	10.049	38	3.416	6.632	1.1
27/4/2023	9.409	38	3.387	6.022	1.03	8.952	36	3.223	5.729	0.98
28/4/2023	8.496	37	3.313	5.182	0.93	8.861	38	3.456	5.405	0.97
29/4/2023	10.688	45	4.061	6.627	1.17	10.049	42	3.818	6.230	1.1
30/4/2023	10.049	40	3.617	6.431	1.1	10.231	41	3.683	6.548	1.12
31/4/2023	9.044	37	3.346	5.697	0.99	9.044	37	3.346	5.697	0.99
1/5/2023	8.952	38	3.402	5.550	0.98	8.404	35	3.194	5.211	0.92
2/5/2023	8.861	37	3.367	5.494	0.97	8.404	35	3.194	5.211	0.92
3/5/2023	8.770	36	3.245	5.525	0.96	8.678	36	3.211	5.467	0.95
4/5/2023	8.861	38	3.456	5.405	0.97	8.587	37	3.349	5.238	0.94
<b>Total</b>	<b>92.903</b>	<b>384</b>	<b>34.518</b>	<b>58.385</b>	<b>10.170</b>	<b>91.259</b>	<b>377</b>	<b>33.890</b>	<b>57.369</b>	<b>9.990</b>

**Tabla 8***Mineral pallaqueado por día - Frente 1.4 x 1.8*

<b>Mineral pallaqueado</b>					
Fecha	Turno día		Turno noche		Sub total
	Ciclo 1D	Ciclo2D	Ciclo1 N	Ciclo 2N	
26/4/2023	3.354	3.385	3.323	3.416	<b>13.480</b>
27/4/2023	3.486	3.585	3.387	3.223	<b>13.681</b>
28/4/2023	3.385	3.883	3.313	3.456	<b>14.037</b>
29/4/2023	3.367	3.853	4.061	3.818	<b>15.100</b>
30/4/2023	3.782	3.881	3.617	3.683	<b>14.963</b>
31/4/2023	3.752	3.921	3.346	3.346	<b>14.365</b>
1/5/2023	3.575	3.992	3.402	3.194	<b>14.163</b>
2/5/2023	3.923	4.027	3.367	3.194	<b>14.510</b>
3/5/2023	3.312	3.921	3.245	3.211	<b>13.689</b>
4/5/2023	3.670	4.168	3.456	3.349	<b>14.642</b>
<b>Total</b>	<b>35.605</b>	<b>38.615</b>	<b>34.518</b>	<b>33.890</b>	

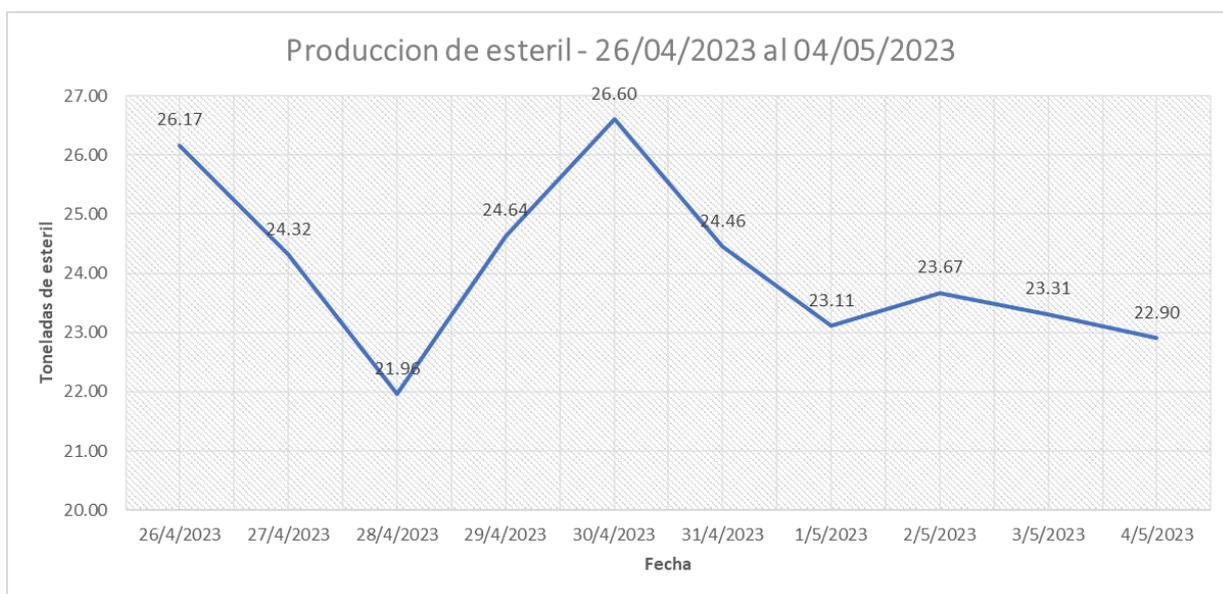
**Figura 11***Producción diaria de mineral - 26/04/2023 al 4/05/2023*

**Figura 12***Ley diaria de mineral - 26/04/2023 al 4/05/2023***Tabla 9***Producción de estéril por día – Frente 1.4x1.8*

<b>Esteril producido</b>					
Fecha	Turno día		Turno noche		<b>Sub total</b>
	Ciclo 1D	Ciclo2D	Ciclo1 N	Ciclo 2N	
26/4/2023	6.511	6.572	6.451	6.632	<b>26.166</b>
27/4/2023	6.197	6.373	6.022	5.729	<b>24.321</b>
28/4/2023	5.294	6.074	5.182	5.405	<b>21.955</b>
29/4/2023	5.494	6.287	6.627	6.230	<b>24.637</b>
30/4/2023	6.723	6.899	6.431	6.548	<b>26.601</b>
31/4/2023	6.388	6.676	5.697	5.697	<b>24.459</b>
1/5/2023	5.834	6.513	5.550	5.211	<b>23.108</b>
2/5/2023	6.400	6.570	5.494	5.211	<b>23.674</b>
3/5/2023	5.640	6.676	5.525	5.467	<b>23.308</b>
4/5/2023	5.740	6.520	5.405	5.238	<b>22.902</b>
<b>Total</b>	<b>60.221</b>	<b>65.158</b>	<b>58.385</b>	<b>57.369</b>	

### Figura 13

Producción de estéril - 26/04/2023 al 4/05/2023



**Tabla 10***Costos unitarios - método convencional*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
SUB NIVEL DE PRODUCCION 1 - EXPLOTACION CONVENCIONAL							
<b>PARTIDA</b>	GL PRINCIPAL 1 +-1%	<b>FECHA</b>	4/30/2022	<b>E.DISPARO</b>	94%		
<b>EQUIPO</b>	JACK LEG RNP 250	<b>N° TALADROS</b>	17	<b>EXPLOSIVO</b>	SEMEXSA 65		
<b>SECCION</b>	1.4 m* 1.8 m	<b>L.BARRENO</b>	4 ft	<b>DENSIDAD ROCA</b>	2.92 kg/m3		
<b>VOLUMEN</b>	2.721m3	<b>L.EFECTIVA</b>	1.18 ml	<b>DENSIDAD ORE</b>	4.33 gr/cm3		
<b>FACTOR DE CARGA</b>	1.67 kg/m3	<b>AVANCE</b>	1.12 ml	<b>TIPO DE ROCA</b>	2-A		
<b>TALADROS VACIOS</b>	4	<b>F.ESPONJAMIENTO</b>	31%				

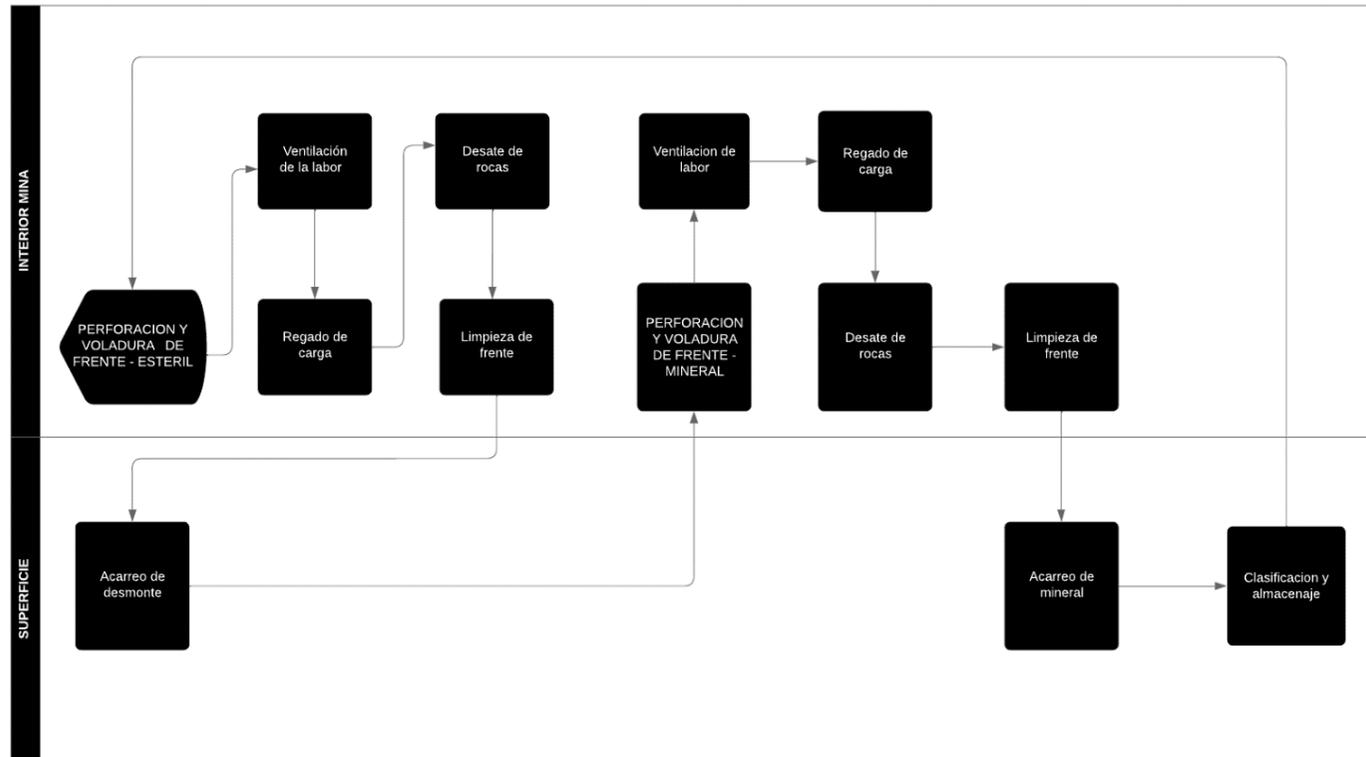
ITEM	DESCRIPCION	PART.	UNI.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P.PARCIAL S/	SUB TOTAL	TOTAL (s/ml)
1	<b>MANO DE OBRA</b>							
	Maestro perforista	0.625	h-h	5	14	70	62.50	
	Ayudante perforista	0.625	h-h	5	11	55	49.11	
	Ayudante perforista	0.625	h-h	5	11	55	49.11	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Pallaquero	0.625	h-h	4	8	32	28.57	367.86
2	<b>IMPLEMENTOS</b>							
	EPP PERSONAL DE PERFORACION		h-h	20	1.77	35.4	31.61	
	EPP PERSONAL GENERAL		h-h	20	1.66	33.2	29.64	61.25
3	<b>MATERIALES / HERRAMIENTAS</b>							
	herramientas		gdía	1	20	20	17.86	17.86
4	<b>PERFORACION y VOLADURA</b>							
	Barra de 4 ft		m	25.2	1.38	34.78	31.05	
	Broca de 36 mm		m	25.2	1.19	29.99	26.78	
	Broca de 38 mm		m	25.2	1.19	29.99	26.78	
	Manguera de 1" Ø 50 m		m	50	0.02	1.00	0.89	
	Manguera de 2" Ø 50 m		m	50	0.02	1.00	0.89	
	EXPLOSIVO y ACCESORIOS		ciclo	1	514.93	514.93	459.76	546.14
	<b>TOTAL</b>							<b>993.11</b>

*Nota.* En la tabla 10 desglosamos los costos unitarios de las operaciones, para avanzar un metro lineal con seccion de 1.4 x 1.8 teniendo como tipo de roca la II – A se tiene 993.11 soles para cada metro lineal, cabe mencionar que estos datos son proporcionados por la empresa y son cosas que se vienen usando desde el 30 de abril del 2022 a hasta el 5 de mayo del 2023.

3.2. Aplicación del método de explotación de circado en las operaciones en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

Figura 14

Flujograma - Método de circado



El flujograma que se muestra en la figura 14 consta del doble de actividades presentes en el diagrama de flujo de la Figura 4, aquí se agrega un ciclo corto para explotar solamente el mineral, consta de perforación de veta, ventilación de la labor, regado de carga, desate de rocas, limpieza de frente, acarreo de mineral y clasificación y almacenaje.

**Tabla 11***Tiempo en ciclo de minado - ciclo de minado*

TIEMPO EN EL CICLO DE MINADO- METODO DE CIRCADO							
AREA	ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO ESTIMADO EN HORAS	TIEMPO ESTIMADO EN MINUTOS	OPERACIÓN POR CICLO	TIEMPO TOTAL EN HORAS	TIEMPO TOTAL EN MINUTOS
<b>interior mina</b>	Perforación y voladura de estéril	2	05	30	1	05	30
	Ventilación	1	025	15	1	025	15
	Regado de carga	2	016	10	1	016	10
	Desate de rocas	2	008	5	1	008	5
	Limpieza de frente	4	050	30	4	2	120
<b>Superficie</b>	Acarreo de estéril	3	033	20	4	132	80
<b>interior mina</b>	Perforación y voladura de mineral	2	025	15	1	025	15
	Ventilación	1	016	10	1	016	10
	Regado de carga	2	013	8	1	013	8
	Desate de rocas	2	008	5	1	008	5
	Limpieza de frente	4	05	30	2	1	60
<b>Superficie</b>	Acarreo de mineral	3	033	20	2	066	40
	Clasificación y almacenaje	2	033	20	2	066	40

*Nota.* Conocer el tiempo que toma realizar todo el ciclo para el método de circado es necesario para comparar el tiempo del método convencional que se ha venido haciendo y así poder mejorar el margen o tomar decisiones a futuro, en la tabla 11 muestra el tiempo en horas y minutos para cada actividad del ciclo de minado, en amarillo se resalta las actividades obligatorias para la continuación del ciclo, en plomo se resalta las actividades independientes al ciclo de minado

**Tabla 12**

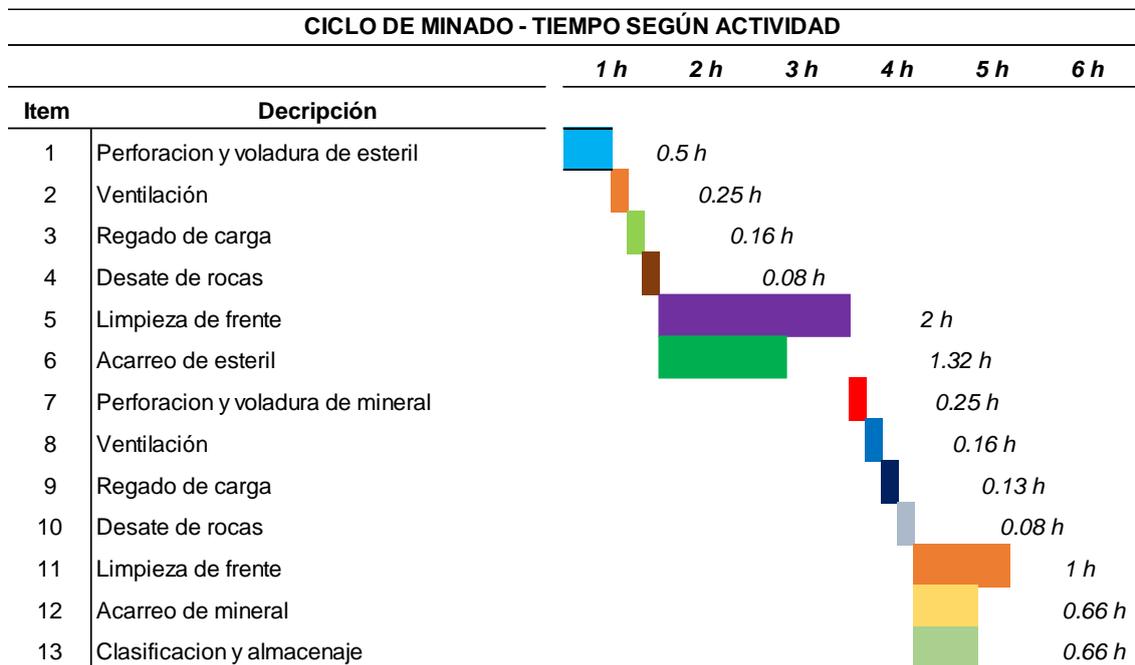
*Resumen ciclo de minado y trabajos en superficie*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO EN HORAS</b>	<b>TIEMPO EN MINUTOS</b>
<b>Ciclo de Minado</b>	4.61	288
<b>Trabajos en superficie y transporte</b>	2.64	160

*Nota.* En la tabla 12 no muestra el resumen en tiempos de trabajos en interior mina y superficie, podemos darnos cuenta que todo el ciclo consta de 4.61 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 2.64 horas para el método de circado, cabe resaltar que algunos trabajos se hacen de manera simultánea.

**Figura 15**

*Ciclo de minado según actividad*



*Nota.* La simultaneidad de algunas actividades depende directamente del tipo de trabajo que se realiza, para los ítems 5,6,11,12,13, la simultaneidad se aprecia perfectamente desde el inicio, debido a que para la limpieza de mineral se necesita solamente 4 personas para llenar los carros sin ninguna otra actividad a realizar el resto de personal se dedica al mismo tiempo a transportar los carros u35 desde el frente hasta la superficie, para finalmente clasificarlo y almacenarlo, mientras los ítems 1,2,3,4,7,8,9,10, son dependientes el uno del otro y no se puede realizar la siguiente actividad antes de terminar la anterior.

**Figura 16**

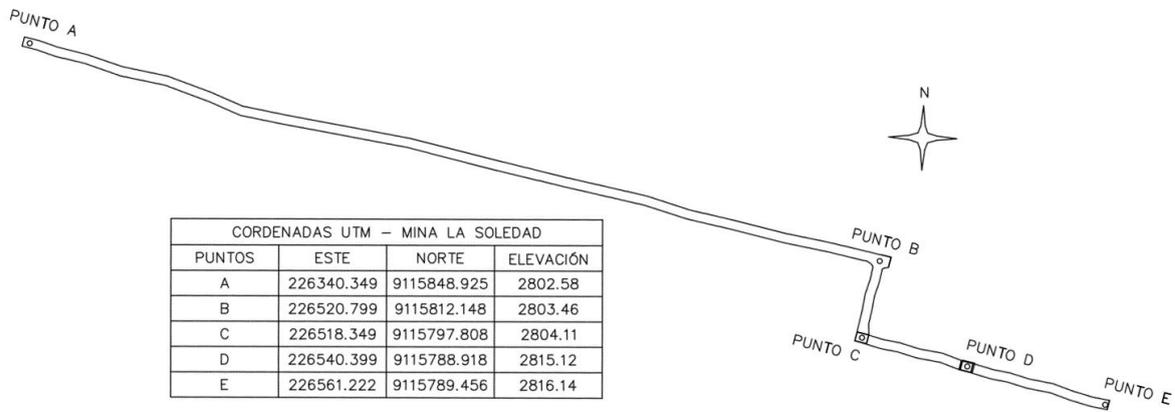
*Distribución de trabajo por guardia*

DISTRIBUCION DE TRABAJO POR GUARDIA METODO DE CIRCADO - 24 HORAS - 4 CICLOS DIARIOS				
ACTIVIDAD		H. INICIO	H.FIN	H.GENERAL
<b>ENTRADA - CAMBIO DE GUARDIA</b>				<b>8.00 AM</b>
GUARDIA DIA	CICLO 1	Perforacion y voladura de esteril	8.37 AM	9.07 AM
		Ventilación	9.07 AM	9.22 AM
		Regado de carga	9.22 AM	9.32 AM
		Desate de rocas	9.32 AM	9.37 AM
		Limpieza de frente	9.37 AM	11.37 AM
		Acarreo de mineral	9.37 AM	11.09 AM
		Perforacion y voladura de mineral	11.37 AM	11.52 AM
		Ventilación	11.52 AM	12.02 PM
		Regado de carga	12.02 PM	12.10 PM
		Desate de rocas	12.10 PM	12.05 PM
		Limpieza de frente	12.05 PM	1.05 PM
		Acarreo de mineral	12.05 PM	12.45 PM
		Clasificacion y almacenaje	12.05 PM	12.45 PM
<b>REFRIGERIO</b>		<b>1.00 PM</b>	<b>2.00 PM</b>	
GUARDIA DIA	CICLO 2	Perforacion y voladura de esteril	2.00 PM	2.30 PM
		Ventilación	2.30 PM	2.45 PM
		Regado de carga	2.45 PM	2.55 PM
		Desate de rocas	2.55 PM	3.00 PM
		Limpieza de frente	3.00 PM	5.00 PM
		Acarreo de mineral	3.00 PM	4.20 PM
		Perforacion y voladura de mineral	5.00 PM	5.15 PM
		Ventilación	5.15 PM	5.25 PM
		Regado de carga	5.25 PM	5.33 PM
		Desate de rocas	5.33 PM	5.38 PM
		Limpieza de frente	5.38 PM	6.38 PM
		Acarreo de mineral	5.38 PM	6.18 PM
		Clasificacion y almacenaje	5.38 PM	6.18 PM
<b>SALIDA - CAMBIO DE GUARDIA</b>				<b>6.30 PM</b>
GUARDIA NOCHE	CICLO 3	Perforacion y voladura de esteril	7.00 PM	7.30 PM
		Ventilación	7.30 PM	7.45 PM
		Regado de carga	7.45 PM	7.55 PM
		Desate de rocas	7.55 PM	8.00 PM
		Limpieza de frente	8.00 PM	10.00 PM
		Acarreo de mineral	8.00 PM	9.20 PM
		Perforacion y voladura de mineral	10.00 PM	10.15 PM
		Ventilación	10.15 PM	10.25 PM
		Regado de carga	10.25 PM	10.33 PM
		Desate de rocas	10.33 PM	10.38 PM
		Limpieza de frente	10.38 PM	12.38 AM
		Acarreo de mineral	10.38 PM	11.18 PM
		Clasificacion y almacenaje	10.38 PM	11.18 PM
<b>REFRIGERIO</b>		<b>12.30 AM</b>	<b>1.30 AM</b>	
GUARDIA NOCHE	CICLO4	Perforacion y voladura de esteril	1.30 AM	2.00 AM
		Ventilación	2.00 AM	2.15 AM
		Regado de carga	2.15 AM	2.25 AM
		Desate de rocas	2.25 AM	2.30 AM
		Limpieza de frente	2.30 AM	4.30 AM
		Acarreo de mineral	2.30 AM	3.20 AM
		Perforacion y voladura de mineral	4.30 AM	4.45 AM
		Ventilación	4.45 AM	4.55 AM
		Regado de carga	4.55 AM	5.03 AM
		Desate de rocas	5.03 AM	5.08 AM
		Limpieza de frente	5.08 AM	6.08 AM
		Acarreo de mineral	5.08 AM	5.48 AM
		Clasificacion y almacenaje	5.08 AM	5.48 AM
<b>SALIDA - CAMBIO DE GUARDIA</b>				<b>8.00 AM</b>

*Nota.* En la Figura 16 podemos observar todas las actividades presentes dentro de los cuatro ciclos diarios de minado, empezando a las 8.00 AM y finalizando a las 8.00 AM del otro día.

**Figura 17**

*Vista planta - Mina la soledad*



Luego de 17 días según cronograma para la identificación de las labores y mapeo en general se presenta un avance total de 21.32 ml desde el 26-04-2023 al 04-05-05.

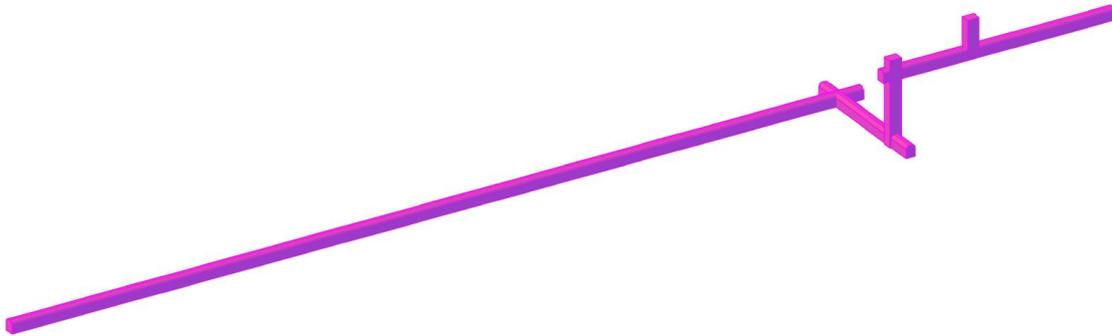
**Figura 18.**

*Vista de perfil - Mina la soledad*



## Figura 19

Vista en 3D - Mina la soledad



*Nota.* El diseño de voladura para el método de circado consta de 21 taladros perforados de 4ft de longitud, un arranque simple con cuatro cargados y uno de alivio, diámetros de broca de 36 y 38 mm para los alivios y taladros de producción respectivamente. El factor de carga para este método de circado es 1.20 kg/m<sup>3</sup> de explosivo

## Figura 20

*Distribución de carga explosiva para frente 1.4x1.8 - Método de circado*

DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA PARA FRENTE 1.4 X 1.8 - METODO DE CIRCADO JACK LEG						
DESCRIPCION	N°TALADROS	CARGA PROMEDIO POR TALADRO				
		SEMEXA 65	P.TALADRO	KG/TAL	TOTAL KG	
Alivio	1	0	0	0	0	
Arranque	4	4	3/4	0.325	0.325	
Ayuda	4	16	3/4	0.325	1.299	
Cuadradores	2	6	3/4	0.325	0.487	
Corona	2	6	3/4	0.325	0.487	
Arrastre	3	12	3/4	0.325	0.974	
Produccion	5	15	3/4	0.325	1.218	
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>44</b>			<b>3.571</b>	
<i>FACTOR DE CARGA</i>		<i>1.20</i>		<i>kg/m<sup>3</sup></i>		
<i>TIPO DE ROCA</i>		<i>2 - A</i>				

## Figura 21

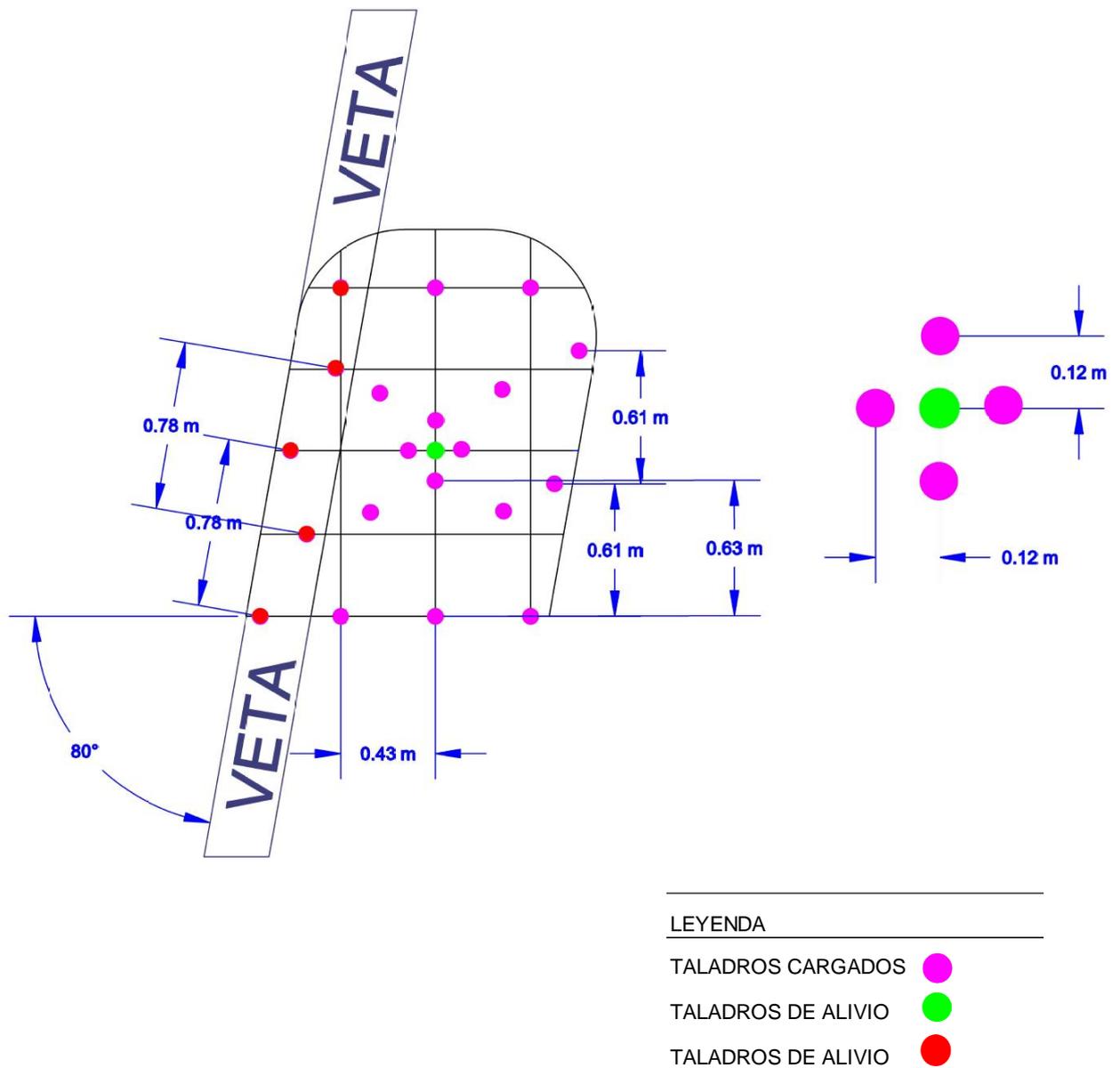
### *Datos de perforación método de circado*

DATOS DE PERFORACION	
Longitud de taladro	4 ft
Eficiencia de perforacion	98% (1.18 m)
Densidad de la roca	2.92 kg/m <sup>3</sup>
Maquina perforadora	RNP 250
Diametro de broca 1	36 mm
Diametro de broca 2	38 mm

*Nota.* En la Figura 21 se muestra los principales datos de perforación para el método circado, podemos resaltar que la eficiencia del disparo es del 98% que viene siendo 1.18 m de los 1.20 m que mide el barreno.

**Figura 22**

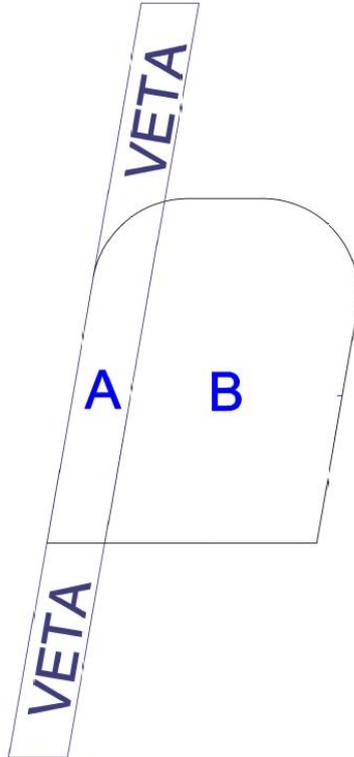
*Malla de perforación - método de circado*



*Nota.* La malla de perforación para el método circado se muestra en la figura 19, para aprovechar el buzamiento de la veta se inclinó la labor 80 ° al hastial derecho, dejando a la veta al hastial izquierdo.

### Figura 23

Áreas de la sección 1.4x1.8 - Método de circado



*Nota.* Las Características del cuerpo mineralizado son las mismas que se muestran en la figura 20, un buzamiento de  $80^\circ$  una dirección de  $53^\circ$  NE una roca encajonante muy competente Tipo II – A y una ley promedio de 15 g/tn cuya potencia promedio es de 0.30 m. El método circado es selectivo al momento del disparo, esto hace que prácticamente no haya ningún tipo de dilución debido a que primero se dispara el desmonte y luego el mineral.

**Tabla 13***Producción turno día - 1.4 x 1.8*

TURNO DIA -FRENTE 1.4 X 1.8-Método de circado								
Fecha	Ciclo 1-4 ft				Ciclo 2-4ft			
	Estéril (Tn)	sacos de mineral (un)	Mineral (Tn)	Avance (metro lineal)	Estéril (Tn)	sacos de mineral (un)	Mineral (Tn)	Avance (metro lineal)
	6,353	38	3,421	107	6,500	38	3,400	104
<b>6/15/2023</b>	6,043	39	3,549	105	6,200	40	3,600	106
<b>7/5/2023</b>	6,029	45	4,019	11	5,500	48	4,300	106
<b>8/5/2023</b>	6,468	50	4,494	12	5,800	41	3,650	111
<b>9/5/2023</b>	5,934	48	4,297	112	6,000	46	4,100	111
<b>10/5/2023</b>	6,230	42	3,818	11	6,100	47	4,200	105
<b>11/5/2023</b>	6,018	43	3,848	108	5,800	37	3,320	108
<b>12/5/2023</b>	5,962	42	3,812	107	6,300	42	3,810	101
<b>13/5/2023</b>	5,890	40	3,610	104	5,300	44	3,940	104
<b>14/5/2023</b>	5,700	42	3,800	104	5,700	41	3,650	108
<b>Total</b>	60,628	430	38,669	10,870	59,200	422	37,970	10,640

*Nota.* Para la explotación de este frente de 1.4 x1.8 m se divide la secuencia de disparo, empezando por el estéril representado por la letra B, posteriormente luego de realizar la limpieza se procede a disparar toda la veta representada por la letra A.

**Tabla 14***Producción turno noche - 1.4 x 1.8*

TURNO NOCHE- FRENTE 1.4 X 1.8-Metodo de circado								
Fecha	Ciclo 1-4ft				Ciclo 2 -4ft			
	Estéril (Tn)	Sacos de Mineral (Tn)	Mineral (Tn)	Avance (Metro Lineal)	Estéril (Tn)	Sacos de Mineral (Tn)	Mineral (Tn)	Avance (Metro Lineal)
5/5/2023	6,235	37	3,357	1.05	6,020	42	3,780	1.05
6/5/2023	5,985	39	3,515	1.04	6,060	40	3,640	1.02
7/5/2023	5,591	41	3,727	1.02	5,800	46	4,180	1.01
8/5/2023	5,713	44	3,970	1.06	5,900	45	4,060	1.05
9/5/2023	5,828	47	4,220	1.10	5,700	48	4,340	1.02
10/5/2023	5,777	39	3,541	1.02	6,080	44	3,940	0.95
11/5/2023	5,907	42	3,776	1.06	5,900	36	3,230	0.92
12/5/2023	6,018	43	3,848	1.08	6,120	44	4,000	1.10
13/5/2023	5,834	40	3,575	1.03	5,700	39	3,550	1.05
14/5/2023	5,536	41	3,691	1.01	6,300	34	3,030	1.06
<b>Total</b>	<b>58,423</b>	<b>414</b>	<b>37,221</b>	<b>10.47</b>	<b>59,580</b>	<b>419</b>	<b>37,750</b>	<b>10,230</b>

**Tabla 15***Producción de mineral - Método de circado*

<b>Mineral producido -Método de circado</b>					
	<b>Turno día</b>			<b>Turno Noche</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Ciclo 1D</b>	<b>Ciclo2D</b>	<b>Ciclo1N</b>	<b>Ciclo 2N</b>	<b>Sub total</b>
<b>5/5/2023</b>	3,421	3,400	3,357	3,780	13,958
<b>6/5/2023</b>	3,549	3,600	3,515	3,640	14,304
<b>7/5/2023</b>	4,019	4,300	3,727	4,180	16,226
<b>8/5/2023</b>	4,494	3,650	3,970	4,060	16,174
<b>9/5/2023</b>	4,297	4,100	4,220	4,340	16,957
<b>10/5/2023</b>	3,818	4,200	3,541	3,940	15,499
<b>11/5/2023</b>	3,848	3,320	3,776	3,230	14,174
<b>12/5/2023</b>	3,812	3,810	3,848	4,000	15,470
<b>13/5/2024</b>	3,610	3,940	3,575	3,550	14,676
<b>14/5/2024</b>	3,800	3,650	3,691	3,030	14,171
<b>Total</b>	<b>38,669</b>	<b>37,970</b>	<b>37,221</b>	<b>37,750</b>	<b>151,610</b>

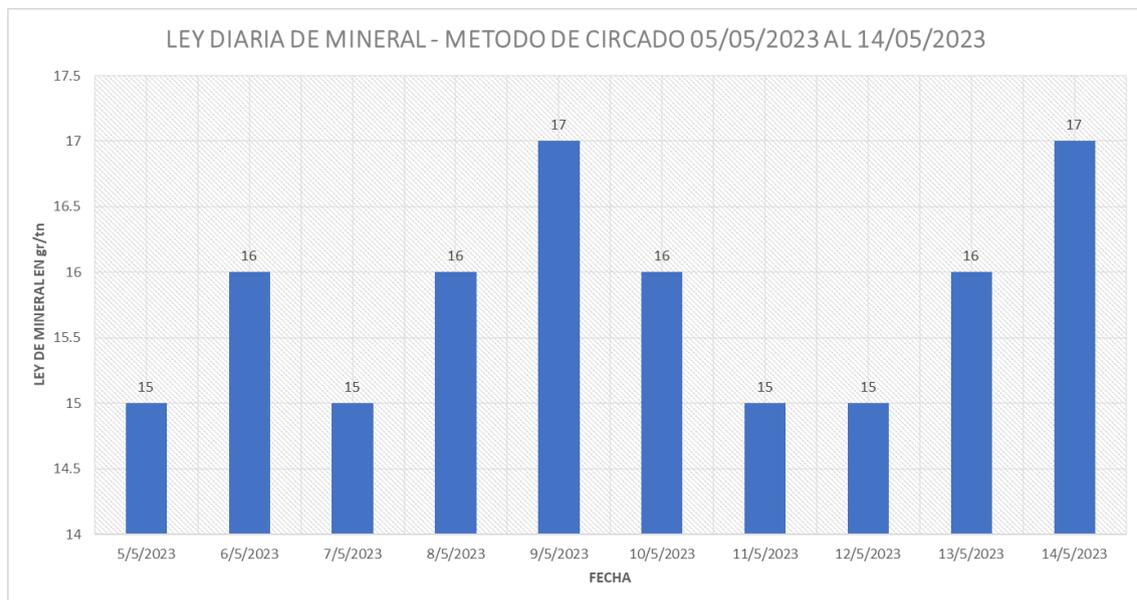
**Figura 24**

*Producción diaria de mineral - Método de circado*



**Figura 25**

*Ley diaria de mineral - Método de circado*

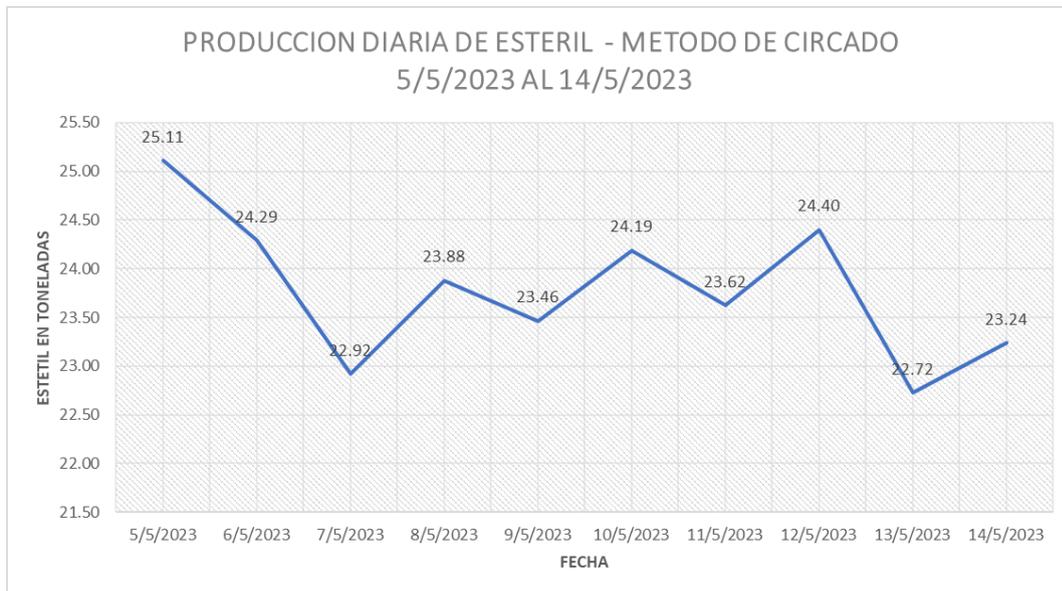


**Tabla 16***Producción de estéril - Método de circado*

<b>Estéril producido -Método de circado</b>					
	<b>Turno día</b>			<b>Turno noche</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Ciclo 1D</b>	<b>Ciclo2D</b>	<b>Ciclo1N</b>	<b>Ciclo 2N</b>	<b>Sub total</b>
<b>5/5/2023</b>	6,353	6,500	6,235	6,020	25,108
<b>6/5/2023</b>	6,043	6,200	5,985	6,060	24,288
<b>7/5/2023</b>	6,029	5,500	5,591	5,800	22,920
<b>8/05/2023</b>	6,468	5,800	5,713	5,900	23,881
<b>9/5/2023</b>	5,934	6,000	5,828	5,700	23,462
<b>10/5/2023</b>	6,230	6,100	5,777	6,080	24,187
<b>11/5/2023</b>	6,018	5,800	5,907	5,900	23,625
<b>12/05/2023</b>	5,962	6,300	6,018	6,120	24,401
<b>13/05/2023</b>	5,890	5,300	5,834	5,700	22,724
<b>14/05/2023</b>	5,700	5,700	5,536	6,300	23,236
<b>Total</b>	<b>60,628</b>	<b>59,200</b>	<b>58,423</b>	<b>59,580</b>	

**Figura 26**

*Producción de estéril - Método de circado*



**Tabla 17**

*Resumen de costos unitarios - Método de circado*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
SUB NIVEL DE PRODUCCION 1- EXPLOTACION METODO DE CIRCADO								
PARTIDA	SUB NIVEL 1	FECHA	14/05/2022	E. DISPARO	94%			
EQUIPO	JACK LEG RNP 250	Nº TALADROS	20	EXPLOSIVO	SEMEXSA 65			
SECCION	1.4m*1.8m	L. BARRENO	4 ft	DENSIDAD ROCA	2.92kg/n3			
VOLUMEN	2.721m3	L. EFECTIVA	1.18 m. L.	DENSIDAD ORE	4.33 gr/cm3			
FACTOR DE CARGA	1.20kg/m3	AVANCE	1.12 m. L.	TIPO DE ROCA	2-A			
TALADROS VACIOS	1	F. ESPONJAMIENTO	31%					
ITEM	DESCRIPCION	PART.	UNL.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P. PARCIAL S/.	SUB TOTAL	TOTAL
<b>1</b>	<b>MANO DEOBRA</b>							
	Maestro perforista	0.625	h-h	5	14	70	62.50	
	Ayudante perforista	0.625	h-h	5	11	55	49.11	
	Ayudante perforista	0.625	h-h	5	11	55	49.11	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	
	Ayudante de mina	0.625	h-h	5	10	50	44.64	339.29
<b>2</b>	<b>IMPLEMENTOS</b>							
	EPP PERSONAL DE PERFORACION		h-h	20	1.77	35.4	31.61	
	EPP PERSONAL GENERAL		h-h	20	1.66	33.2	29.64	61.25
<b>3</b>	<b>MATERIALES / HERRAMIENTAS</b>							
	Herramientas		g/día	1	20	20	18	18
<b>4</b>	<b>PERFORACION y VOLADURA</b>							
	Barra de 4 ft		m	25.2	1	34.78	31.05	
	Broca de 36 mm		m	25.2	1	29.99	26.78	
	Broca de 38 mm		m	25.2	1	29.99	26.78	
	Manguera de 1" , 50 m		m	50	000	1.00	0.89	
	Manguera de 2", 50 m		m	50	000	1.00	0.89	
	EXPLOSIVO y ACCESORIOS		ciclo	1	371	371	331.63	418
	<b>TOTAL</b>							<b>836.41</b>

*Nota.* En la Tabla 17 muestra los nuevos costos unitarios usados en las operaciones para el método de circado, implementado desde el 5 de mayo del 2023 a la fecha.

**3.3. Contratación de la productividad en las operaciones en cuanto al tiempo, diseño de la mina, perforación y voladura, producción y costos unitarios, el proceso de la dilución y los costos generados de la mina antes de la aplicación del método circado en la veta de la de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.**

**Tabla 18**

*Actividades en el ciclo de minado - M.Convencional vs M.Circado*

ACTIVIDADES EN EL CICLO DE MINADO - METODO CONVENCIONAL VS METODO DE CIRCADO				
METODO CONVENCIONAL			METODO DE CIRCADO	
ITEM	ACTIVIDAD	LUGAR	ACTIVIDAD	LUGAR
1	Perforación y voladura	Interior mina	Perforación y voladura del frente - Estéril	Interior mina
2	ventilación	Interior mina	Ventilación de labor	Interior mina
3	regado de carga	Interior mina	Regado de carga	Interior mina
4	Desate de rocas	Interior mina	Desate de rocas	Interior mina
5	Limpieza de frente	Interior mina	Limpieza de frente del frente - Estéril	Interior mina
6	Acarreo de mineral	Superficie	Acarreo de Estéril	Superficie
7	Pallaqueo de mineral	Superficie	Perforación y voladura del frente - Mineral	Interior mina
8	Clasificación y almacenaje	Superficie	Ventilación de labor	Interior mina
9			Regado de carga	Interior mina
10			Desate de rocas	Interior mina
11			Limpieza de frente del frente - Mineral	Interior mina
12			Acarreo de Mineral	Superficie
13			Clasificación y almacenaje	Superficie

*Nota.* Se observa que para el método circado es necesario agregar 5 actividades en el ciclo de minado, debido a que la explotación se hace en dos partes primero el estéril y luego el mineral.

## Tabla 19

### Resumen de tiempos - M. Convencional vs M. Circado

RESUMEN DE TIEMPOS-METODO CONVENCIONAL VS METODO CIRCADO				
DESCRIPCION	TIEMPO EN HORAS		TIEMPO EN MINUTOS	
	M. CONVENCIONAL	M.CIRCADO	M. CONVENCIONAL	M.CIRCADO
CICLO DE MINADO	4.37	4.61	263	288
TRABAJOS EN SUPERFICIE	6.96	2.64	420	160

*Nota.* En la tabla de 19 podemos observar que los trabajos en superficie demandan muchas más horas con respecto al método de circado 4.32 h más, el tiempo para el ciclo de minado en interior mina podemos observar que el método de circado es 0.24 h más tardado.

## Tabla 20

### Datos de perforacion y voladura - M.Convencional vs M. Circado

DATOS DE PERFORACION Y VOLADURA-M. CONVENCIONAL VS M. CIRCADO		
	M. CONVENCIONAL	M. CIRCADO
Taladros perforados	21	21
Alivios	4	1
Factor de carga	1.67 kg/ m3	1.20 kg/ m3

*Nota.* En la tabla 20 se puede observar que para los dos métodos se usan 21 taladros para el frente no obstante en el método convencional se usan 4 taladros de alivio mientras que en el método de circado solo 1, con respecto al factor de carga hay una baja considerable para el método de circado 0.47 kg/m3 de explosivo

### 3.4. Evaluación de la dilución de mineral con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

**Tabla 21**

*Dilución de mineral - M. Convencional vs M. Circado*

DILUCION DE MINERAL-M. CONVENCIONAL VS M. CIRCADO		
	M. CONVENCIONAL	M. CIRCADO
PORCENTAJE DE DILUCION	71.25%	0

*Nota.* En la tabla 21 podemos observar que la dilución en el método de circado es 0% en comparación a los 71.25 % que presenta el método convencional.

**Tabla 22**

*Mineral producido - M.Convencional vs M.Circado*

PRODUCCION-M. CONVENCIONAL VS M. CIRCADO		
	M. CONVENCIONAL	M. CIRCADO
TONELADAS DE MINERAL	142.60%	151.6
TONELADAS DE DESMONTE	241.1	237.8

*Nota.* En la tabla 22 podemos observar que hay un aumento de 6 tn en la producción de mineral y una disminución de 3.3 tn de estéril.

**Figura 27**

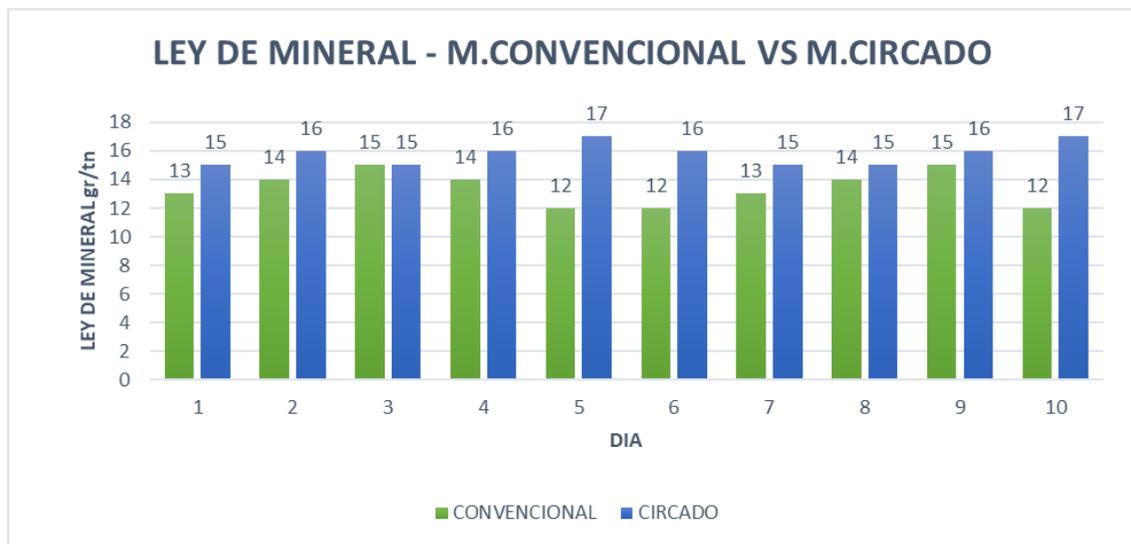
*Ley de mineral - M.Convencional vs M.Circado*

<b>LEY DE MINERAL - M.CONVENCIONAL VS M.CIRCADO</b>				
	<b>M.CONVENCIONAL</b>		<b>M. CIRCADO</b>	
<b>DIA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LEY DE MINERAL gr/tn</b>	<b>FECHA</b>	<b>LEY DE MINERAL gr/tn</b>
1	26/4/2023	13	5/5/2023	15
2	27/4/2023	14	6/5/2023	16
3	28/4/2023	15	7/5/2023	15
4	29/4/2023	14	8/5/2023	16
5	30/4/2023	12	9/5/2023	17
6	31/4/2023	12	10/5/2023	16
7	1/5/2023	13	11/5/2023	15
8	2/5/2023	14	12/5/2023	15
9	3/5/2023	15	13/5/2023	16
10	4/5/2023	12	14/5/2023	17

*Nota.* En la Figura 27 podemos observar la comparación de leyes con respecto a la producción diaria desde el 26/04/2023 hasta el 4/05/2023 que corresponde al método convencional y desde el 5/5/2023 hasta el 14/5/2023 que corresponde al método de circado, en la ilustración podemos observar la variación que presenta dichas leyes con respecto a los dos métodos.

**Figura 28**

*Ley de mineral - Convencional vs Mecanizado*



**3.5. Evaluación de los costos en las operaciones unitarias con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.**

**Tabla 23**

*Costo por ML - Convencional vs Circado*

<b>COSTO ML(S/.)-M. CONVENCIONAL VS M. CIRCADO</b>			
	<b>M. CONVENCIONAL</b>	<b>M. CIRCADO</b>	<b>DIFERENCIA</b>
<b>COSTO POR ML (S/)</b>	993.10	836.41	<b>156.7</b>

*Nota.* En la tabla 23 se muestra que la diferencia en el costo por ml entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

De acuerdo a la hipótesis, se comprobó que el método de explotación de circado permite el incremento de la productividad en vetas angostas en la mina debido a que la dilución en el método de circado es en 0%, en comparación a los 71.25 % que presenta el método tradicional. Así también, la diferencia en el costo por ml entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles, favoreciendo a mejores índices de productividad. Por tanto, el método de explotación de una mina tiene una influencia significativa en su productividad. La elección del método adecuado puede afectar la eficiencia, los costos operativos, la seguridad, la recuperación del mineral y el impacto ambiental. Es importante que los equipos de gestión minera evalúen cuidadosamente las condiciones geológicas, económicas y ambientales antes de tomar una decisión sobre el método de explotación a utilizar. La elección adecuada puede mejorar la productividad y la rentabilidad de la mina a lo largo del tiempo. Los resultados son similares a los de Acosta (2019), quien halló que el método circado ha mejorado las operaciones mineras, aumentando la ley mineral de 0,5 a 0,8 oz troy/TM y disminuyendo la dilución a 0,6 oz/TM. Se determinó que el método Circado logró una buena perforación y vaporización, lo que permitió un aumento en la ley del mineral, la claridad y, lo que es más importante, la producción en la operación minera. Asimismo, con el de Falen (2018), quien determinó que, en comparación con un método de volatilidad de tajo, el método de circado ha recuperado un 17 % más de mineral por tonelada, ha reducido los costos de explosivos en un 21 % y ha aumentado la producción. Como consecuencia, podemos decir que el método circado ha producido resultados satisfactorios en todos los aspectos, incluidos el costo, la producción y la ley mineral.

En cuanto a los objetivos específicos, se halló que como actividades se da la perforación y voladura, ventilación, regado de carga, desate de rocas, limpieza de frente, acarreo de mineral, pallaqueo de mineral, clasificación y almacenaje. Además, todo el ciclo consta de 4.37 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 6.96 horas. El diseño de voladura actual consta de 21 taladros perforados, un arranque simple con cuatro taladros de alivio y diámetros de broca de 36 y 38 mm. Asimismo, los costos unitarios de las operaciones, para avanzar un metro lineal con sección de 1.4 x 1.8 teniendo como tipo de roca la II – A se tiene 993.11 soles para cada metro lineal. Así lo confirma Vega (2019), quien nos dice que la aplicación inadecuada de las técnicas mineras, la falta de equipos adecuados, el bajo precio de los metales, el cansancio de los trabajadores, los procedimientos inadecuados, el cambio de guardia y otros factores han afectado las operaciones mineras. ' productividad, siendo el aumento de la opacidad el más significativo.

De otra manera, se determinó que todo el ciclo consta de 4.61 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 2.64 horas para el método de circado, cabe resaltar que algunos trabajos se hacen de manera simultánea ver ilustración 16 y que al día se hacen 4 ciclos completos. Además, se necesita solamente 4 personas para llenar los carros sin ninguna otra actividad a realizar el resto de personal se dedica al mismo tiempo a transportar los carros u35 desde el frente hasta la superficie. Asimismo, las actividades presentes dentro de los cuatro ciclos diarios de minado, empezando a las 8.00 AM y finalizando a las 8.00 AM del otro día. Esto es confirmado por los hallazgos de Acosta (2019), quien muestra que el método de explotación circado ha mejorado las operaciones mineras con respecto a la reducción de la dilución, la mejora de la ley del mineral y el aumento de la producción. El método circado optimiza la perforación y la volatilidad, lo que tiene un efecto beneficioso sobre la claridad.

Asimismo, se identificó que para el método circado es necesario agregar 5

actividades en el ciclo de minado, debido a que la explotación se hace en dos partes primero el estéril y luego el mineral. Asimismo, los trabajos en superficie demandan muchas más horas con respecto al método de circado 4.32 h más, el tiempo para el ciclo de minado en interior mina podemos observar que el método de circado es 0.24 h más tardado. Esto es confirmado por los hallazgos de Acosta (2019), quien muestra que el método de explotación circado ha mejorado las operaciones mineras con respecto a la reducción de la dilución, la mejora de la ley del mineral y el aumento de la producción. El método circado optimiza la perforación y la volatilidad, lo que tiene un efecto beneficioso sobre la claridad.

Por otro lado, la dilución en el método de circado es 0% en comparación a los 71.25 % que presenta el método convencional. La dilución del mineral se evaluó por el método circado, y los resultados mostraron que los valores de dilución fueron menores a los obtenidos por el método convencional, lo que se tradujo en una mayor productividad en la mina La Soledad. Los hallazgos son similares a los de Aliboy (2020) quien señaló que el método circado se utiliza en las vevas de angosta extraídas selectivamente; asimismo, la primera voladura extrae el estéril y la segunda extrae el mineral; esto baja el porcentaje de dilución y mejora la estabilidad; finalmente, comprender las propiedades geofísicas y químicas de las arvejas es fundamental para lograr avances en los métodos del circado. El alto porcentaje de dilución causado por el contacto directo entre el mineral volado y la roca rota también es destacado por Tao et al. (2019), lo que sugiere que este es el principal problema que enfrentan las empresas mineras y justifica la búsqueda de la mejor técnica o método para la reducción de la dilución.

Se evidenció que la diferencia en el costo por metro lineal (ml) entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles. De acuerdo con la evaluación de los costos de voladura de minerales utilizando el método circado, se ha demostrado que los valores de los costos de voladura en los meses de agosto a enero fueron inferiores a los de los meses

anteriores, lo que resultó en una mejora de la viabilidad de la mina. Falen (2019) respalda esto al mostrar que los costos disminuyen en un 21% en términos de explosivos a lo largo del proceso de explotación de circado y, como consecuencia, la producción aumenta, cuando el método de explotación de circado arroja resultados favorables en términos de costo, producción y ley mineral. Según Alibov (2020), en conejos de angora explotados selectivamente se utiliza el método circado, lo que se traduce en un menor porcentaje de dilución y, por tanto, una mayor estabilidad.

En cuanto a las limitaciones, estas están sujetas a la poca existencia de investigaciones sobre el tema, y pese a que el circado como método ha sido relevante en la minería, son escasos los estudios concluyentes respecto a su incidencia en la productividad, puesto que se encuentran basados en las operaciones mineras y no en criterios como la dilución y la minimización de costos de explotación.

Este tipo de explotación de circado se recomienda a intervalos regulares mientras la mineralización o las vetas minerales apuntan hacia el techo de la veta angosta. Asimismo, se deben realizar estudios geo mecánicos para aprender sobre el comportamiento de la roca, y se debe verificar el tipo de roca antes de realizar cualquier marca. De otro modo, se recomienda un programa de orientación organizado para educar a los empleados sobre temas de seguridad y salud en el lugar de trabajo. Para garantizar que todos los empleados estén seguros en el trabajo, se recomienda realizar un diagnóstico exhaustivo y un control de seguridad y comunicar los resultados al personal apropiado. Finalmente, se deben buscar alternativas a los equipos de minería tradicionales, ya que esto ahorraría tiempo durante ciertas tareas, así como se recomienda que un ingeniero de seguridad de la mina controle, analice y administre todas las operaciones que ocurren aquí.

## 4.2. Conclusiones

1. Se comprobó que el método de explotación de circado permite el incremento de la productividad en vetas angostas en la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023, esto a razón de que, si bien es cierto el método de circado amerita mayores procedimientos, la dilución en el método de circado es en 0%, en comparación a los 71.25 % que presenta el método convencional. Asimismo, la diferencia en el costo por ml entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles, lo cual contribuye significativamente a la mejora de la productividad.
2. Se estableció que el proceso de extracción de mineral desde interior mina a superficie, consta de las siguientes actividades: Perforación y voladura, ventilación, regado de carga, desate de rocas, limpieza de frente, acarreo de mineral, pallaqueo de mineral, clasificación y almacenaje. Además, todo el ciclo consta de 4.37 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 6.96 horas. El diseño de voladura actual consta de 21 taladros perforados, un arranque simple con cuatro taladros de alivio y diámetros de broca de 36 y 38 mm. Asimismo, los costos unitarios de las operaciones, para avanzar un metro lineal con sección de 1.4 x 1.8 teniendo como tipo de roca la II – A se tiene 993.11 soles para cada metro lineal.
3. Se determinó que todo el ciclo consta de 4.61 horas y los trabajos en superficie y transporte constan de 2.64 horas para el método de circado, cabe resaltar que algunos trabajos se hacen de manera simultánea ver ilustración 16 y que al día se hacen 4 ciclos completos. Además, se necesita solamente 4 personas para llenar los carros sin ninguna otra actividad a realizar el resto de personal se dedica al mismo tiempo a transportar los carros u35 desde el frente hasta la superficie. Asimismo, las actividades presentes dentro de los cuatro ciclos diarios de minado, empezando a las

8.00 AM y finalizando a las 8.00 AM del otro día.

4. Se identificó que para el método circado es necesario agregar 5 actividades en el ciclo de minado, debido a que la explotación se hace en dos partes primero el estéril y luego el mineral. Asimismo, los trabajos en superficie demandan muchas más horas con respecto al método de circado 4.32 h más, el tiempo para el ciclo de minado en interior mina podemos observar que el método de circado es 0.24 h más tardado.
5. Se determinó que la dilución en el método de circado es 0% en comparación a los 71.25 % que presenta el método convencional.
6. Se evidenció que la diferencia en el costo por ml entre el método convencional y el de circado es de 156.7 soles.

## REFERENCIAS

- Abdellah, W. R. E., Hefni, M. A., & Ahmed, H. M. (2020). Factors Influencing Stope Hanging Wall Stability and Ore Dilution in Narrow-Vein Deposits: Part 1. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(2), 1451–1470.  
<https://doi.org/10.1007/s10706-019-01102-w>
- Acosta, R. (2019). Explotación de vetas angostas con método de circado – corte y relleno ascendentes para mejorar productividad – Unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C – 2019. [Tesis de título para Ingeniero de minas, Universidad Nacional de Minas].  
[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5892/T010\\_43889558\\_T\\_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5892/T010_43889558_T_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Adoko, A. C., Yakubov, K., & Alipov, A. (2019). A quantitative estimation of open stope walls overbreak and slough in longhole blasting mining. In *5th ISRM Young Scholars' Symposium on Rock Mechanics and International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future, YSRM 2019* (pp. 549–554). International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.
- Alipov, A y Adoko, A. (2020). Influence of Stope Geometry on Sloughing and Dilution in Open Stope Mining. American Rock Mechanics Association. Vol. 35.  
<https://www.onepetro.org/conference-paper/ARMA-2020-1808>
- An, L., Wang, R. D., Hou, P. Y., & Liang, R. Y. (2019). Caving Mining of Steeply Inclined Narrow Veins and Supporting Mechanism of Caved Rock. *Dongbei Daxue*

*Xuebao/Journal of Northeastern University*, 40(2), 278–283.

<https://doi.org/10.12068/j.issn.1005-3026.2019.02.024>

Arteaga, J. G. (2021). *Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.*

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2232>

Atorga, R; Cerda, E; Duarte, O; Kleeberg, F; Meller, P; Molina, O; Parodi, P y Sáez, R. (2019). Sector minero en el Perú. Productividad, competitividad e innovación.

[http://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/09/MOLINA-sintesis-ejecutiva-mineria-Peru\\_web\\_compressed-1.pdf](http://www.cieplan.org/wp-content/uploads/2019/09/MOLINA-sintesis-ejecutiva-mineria-Peru_web_compressed-1.pdf)

Aydin, H. (2020). Fifty years of copper mining: the US labor productivity. *Mineral Economics*, 33(1–2), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s13563-018-00167-y>

Belizario-Calsin, M., Condori-Cardenas, R., Pehovaz-Alvarez, H., Raymundo-Ibanez, C., & Perez, M. (2020). Empirical and Numerical Finite-Element-Based Model to Improve Narrow Vein Mine Design in Peruvian Mining. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 758). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/758/1/012014>

Blunt, J., Ganza, P., & Moss, D. (2015). Specialised equipment and mining techniques for narrow vein mining. In *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series*, 225–234.

Bouwmeester, P., Tuck, M., Koroznikova, L., & Durkin, S. (2020). Thermal Fragmentation

as a Possible, Viable, Alternative Mining Method in Narrow Vein

Mining? *Mining, Metallurgy and Exploration*, 37(2), 605–618.

<https://doi.org/10.1007/s42461-019-00155-y>

Calua, F. (2019). Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cía. Minería Coimolache S.A. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3114/TESIS%20FREDDY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cheban, A. Y. (2021). Mixed work-face narrow vein mining. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2021(6), 145–152.

[https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2021\\_6\\_0\\_145](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_6_0_145)

Chen, T., & Mitri, H. S. (2021). Strategic sill pillar design for reduced hanging wall overbreak in longhole mining. *International Journal of Mining Science and Technology*, 31(5), 975–982. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.09.002>

Chen, T., & Mitri, H. S. (2021). Strategic sill pillar design for reduced hanging wall overbreak in longhole mining. *International Journal of Mining Science and Technology*, 31(5), 975–982. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.09.002>

Chipana, R. (2015). Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la galería progreso de la contrata minera Cavilquis – Corporación minera Ananea S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1937>

Curasma, N. y Quispe, R. (2019). Optimización del proceso de minado y de los costos de explotación en las labores del nivel 610 Unidad Julcani – compañías de minas Buenaventura S.A.A. – Huancavelica. [Tesis de título para Ingeniero de minas, Universidad Nacional de Huancavelica].

<https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3219/TESIS-2019-ING.%20MINAS-CURASMA%20CASAVILCA%20Y%20QUISPE%20BUENDIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

de Solminihac, H., Gonzales, L. E., & Cerda, R. (2018). Copper mining productivity: Lessons from Chile. *Journal of Policy Modeling*, 40(1), 182–193.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2017.09.001>

Durrant-Whyte, H., Geraghty, R., Pujol, F., & Sellschop, R. (2015). How Digital Innovation Can Improve Mining Productivity. *McKinsey & Company Insights*, (November), 1–13.

Falen, J. (2018). Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la minería artesanal de la comunidad campesina de Llacuabamba – Parcoy – Pataz – La Libertad. [Tesis de título para Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de Trujillo].

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3854/FALEN%20SANCHEZ%20JORGE%20EVERARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gálvez, D. (2014). Optimización of dewatering Systems for mineral processing. *Minerals Engineering*. Vol. 63.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687514000363>

Gao, F., Zhou, K., Deng, H., Yang, N., & Li, J. (2015). Design and application of an efficient mining method for gentle-dipping narrow vein at Kafang Mine (pp. 293–305). Australian Centre for Geomechanics. [https://doi.org/10.36487/acg\\_rep/1511\\_17\\_gao](https://doi.org/10.36487/acg_rep/1511_17_gao)

García, D. (2019). Selección de método de explotación y su impacto en la productividad en la mina es Extraño UEA Copemina – 2019. [Tesis de título para Ingeniero de Minas, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayonlo]. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4258/T033\\_7017645\\_5\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4258/T033_7017645_5_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Humphreys, D. (2020). Mining productivity and the fourth industrial revolution. *Mineral Economics*, 33(1–2), 115–125. <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00172-9>

Jang, H. et. al. (2015). Unplanned dilution and ore loss prediction in longhole stoping mines via multiple regression and artificial neural network analyses. *J.S. Afr. Inst. Min. Metall.* Vol. 115, N°5, [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S222562532015000500018](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222562532015000500018)

Klein, B., Hall, R., Scoble, M., & Dunbar, W. S. (2003). Simulation of integrated underground mining-processing. *Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries, SAIMM*, 481–486.

- Larsen, P., Cyr, R., & Quesnel, W. (1990). Application of longhole drilling methods for narrow vein mining. *CIM Bulletin*, 83(937), 35–40. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)91498-v](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)91498-v)
- Lin, B., & Sai, R. (2022). Has mining agglomeration affected energy productivity in Africa? *Energy*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122652>
- Mena, A. (2012). Planeamiento de minado subterráneo para vetas angostas: caso de practico; mina Esperanza de Caraveli de Compañía Minera Titán S.R.L. [Tesis de título para Ingeniero de minas, Pontificia Universidad Católica del Perú]. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1753/MENA\\_ALEJANDRO\\_MINADO\\_SUBTERRANEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1753/MENA_ALEJANDRO_MINADO_SUBTERRANEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Morin, M., Bamber, A., & Scoble, M. (2004). System Analysis and Simulation of Narrow Vein Mining Method with Underground. *Production*, 1–14.
- Nday, I. N. M., & Thomas, H. (2019). Optimization of the cycle time to increase productivity at Ruashi Mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 119(7), 631–638. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/624/2019>
- Ngoma, N. y Mutambo, V. (2020). Factors influencing ore recovery and Unplanned dilution in sublevel open stopes. Case study of Shaft N°4 at Konkola mine, Zambia. *Geology*. Vol. 8, <https://www.uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/25>
- Osei-Asare, Y. B., Ansah, M. O., Mensah-Bonsu, A., & Kuwornu, J. K. M. (2018). Effect of gold mining on total factor productivity of farmers: Evidence from Ghana. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(2), 327–340.

<https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.2.08>

Paraszczak, J., & Planeta, S. (2019). Feasibility of Narrow Vein Mining Using a Mechanical Rock Splitter. In *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series*, 415–422.

Prokopenko, V. I., Pilov, P. I., Cherep, A. Y., & Pilova, D. P. (2020). Managing mining enterprise productivity by open pit reconstruction. *Eurasian Mining*, 2020(1), 42–46. <https://doi.org/10.17580/em.2020.01.08>

Rupprecht, S. M. (2019). The potential benefits of throw blasting south African underground mines. In *IMCET 2019 - Proceedings of the 26th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, 593–602. Baski.

Salgado-Medina, L., Núñez-Ramírez, D., Pehovaz-Alvarez, H., Raymundo, C., & Moguerza, J. M. (2019). Model for dilution control applying empirical methods in narrow vein mine deposits in Peru. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 971, pp. 435–445). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20494-5\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20494-5_41)

Syed, A., Grafton, R. Q., Kalirajan, K., & Parham, D. (2015). Multifactor productivity growth and the Australian mining sector. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 59(4), 549–570. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12122>

Tao, G. et. al. (2019). A new diversion drawing technique for controlling ore loss and dilution during longitudinal sublevel caving. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. vol. 113.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1365160918305434>

Vega, J. (2019). Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora de métodos en una empresa minera. [Tesis de título para Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].  
[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11297/Vega\\_rj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11297/Vega_rj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Xu, S., An, L., Feng, X. T., Dong, J. K., & Li, Y. H. (2013). Research on granular flow laws of caved ore and rock for steeply dipping thin vein. *Caikuang Yu Anquan Gongcheng Xuebao/Journal of Mining and Safety Engineering*, 30(4), 512–517.

Yu, J., Dai, X. G., & Huang, R. D. (2020). The technique of continuous mining and filling in deep well. *Zhongnan Gongye Daxue Xuebao/Journal of Central South University of Technology*, 31(6).

## ANEXOS

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**ESTUDIANTE(S):** Campos Domínguez, Brindis Bladimir / Domínguez Henríquez, Rober

**TÍTULO: MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE CIRCADO PARA INCREMENTARLA PRODUCTIVIDAD EN VETAS ANGOSTAS EN LA MINA LA SOLEDAD, RETAMAS – PARCOY, 2023**

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿De qué forma el método de explotación de circado influye positivamente en el incremento de la productividad en vetas angostas de la mina La Soledad, Retamas– Parcoy, 2023?	Finalmente, la hipótesis de investigación es que la aplicación del método de explotación circado mejora significativamente la productividad de la veta de la mina La Soledad.	<b>GENERAL:</b> Evaluar el método de explotación de circado para incrementar la productividad en vetas angostas en la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.	VARIABLE: Independiente  Método de Explotación de Circado	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Diseño:</b> No experimental <b>Técnica:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis documental</li> <li>• Observación</li> </ul> <b>Instrumento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía de análisis documental</li> <li>• Libreta y formatos de campo</li> </ul> <b>Método de análisis de datos:</b> Tablas de frecuencia y gráficos en Excel.	POBLACIÓN Labores de Explotación en minera la Soledad.
		<b>ESPECÍFICOS:</b> Efectuar el diagnóstico operacional respecto al ciclo actual de minado, de perforación y voladura, la producción actual y los costos unitarios en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.	VARIABLE: Dependiente  Productividad en Vetangostas	MUESTRA  Vetas angostas minera la Soledad	
		Aplicar el método de explotación de circado en las operaciones en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.  Contrastar la productividad en las operaciones en cuanto al tiempo, diseño de la mina, perforación y voladura, producción y costos unitarios, el proceso de la dilución y los costos generados de la mina antes de la			

---

aplicación del método circado en la veta de la de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

Evaluar la dilución de mineral con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

Evaluar los costos en las operaciones unitarias con la aplicación del método de explotación circado en la veta de la mina la Soledad, Retamas – Parcoy, 2023.

---

## ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**ESTUDIANTE(S):**

**TÍTULO:**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>Productividad en Vetas Angostas</p>	<p>Maximizar y recuperar las reservas de mineral, en vetas angostas que sean económicamente factibles, rentables y seguros, reducción de la sobre dilución y el costo de minado (Villanueva Hualla, 2018)</p>	<p>la productividad es una medida de la relación entre factores de entrada y salida, es decir, esta tiene en cuenta elementos importantes relacionados con los insumos utilizados en los procesos a costos de producción, las tecnologías y las innovaciones, así como también bienes o servicios finales; convirtiéndose en un herramienta indispensable para la mejora continua y competitividad de las empresas mineras (Morelos-Gómez &amp; Nuñez-Bottini, 2017)</p>	<p>Cantidad</p> <p>Costos</p>	<p>Volumen</p> <p>Tonelaje</p> <p>Productividad</p> <p>Rendimiento</p> <p>Costos unitarios</p>	<p>Razón</p>
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Método de Explotación de Circado</p>	<p>Método de explotación circado, es un método selectivo la cual consta de perforación, voladura y extracción de la roca que se ubica debajo de caja piso y en la extracción de la roca del lado adyacente según el lado donde se ubica la veta (Concha Huajardo, 2014)</p>	<p>Método de explotación circado, es una técnica que se utiliza en cuanto a la perforación, voladura y extracción de la roca caja piso y adyacente dependiendo de la veta (Concha Huajardo, 2014)</p>	<p>Factores geológicos</p> <p>Factores geomecánicos</p>	<p>Características geológicas de caja piso.</p> <p>Características geológicas de caja techo.</p> <p>Características geomecánicas de caja piso.</p> <p>Características geomecánicas de caja techo.</p>	<p>Nominal</p>

