

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“GESTIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN
BENCH & FILL PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE MINADO DE
UNA MINA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA SUR DEL PERÚ”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN MINERA

ELABORADO POR:
JHON RAFAEL RONDÁN ANDRADE

ASESOR:
M.Sc. CPC. EDWIN JACINTO KU POMAREDA

LIMA – PERÚ

2021

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los profesores de la Maestría de Gestión Minera por su apoyo durante todo el proceso de la Maestría, asimismo a la Universidad Nacional de Ingeniería que me han ayudado a actualizar mis sus conocimientos en el lapso que duraron mis estudios. En especial a mi asesor MBA Edwin Ku Pomareda por su apoyo incondicional para el término de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Carlos y Alejandrina, a mi esposa Andrea y a mis hijos Jhon y Mathías por el apoyo que me han brindado para la obtención de mi título de Maestro en Gestión Minera.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
INDICE DE FIGURA	IX
INDICE DE TABLA	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I : GENERALIDADES	17
1.1 Antecedentes Bibliográficos.....	17
1.1.1 Antecedentes bibliográficos internacionales.....	17
1.1.2 Antecedentes bibliográficos nacionales	19
1.2 Descripción de la Realidad Problemática.....	26
1.2.1 A nivel internacional	26
1.2.2 A nivel nacional	28
1.2.3 A nivel local	32
1.3 Formulación del Problema	33
1.3.1 Problema general.....	33
1.3.2 Problemas específicos	33
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	34
1.4.1 Justificación práctica	34
1.4.2 Justificación personal	34
1.5 Objetivo General	34
1.5.1 Objetivos específicos.....	34
1.6 Hipótesis General	35
1.6.1 Hipótesis específicas	35
1.7 Variables Dependientes e Independientes	36
1.8 Período de Análisis.....	37
CAPITULO II : EL MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	38
2.1 Marco Teórico	38

2.1.1	Método de explotación	38
2.1.1.1	Clasificación de los métodos de explotación subterránea.....	38
2.1.1.2	Consideraciones para la elección del método de explotación	39
2.1.2	Método de explotación Corte y Relleno Ascendente.....	40
2.1.3	Método de explotación Bench & Fill	40
2.1.4	Evaluación de un proyecto	40
2.2	Marco Conceptual	41
2.2.1	Costos	41
2.2.2	Crucero	41
2.2.3	Buzamiento.....	41
2.2.4	Chimenea.....	41
2.2.5	Desmonte.....	41
2.2.6	Dilución.....	41
2.2.7	Drawpoint.....	42
2.2.8	Estudio de impacto ambiental	42
2.2.9	Exploración	42
2.2.10	Explotación.....	42
2.2.11	Footwall (Caja piso)	42
2.2.12	Galería	42
2.2.13	Grizzly (Parrilla)	43
2.2.14	Hanging wall (Caja techo).....	43
2.2.15	Ley.....	43
2.2.16	Nivel	43
2.2.17	Manway	43
2.2.18	Mena.....	44
2.2.19	Ore pass	44
2.2.20	Pique.....	44
2.2.21	Prospecto	44
2.2.22	Rampa.....	44
2.2.23	Rumbo	44
2.2.24	Slot	45
2.2.25	Stope (Tajeo).....	45

2.2.26	Subnivel.....	45
2.2.27	Valor actual neto (VAN).....	45
2.2.28	Vetas.....	45
2.2.29	Wall rock (Roca encajonante).....	45
CAPITULO III : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		46
3.1	Metodología de la Investigación	46
3.1.1	Tipo de Investigación.....	46
3.1.2	Nivel de la Investigación.....	46
3.1.3	Diseño de la Investigación	47
3.1.4	Fuentes de Recolección de Datos.....	47
3.1.4.1	Fuentes primarias.....	47
3.1.4.2	Fuentes secundarias	47
3.2	Desarrollo del Trabajo de Tesis.....	48
3.2.1	Ubicación y Accesos	48
3.2.2	Antecedentes	49
3.2.2.1	Estudio Geomecánico	52
3.2.2.2	Sector NE (Sección NW- SE).....	52
3.2.2.3	Sector Central y Sector SW (Sección NW- SE).....	54
3.2.2.4	Clasificación geomecánica.....	55
3.2.2.5	La problemática del método	58
3.2.2.5.1	Ancho de minado.....	58
3.2.2.5.2	Altura de corte	58
3.2.2.5.3	Las alturas de labores	58
3.2.2.5.4	Resultados de la perforación- voladura	59
3.2.2.5.5	El rendimiento de equipos	59
3.2.2.5.6	El valor del mineral	59
3.2.2.6	Determinación del tipo de sostenimiento	59
3.2.2.6.1	Método empírico sistema Q	61
3.2.2.7	Determinación del tiempo de sostenimiento.....	67
3.2.3	Descripción General del Método de Explotación Actual	69
3.2.3.1	Ciclo de minado.....	72
3.2.3.1.1	Perforación	72

3.2.3.1.2	Voladura	72
3.2.3.1.3	Sostenimiento	75
3.2.3.1.4	Limpieza del mineral.....	75
3.2.3.1.5	Preparación para el relleno	75
3.2.3.1.6	Relleno.....	76
3.2.3.2	Costos de minado.....	78
3.2.3.3	Costo Total.....	79
3.2.4	Método de Explotación Bench & Fill	80
3.2.4.1	Diseño	82
3.2.4.2	Accesos	83
3.2.4.3	Labores de desarrollo y preparación del Bench and Fill.....	86
3.2.4.3.1	Nivel de producción	87
3.2.4.3.2	Nivel Superior de Perforación.....	87
3.2.4.3.3	Rampas	87
3.2.4.3.4	Ventanas de carguío	88
3.2.4.3.5	Subniveles.....	88
3.2.4.3.6	Galerías.....	88
3.2.4.3.7	Chimenea de ventilación	89
3.2.4.3.8	Ore pass	89
3.2.4.3.9	Chimeneas slot	89
3.2.4.4	Operaciones unitarias.....	97
3.2.4.5	Costos de minado.....	97
3.2.4.6	Costo total.....	99
3.2.4.7	Ventajas del Método Bench & Fill	100
3.2.4.8	Desventajas del Método Bench & Fill.....	101
CAPITULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		102
4.1	Estado de Resultados con el Método Actual y con el Método Propuesto.....	102
4.1.1	Proyección de precios de los minerales de oro, plata, plomo y zinc	102
4.1.2	Proyección de la producción de minerales	102
4.1.3	Estados de Resultados con el Método Corte y Relleno Ascendente.....	103
4.1.4	Estados de Resultados con el Método Bench & Fill.....	103

4.2	Evaluación Económica con el Método de Explotación Actual y el Propuesto.....	106
4.3	Evaluación Económica del Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente	106
4.4	Evaluación Económica del Método de Explotación Bench & Fill	107
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	112
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	117
	ANEXO N° 2: OTROS	120
	ANEXO N° 3: CURRICULUM VITAE.....	121

INDICE DE FIGURA

Figura 1. 1 Precios del Cobre, Zinc y Plomo del año 2015 a agosto del 2021	27
Figura 1. 2 Precios del Oro y Plata del año 2015 a agosto del 2021.....	28
Figura 1. 3 Número de Conflictos Sociales Mensuales. Enero 2020 - julio 2021	29
Figura 1. 4 Número de Conflictos Sociambientales Mensuales. Enero2020– julio 2021.....	30
Figura 1. 5 Número de Conflictos Sociales Mensuales. Enero 2020 – julio 2021	31
Figura 1. 6 Cronograma de Ejecución de la Tesis	37
Figura 2. 1 Clasificación de los Métodos de Explotación Subterránea.	39
Figura 3. 1 Localización de Minera Bateas.....	49
Figura 3. 2 Cartilla Geomecánica 2021 empleada en Minera Bateas.....	57
Figura 3. 3 Gráfico de sostenimiento con Sistema Q	62
Figura 3. 4 Cartilla geomecánica 2021 – Tipo de sostenimiento	68
Figura 3. 5 Vista isométrica del Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente en la Veta Animas.....	71
Figura 3. 6 Estándar de Perforación y Voladura de Tajos en Breasting	73
Figura 3. 7 Estándar de Perforación y Voladura de Tajos en Realce.....	74
Figura 3. 8 Corte y Relleno Ascendente Mecanizado	77
Figura 3. 9 Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado.....	78
Figura 3. 10 Costos de Minado de Corte y Relleno Ascendente.....	79
Figura 3. 11 Secuencia de Minado del Método Bench & Fill	82
Figura 3. 12 Rampa con dos accesos. Vista en Planta.....	83
Figura 3. 13 Vista Transversal de Perforación.....	84

Figura 3. 14 Vista Transversal de Voladura y Limpieza	85
Figura 3. 15 Vista Transversal de Relleno Consolidado	86
Figura 3. 16 Estándar de Labor Permanente de 4.50 m x 4.50 m	90
Figura 3. 17 Estándar de Labor Permanente de 4.00 m x 4.00 m	91
Figura 3. 18 Estándar de Labor Permanente de 3.50 m x 3.50 m	92
Figura 3. 19 Cámara de Ore Pass.....	93
Figura 3. 20 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 4.20 m x 4.00 m.....	94
Figura 3. 21 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 4.00 m x 4.00 m.....	95
Figura 3. 22 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 3.50 m x 3.50 m.....	96
Figura 3. 23 Costo de Minado del Método Bench & Fill	98

INDICE DE TABLA

Tabla 1. 1 Número de Conflictos Sociales, Según Tipo, julio 2021	29
Tabla 1. 2 Conflictos Socioambientales Activos, Según Actividad, julio 2021	30
Tabla 1. 3 Producción en TMF de Principales Metales. Trimestres del Año 2020 ...	32
Tabla 3. 1 Clasificación RMR 89	55
Tabla 3. 2 ESR vs. Tipo de excavaciones	63
Tabla 3. 3 Comparación entre las clasificaciones RMR y Q.....	64
Tabla 3. 4 Estimación del Sostenimiento en Labores Temporales con Ancho de 4 m	65
Tabla 3. 5 Estimación del Sostenimiento en Labores Permanentes con Ancho de 4 m	65
Tabla 3. 6 Estimación del Sostenimiento de Labores Temporales con Anchos desde 3.5 m hasta 5 m.....	66
Tabla 3. 7 Estimación del sostenimiento de labores permanentes con anchos desde 3.5 m hasta 5 m.....	66
Tabla 3. 8 Cálculo del Ancho y Altura: Mínimos y Máximos de Labores Permanentes	69
Tabla 3. 9 Costos de Minado.....	79
Tabla 3. 10 Costos de Explotación y Operación Mina	80
Tabla 3. 11 Costos de Minado.....	98
Tabla 3. 12 Costo Total	99
Tabla 3. 13 Comparativo de costo de minado de Bench & Fill Vs. Cut & Fill	99

Tabla 4. 1 Proyección de los Precios de los Metales	102
Tabla 4. 2 Proyección de Reservas y Producción de Minerales.....	103
Tabla 4. 3 Estados de Resultados en miles de dólares con el Método Actual	104
Tabla 4. 4 Estado de Resultado en miles de dólares con el Método Bench & Fill .	105
Tabla 4. 5 Evaluación Económica en miles de dólares con el Método Corte y Relleno Ascendente	108
Tabla 4. 6 Evaluación Económica en miles de dólares con el Método Bench & Fill.	109

RESUMEN

Existen una variedad de métodos de minado en minería subterránea para su aplicabilidad a diferentes geometrías de los cuerpos mineralizados, y al seleccionarlos cuentan con sus propias características y ventajas y desventajas al momento de su ejecución. Es por ello la importancia de la implementación de un método de minado adecuado para lograr los objetivos del negocio minero de bajos costos, ahorros en lo económico, productividad, seguridad y medio ambiente.

La Implementación de método Bench & Fill es atractivo en los aspectos de bajo costos de minado, evaluación económica y de productividad con respecto al método de Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill).

En el tema de seguridad es favorable el método Bench & Fill porque minimiza la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro y en el tema de medio ambiente también es ventajoso por el menor traslado de desmonte a superficie alargando la vida de la desmontera por la mayor cantidad de desmonte que se requiere para el relleno con respecto al método Corte y Relleno ascendente.

La presente tesis presenta aspectos económicos y técnicos importantes que permite su implementación de este método masivo como es el método Bench & Fill.

ABSTRACT

There are a variety of mining methods in underground mining for their applicability to different geometries of mineralized bodies, and when selected they have their own characteristics and advantages and disadvantages at the time of their execution. That is why the importance of the implementation of an adequate mining method to achieve the objectives of the mining business of low costs, savings in economics, productivity, safety and the environment.

The Implementation of the Bench & Fill method is attractive in the aspects of low mining costs, economic evaluation and productivity with respect to the Cut & Fill method.

In terms of safety, the Bench & Fill method is favorable because it minimizes the exposure of personnel to the excavation of the pit, carrying out the entire cycle under a safe roof and in terms of the environment it is also advantageous due to the lesser transfer from waste to surface, lengthening the life of the stripper for the greater amount of stripping required for the backfill relative to the Cut and Fill up method.

This thesis presents important economic and technical aspects that allow its implementation of this massive method such as the Bench & Fill method.

INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Bateas S.A.C. en adelante Minera Bateas, está ubicada en el distrito y provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Bateas opera en la unidad de Bateas, con una producción de mineral del orden de 1,500 tpd de mineral polimetálico. Acordes a su programa de desarrollos y explotación, viene profundizando su expansión para acceder a objetivos ubicados en niveles inferiores a los que viene explotando.

Minera Bateas actualmente está aplicando el método de explotación corte y relleno ascendente teniendo zonas de explotación mecanizada y semimecanizada, la perforación se realiza por medio de taladros horizontales (breasting) y semiverticales (realce). Asimismo, viene implementando modificaciones y cambios en la gestión de los procesos, buscando reducir el costo de sus operaciones, mejorar la productividad y trabajar con estándares aceptables de seguridad

Como parte del plan estratégico de Minera Bateas de optimizar los procesos en la mina, se decide realizar la “Implementación del método de explotación Bench & Fill para la reducción de costos de minado”, los pilotos del método de explotación se ejecutarán en algunos tajos en las vetas Animas y Cimoide. Para hacer el cambio a este método de explotación se realizará un análisis económico que sustente la viabilidad operativa de los tajos a implementar ejecutando el método de Bench & Fill (taladros largos) en comparación del método corte y relleno ascendente. Los cálculos del costo de oportunidad del proyecto, el valor presente neto y el cronograma de preparación y producción cerrará el círculo inicial para la elaboración del proyecto de explotación de la implementación del método de explotación de Bench & Fill (taladros largos). Luego

de evaluar los principales índices de eficiencia, productividad, y control de los equipos de acarreo y perforación, procederemos a diseñar la infraestructura del tajo más adecuada que nos permita cubrir la producción mensual de 45,000 TCS.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes Bibliográficos

1.1.1 Antecedentes bibliográficos internacionales

Jorquera Villaroel (2015) realizó la tesis: “Método de Explotación Bench & Fill y su Aplicación en Minera Michilla”, para obtener el grado de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, Santiago de Chile, 2015.

Jorquera Villaroel (2015) obtuvo los siguientes objetivos generales y específicos.

Objetivo General

El objetivo general de esta tesis es establecer las ventajas en costos de explotación del método Bench and Fill con respecto del método Cut & Fill Room and Pillar.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos fueron los siguientes.

- Establecer el método Bench & Fill mediante la evaluación y especificación de su requerimiento en la mina Estefanía.

- Implantar en los sectores ABW y D4 el método Bench & Fill.
- Exponer las operaciones unitarias requeridas en el ciclo de explotación de las labores piloto.
- Calcular las inversiones y costos de operación para elaborar una evaluación económica del método Bench & Fill.
- Determinar en la Mina Michila, los costos el método Bench & Fill mediante un modelo matemático a desarrollarse por computadora.

Conclusiones

Jorquera Villaroel (2015), obtuvo las siguientes conclusiones:

- Se realizó la obtención de un modelo matemático desarrollado por computadora, en el cual se llevaba a cabo el cambio de los parámetros de diseño y así conseguir los costos de operación del método Bench & Fill en diferentes situaciones.
- Los costos más relevantes de la evaluación económica del método Bench & Fill son el carguío y transporte, haciendo un total de 34.4US\$/ton. Esto dio como resultado que el método Bench and Fill sea un 25% más económico con respecto al costo de 46.5 US\$/ton del método Cut & Fill Room and Pillar, el carguío quees el acarreo al depósito de acopio interior mina que por el diseño del método de minado son cercanos al tajo y el transporte de desmonte producto del frente de avance en estéril que son evacuados a la desmontera, pero por el método de minado es mínimo quedándose en su mayor parte en interior de la mina para relleno detrítico por el método de minado de Bench & Fill.
- El método Bench & Fill es más productivo y de menos costos de operación que el método Cut & Fill Room and Pillar, el cual tiene como deficiencia requerir labores de sostenimiento para resguardar la estabilidad de labor. Es productivo por ser un

método de explotación masivo (por banqueo) y se requiere menor sostenimiento que el método de Cut & Fill, cuyo sostenimiento es corte a corte en cambio el método Bench & Fill se requiere solo en las labores de preparación nivel superior e inferior.

- El costo del proceso de relleno seco en el método Bench & Fill equivale al 11% del costo total de minado (34,3 US\$/ton), por lo cual se recomienda implementar nuevas alternativas nuevas de relleno como: el relleno seco más cemento o lechada.

1.1.2 Antecedentes bibliográficos nacionales

Curilla Ricse & Muñoz Aguirre (2019) llevaron a cabo la tesis titulada: “Incremento de la Producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C.”, tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2019.

Curilla Ricse & Muñoz Aguirre (2019) presentaron los siguientes objetivos generales y específicos.

Objetivo General

Elevar la producción de mineral al menor costo de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. en base a la implementación de un nuevo método subterráneo de explotación en el Tajo 227 NE de la veta El Ángel.

Objetivos Específicos

- a) Elevar la producción de mineral de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. utilizando el método Bench & Fill en el Tajo 227 NE de la veta El Ángel.

- b) Disminuir los costos de producción de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. utilizando el método Bench & Fill en el Tajo 227 NE de la veta El Ángel.

Conclusiones

Curilla Ricse & Muñico Aguirre (2019), obtuvieron las conclusiones siguientes:

- A través de la utilización de un equipo de perforación Nautilus y de un equipo Scooptram ST – 2G a control remoto para la limpieza del mineral y la aplicación del método de explotación Bench & Fill en el Tajo 227 NE de la veta El Ángel se ha logrado incrementar la producción en esta labor.
- La productividad por guardia en Tajo 227 NE de la veta El Ángel ha llegado a 22.5 ton/hombre-gdía, debido al incremento de la altura de los tajos a 10 m como consecuencia de la aplicación del método Bench & Fill.
- La implementación del método Bench & Fill permitió la disminución de los costos de operación de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C, de 41.58 US\$/ton con el método actual de Corte y Relleno a 28.49 U\$/ton.
- Para la aplicación del método Bench & Fill en la mayoría de labores de la mina se debe realizar un minucioso estudio geomecánico.

Vilca Casazuela (2018) llevó la tesis: “Diseño e Implementación del Método de Explotación Bench And Fill Stopping en Vetas Angostas Tipo Rosario, para Incrementar la Producción – Minera Chalhuane SAC”, tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Arequipa, 2018.

Objetivo General

Desarrollar y aplicar en las vetas angostas tipo rosario en minera Chaluane el método de explotación subterráneo Bench & Fill.

Objetivos Específicos

- a) Aplicar el método de explotación subterráneo Bench & Fill mediante la realización de un estudio geomecánico detallado de la veta Rosario en Minera Chaluane SAC.
- b) Justificar la implementación de un método de explotación de bajos costos de operación, de última tecnología, que cumpla con la ley de seguridad y salud ocupacional y la protección del ecosistema en depósitos auríferos de vetas angostas.
- c) Diseñar mediante el método de explotación Bench & Fill las dimensiones apropiadas de las labores de explotación.

Conclusiones

Vilca Casazuela (2018) presentó las siguientes conclusiones.

- El desarrollo y la aplicación del método Bench and Fill se adecua a los parámetros Geomecánicos obtenidos en las rocas encajonantes y mineral de la veta Viento, la cual tiene un RMR (Rock Mass Rating) de 60 en la caja techo, de 65 en la caja piso y 55 en mineral.
- La factibilidad de aplicar el método Bench and Fill se justifican al alcanzar un crecimiento mensual de 960 a 6000 toneladas, disminuyendo de 62.40\$/Ton a 41.36 \$/Ton los costos de producción.
- El costo de operación del actual método de explotación Cut and Fill es de US\$ 1'276,705.19 mientras que el del Bench and Fill es de US\$ 744 678.53

- Una de las ventajas de la aplicación de método Bench and Fill es disminuir los costos de sostenimiento y aumentar la seguridad de los trabajos en las labores.

Quispe Mamani (2014) realizó la tesis: “Implementación del método de minado Bench and Fill en la veta Mary del tajo 120 Unidad Productora Carahuacra de Volcan Compañía Minera S. A. A.”, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, Huancayo, 2020.

Objetivo General

Justificar en la veta Mary, unidad de Carahuacra de Volcan Compañía Minera S. A. A. la aplicación del método de explotación subterráneo Bench and Fill.

Objetivos Específicos

- Fundamentar la aplicación el método de explotación Bench and Fill en la unidad productora de Carahuacra mediante la ejecución de un estudio geomecánico detallado en la veta Mary.
- Identificar en la veta Mary de la unidad de Carhuacra la reducción de los costos de producción como resultado del aumento de la productividad en la explotación de sus labores mineras.
- Calcular en la veta Mary de la unidad de Carhuacra los costos de producción producto de la aplicación del método Bench & Fill.

Conclusiones

- a) La aplicación del método de explotación Bench & Fill obtuvo un Opex de US\$ 42,918,080.86 mucho menor que el de Corte y Relleno que fue de US\$ 51'516,268.20, consiguiéndose un ahorro de US\$ 8,598,187.34.

- b) Al realizar una comparación entre el Opex del método Bench & Fill de 58.34 US\$/Ton y el Opex del método Corte y Relleno de 72.46 US\$/Ton, se concluye que hay una disminución de 14 US\$/ton al utilizarse el método Bench & Fill.
- c) Las reservas minables consideradas para el método Bench and Fill fueron 7,767,331.12 y para el método Cut and Fil fueron de 7,421,666.16 las que dieron por resultado un costo unitario de 5.33 US\$/ton y 6.94 US\$/ton respectivamente. Obteniéndose un ahorro de 1.41 US\$/ton al aplicarse el método de explotación Bench & Fill.

Ayuque Carrera (2020) realizó la tesis: “Optimización de la recuperación de mineral en el método de explotación Bench and Fill con taladros largos en la veta Magistral Centro - Tajo 4230 de Minera Trevali Perú - Unidad Santander”, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, Huancayo, 2020.

Objetivo General

Incrementar el porcentaje de recuperación de mineral en la veta Magistral Centro, Unidad Santander, de minera Trevali Perú mediante el desarrollo de un procedimiento al método de minado Bench and Fill.

Objetivos Específicos

- Analizar en la veta Magistral Centro de la Unidad Santander como los parámetros de operación burden y densidad afectan el porcentaje de recuperación de mineral.
- Estimar en la veta Magistral Centro de la Unidad Santander el margen de beneficio obtenido con el método de minado Bench and Fill.

Conclusiones

- a) Los valores del porcentaje de recuperación de mineral en el tajo 4230 fue de 88.87% en el mes de diciembre de 2018, incrementándose de 80.39% a 98.32% durante el año 2109.
- b) Debido a la evaluación realizada en los parámetros de operación como: dilución, burden y peso específico se tuvo como resultado el incremento del porcentaje de recuperación de mineral en el periodo de enero a diciembre de 2019, en el Tajo 4230.
- c) La vinculación en el Tajo 4230 de la variación del peso específico del mineral de 3.38 a 3.50 kg/m³ con el burden, trajo como consecuencia la variación de éste último entre 1.5 m a 1.6 m
- d) Los valores de dilución de 20.89% en abril, junio 5.35% y noviembre 16.58% en el Tajo 4230 de la veta Magistral Centro fueron como consecuencia de un descontrol en el tiempo de salida de los disparos y en los parámetros geomecánicos. El promedio anual de dilución en este tajo fue 10.40%
- e) El tonelaje extraído en la veta Magistral centro durante el año 2019 fue de 62,989.56 toneladas, siendo el tonelaje programado de 78,755.58 toneladas, lo cual representa un porcentaje de recuperación del 79.98%
- f) Los ingresos obtenidos en el año 2019 en el Tajo 4230 de la veta Magistral Centro fueron US\$ 6'746,182.20, con un porcentaje de recuperación del mineral de 79.98%, siendo los ingresos proyectados de US\$ 8'434,722.41.
- g) Los costos de operación programados en el proceso de rotura del tajo 4,230 de la veta Magistral Centro durante el año 2019 fueron de US\$ 1'367,196.84, siendo

los costos de rotura reales de 1'093,498.81; esto debido a que hubo una total de 62,989.56 toneladas rotas, siendo el tonelaje de rotura programado de 78,755.58.

- h) Será de mucha utilidad ejecutar a corto plazo estudios detallados tanto geológicos como geomecánicos en la veta Magistral Centro que ayuden a incrementar el porcentaje de recuperación de mineral y disminuir la dilución del mismo, para aumentar el beneficio neto de la empresa minera.

Escalante Atencio (2018) presentó la tesis: “Proyecto de Incremento de la Producción de 1200 tmd a 2000 tmd Mediante el método Sublevel Open Stopping y Bench & Fill en la U.E.A. Contonga S.A., para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, Cerro de Pasco, 2018.

Objetivo General

Aumentar la producción de mineral y la capacidad de la Planta Concentradora de la Unidad Minera de Contonga mediante la implementación del método Bench & Fill.

Objetivos Específicos

- Señalar los resultados operacionales de la implementación del método Bench and Fill y su relación con la ampliación de la Planta Concentradora.
- Establecer mediante estudios geológicos, y geomecánico los requerimientos para el sostenimiento de las labores que utilicen el método de explotación Bench and Fill. Asimismo, los servicios auxiliares, la ventilación y seguridad necesarios.

Conclusiones

- El horizonte de producción de la mina se calcula en 18 meses, esto en base a las reservas minerales cubicadas hasta la fecha. El crecimiento de las reservas aumentaría mediante la realización de taladros de exploración diamantinos.
- El aumento de la producción de mineral de 1200 ton/día a 2000 ton/día se logrará mediante la aplicación del método de minado Bench and Fill.
- Lograr realizar los procesos de minado: perforación, voladura, limpieza, relleno y transporte de manera eficiente garantizará el cumplimiento al 100% de los programas de producción programados.
- El precio de los metales cumple un rol importante en el incremento del margen de beneficio de la empresa y es un factor exógeno que no depende de la empresa minera. Por el contrario, los costos de inversión y operación pueden ser controlados por la empresa de manera que el margen de utilidad pueda aumentar.
- Un cambio importante en la evaluación económica puede resultar de la fluctuación de los costos de operación ($\pm 10\%$), por eso es fundamental realizar un seguimiento detallado de estos costos.
- No ocasiona un cambio importante en la evaluación económica la oscilación de los costos de inversión ($\pm 10\%$), demostrando su poca relevancia dentro del proceso operacional.

1.2 Descripción de la Realidad Problemática

1.2.1 A nivel internacional

Según la Estadísticas del Banco Central de Reserva (2021) a pesar de la pandemia del covid 19 durante los años 2020 y 2021, los precios del cobre, zinc ,

plomo, oro y plata se han incrementado con respecto al año 2020. Ver Figura 1.1 y Figura 1.2

De acuerdo con Funds Society (2021), la economía de la república popular China creció 2,1% en el año 2020 y hay un pronóstico de crecimiento para el 2021 del 9%. Esto traerá como consecuencia que haya una mayor demanda de los metales de los cuales el Perú es uno de sus principales productores.

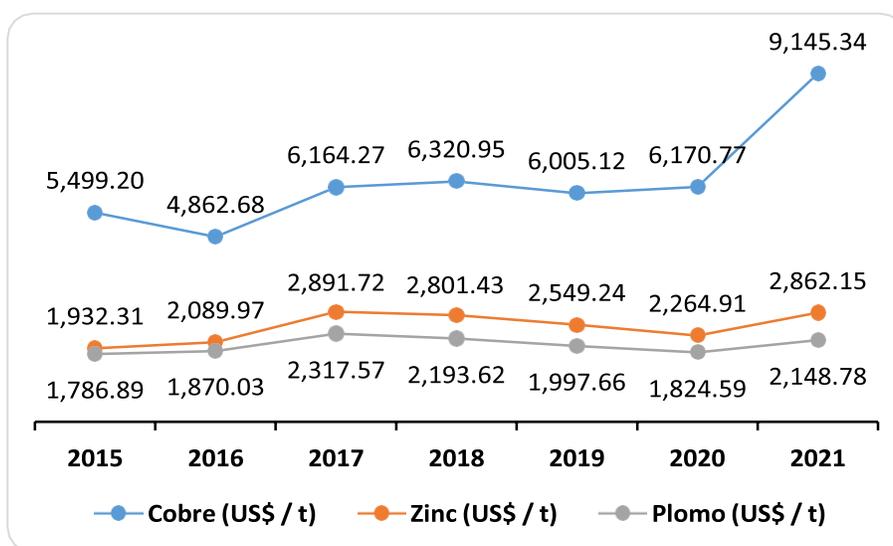


Figura 1. 1 Precios del Cobre, Zinc y Plomo del año 2015 a agosto del 2021.
Fuente: Tomado de Banco Central de Reserva (2021)

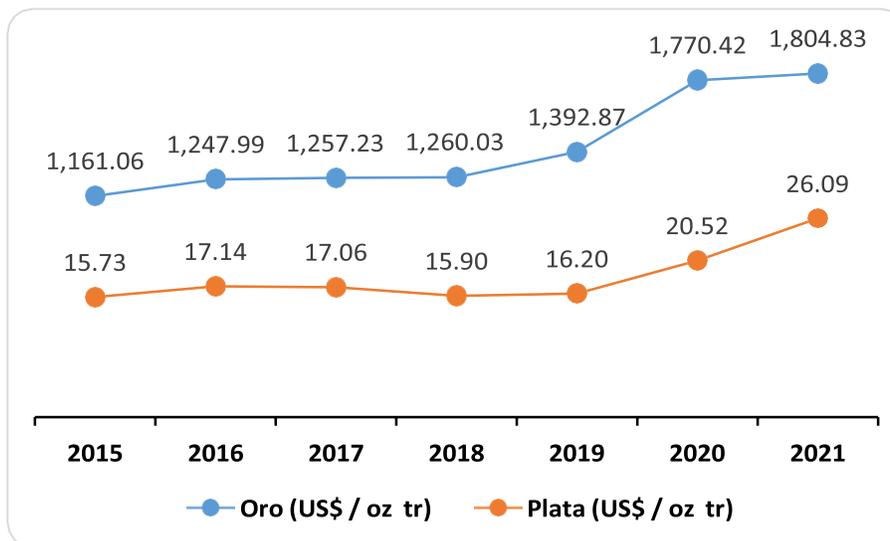


Figura 1. 2 Precios del Oro y Plata del año 2015 a agosto del 2021.
Fuente: Tomado de Banco Central de Reserva (2021)

1.2.2 A nivel nacional

Los componentes principales que inciden negativamente en las inversiones mineras son: los conflictos sociales, la inestabilidad política y jurídica, y la burocracia del Estado que traba y demoran los permisos para desarrollar una mina.

La Defensoría del Pueblo (2021) para el mes de julio de 2021, da cuenta de 195 conflictos sociales: 137 activos (70.3%) y 58 latentes (29.7%), casos nuevos: cuatro, resolución de un conflicto social, casos en proceso de diálogo: 94 casos, acciones colectivas de protesta: 171 y se registraron una persona fallecida y 10 heridos. La Figura 1.3 nos muestra la cantidad de conflictos por meses, desde enero de 2020 hasta julio de 2021.

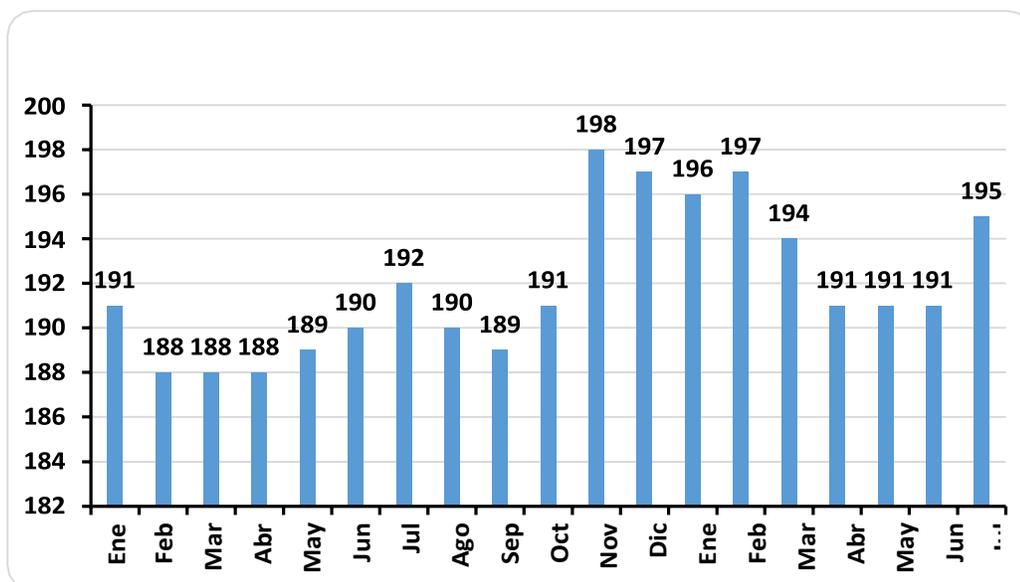


Figura 1. 3 Número de Conflictos Sociales Mensuales. Enero 2020 - julio 2021.

Fuente: Adaptado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

En la Tabla 1.1 se pueda apreciar el número de conflictos por tipo ocurridos en el mes de julio de 2021. La mayor cantidad de conflictos son los de tipo socio-ambiental con 127.

Tabla 1. 1 Número de Conflictos Sociales, Según Tipo, julio 2021.

Tipo	Número de Conflictos	Porcentaje
TOTAL	195	100.0%
Socioambiental	127	65.1%
Comunal	19	9.7%
Asuntos de gobierno nacional	14	7.2%
Asuntos de gobierno local	10	5.1%
Asuntos de gobierno regional	9	4.6%
Laboral	7	3.6%
Demarcación territorial	5	2.6%
Otros asuntos	4	2.1%
Electoral	0	0.0%
Cultivo ilegal de coca	0	0.0%

Fuente: Adaptado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

La variación de los conflictos socioambientales desde enero de 2020 a julio de 2021 se muestra en la Figura 1.4.

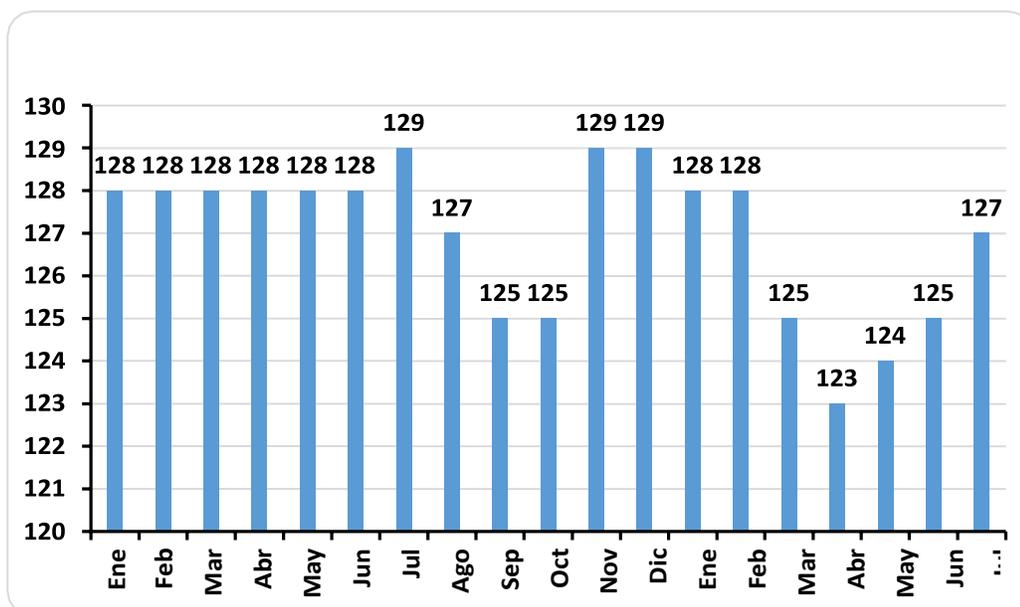


Figura 1. 4 Número de Conflictos Sociambientales Mensuales. Enero2020– julio 2021.

Fuente: Adaptado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

La Tabla 1.2 nos muestra que el número de conflictos Sociambientales activos, según Actividad durante el mes de julio de 2021 fue de 93, las actividades con el mayor número de conflictos sociales fueron: minería con 60 casos (64.5%), hidrocarburos con 22 casos (23.7%), residuos y saneamiento con 4 casos (4.3%) y otros con 3 casos (3.2%).

Tabla 1. 2 Conflictos Socioambientales Activos, Según Actividad, julio 2021.

Actividad	Casos	%
Minería	60	64.5%
Hidrocarburos	22	23.7%
Residuos y saneamiento	4	4.3%
Otros	3	3.2%

Energía	2	2.2%
Agroindustrial	1	1.1%
Forestales	1	1.1%
TOTAL	93	100.0%

Fuente: Adaptado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

La evolución de los conflictos socioambientales activos referentes a la actividad de Minera desde enero de 2020 a julio de 2021 se muestra en la Figura 1.5.

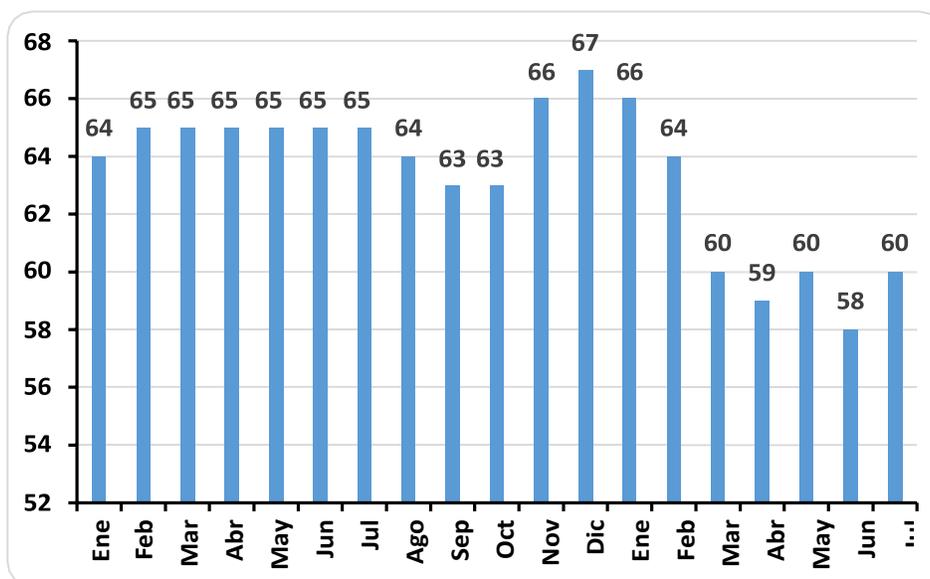


Figura 1. 5 Número de Conflictos Sociales Mensuales. Enero 2020 – julio 2021.

Fuente: Adaptado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

El Perú ha experimentado durante el año 2020 un incremento en la producción de sus principales metales, a pesar de la pandemia ocasionada por el Covid19, tal como se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1. 3 Producción en TMF de Principales Metales. Trimestres del Año 2020.

Metal	I	II	III	IV
Cobre	515	435	564	635
Zinc	348	166	380	435
Plomo	69.7	34	66,2	70.8
Plata	837	467	786	902
Oro	27.5	15.2	202.2	24.4

Fuente: Tomado de Ministerio de Energía y Minas (2021)

1.2.3 A nivel local

Los datos de la empresa Minera Bateas son los siguientes.

- Razón Social: Minera Bateas S.A.C.
- Título : 2005-00161429
- Partida 11749707
- Asiento : A0001 OFICINA REGISTRAL DE LIMA
- RUC 20510704291
- Actividad : Extracción Minerales Metalíferos No Ferrosos,
Excepto Los Minerales Uranio y Torio
- Dirección : Av. Jorge Chávez 154, piso 5 – Miraflores.
- Teléfono : (01) 616-6060

Minera Bateas SAC., es una empresa que pertenece al sector minero y se encuentra clasificada como mediana minería, siendo sus actividades la exploración, explotación y tratamiento de minerales con contenido de plata, oro, plomo y zinc. Asimismo, se dedica a la comercialización de los concentrados de minerales obtenidos en este proceso.

El centro de producción es el asiento minero Caylloma, ubicado en el distrito de Caylloma, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

Los principales activos de la empresa están constituidos por los derechos mineros a la explotación de las concesiones ubicadas en la UEA San Cristóbal, donde se encuentran las edificaciones e instalaciones del campamento Caylloma: planta concentradora, central hidroeléctrica, oficinas, talleres, almacenes, maquinaria y equipos mineros instalados en diferentes lugares de la Unidad de Producción.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo influye la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado en la Compañía Minera Bateas SAC?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo repercute una evaluación geomecánica en la implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?
- ¿Cómo influye el proceso de perforación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?
- ¿Cómo contribuye el proceso de voladura del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?

- ¿Cómo impacta el proceso de limpieza de mineral del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera BateasSAC?
- ¿Cómo incide el proceso de relleno del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?
- ¿Cómo repercute la evaluación económica en la implementación Método de Explotación Bench & Fill para la Reducción de Costos de Minado en la Compañía Minera Bateas SAC?

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1 Justificación práctica

Este trabajo de investigación permitirá a Minera Bateas la reducción de sus costos de minado.

1.4.2 Justificación personal

A través de este trabajo de tesis conseguiré el grado académico de Maestro en Gestión Minera de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.5 Objetivo General

Implementar del Método de Explotación Bench & Fill para la Reducción de Costos de Minado en la Compañía Minera Bateas SAC.

1.5.1 Objetivos específicos

El presente plan de tesis presenta los siguientes objetivos específicos.

- Llevar a cabo una evaluación geomecánica para justificar la implementación del método de explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.

- Realizar la reducción de costos de minado en el proceso de perforación mediante la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.
- Efectuar la reducción de costos de minado en el proceso de voladura por medio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.
- Alcanzar la reducción de costos de minado en el proceso de limpieza de mineral en base a la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SCA.
- Lograr la reducción de costos de minado en el proceso de relleno por intermedio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.
- Llevar a cabo una evaluación económica para justificar la reducción de costos de minado a través de la implementación del método de explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.

1.6 Hipótesis General

A través de la implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se reducirán los costos de operación haciendo una operación eficiente y productiva.

1.6.1 Hipótesis específicas

Este plan de tesis presenta las siguientes hipótesis específica.

- Mediante una evaluación geomecánica se justificará la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill para la reducción de costos de minado de la Compañía Minera Bateas SAC.
- Mediante la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC. se realizará la reducción de costos de minado en el proceso de perforación.
- Por medio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se efectuará la reducción de costos de minado en el proceso de voladura.
- En base a la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se alcanzará la reducción de costos de minado en el proceso de limpieza de mineral.
- Por intermedio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se logrará la reducción de costos de minado en el proceso de relleno.
- Mediante una evaluación económica se justificará la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill para la reducción de costos de minado de la Compañía Minera Bateas SAC.

1.7 Variables Dependientes e Independientes

Las variables independientes son las siguientes.

X1 = Evaluación Geomecánica.

X2= Proceso de Perforación.

X3= Proceso de Voladura.

X4= Proceso de Limpieza de Mineral.

X5 = Proceso de Relleno.

X6 = Evaluación Económica

La variable dependiente es la siguiente.

Y= Reducción de Costos de Minado.

1.8 Período de Análisis

En el siguiente cronograma se puede apreciar el periodo de análisis del presente trabajo de tesis.

Item	Actividades	Año	2021								
		Meses	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Recopilación y selección de fuentes de información, para Generalidades, el Marco Teórico y Conceptual.	2	X	X							
2	Desarrollo del trabajo de tesis,	4			X	X	X	X			
6	Elaboración del informe preliminar de tesis.	1							X		
7	Corrección de observaciones y presentación del informe final de tesis.	1								X	
8	Sustentación de tesis.	1									X

Figura 1. 6 Cronograma de Ejecución de la Tesis.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO II

EL MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1 Marco Teórico

A continuación, se detallan los conceptos empleados.

2.1.1 Método de explotación

2.1.1.1 Clasificación de los métodos de explotación subterránea

Según Harraz (2010) se puede categorizar los métodos de minado subterráneos en base a la estabilidad del depósito mineral a explotar:

- Soportados por pilares.
- Artificialmente soportados con rellenos.
- Sin soporte o hundimiento: natural e inducido.

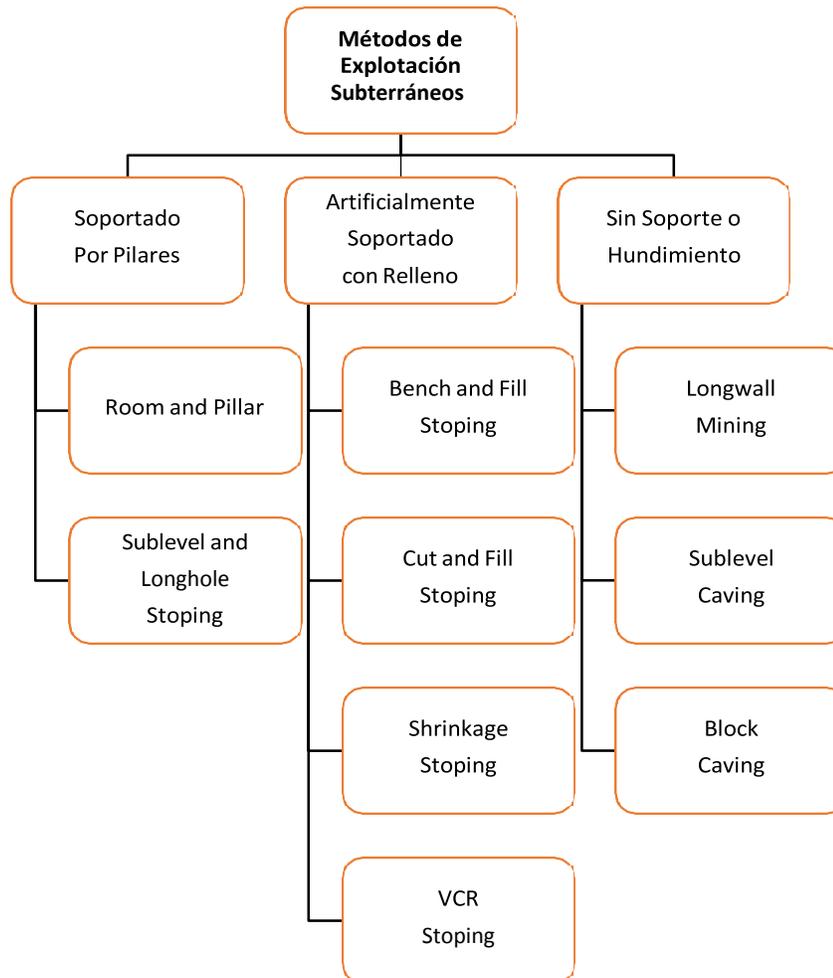


Figura 2. 1 Clasificación de los Métodos de Explotación Subterránea.

Fuente: Adaptado de “Underground Mining Methods” por Hassan Z. Harraz, 2010.

2.1.1.2 Consideraciones para la elección del método de explotación

Según (Herrera Herbert, 2020) se deben tener en cuenta los siguientes factores para la selección de un método de minado de explotación.

- Dimensiones del yacimiento mineral: tamaño, forma, rumbo, buzamiento y profundidad.
- Características geomecánicas del mineral y de la roca encajonante.
- Contenido y distribución del mineral en el yacimiento.
- Minimización de costos operación y dilución del mineral

- Maximización de la productividad, del porcentaje de recuperación del mineral y de la seguridad.

2.1.2 Método de explotación Corte y Relleno Ascendente

Según Harraz (2010) este método consiste en la extracción del mineral en rebanadas horizontales o cortes verticales, comenzando desde un nivel inferior y terminando en un nivel superior. Se utiliza en depósitos minerales de alta ley y de buzamiento pronunciado y con caja piso y caja techo con una resistencia moderada a buena

Los vacíos producto de la explotación se rellenan con roca estéril, relaves, roca o relave más cemento.

2.1.3 Método de explotación Bench & Fill

El “Bench and Fill” (Banqueo y Relleno) es un método de explotación que se aplica a yacimientos de cajas moderadamente competente a competente, resultado de la integración de los métodos sublevel stoping (tajeos por subniveles) y el Over cut and Fill (corte y relleno ascendente). Mediante este método se alcanza un alto nivel de seguridad en el tajo ya que logra conseguir una abertura constante dentro de él, por medio de la ejecución de un relleno constante, posterior a la voladura de los taladros y la limpieza de mineral. Lozano León (2012).

2.1.4 Evaluación de un proyecto

La evaluación de proyectos consiste en aplicar varios criterios que permitan establecer lo factible e interesante que pueda ser un proyecto y que dan por resultado varias clases de evaluación tales como: técnica, institucional, económica, financiera, ecológica y social. (Arboleda Vélez, 2001)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Costos

La creación o adquisición de bienes y servicios mediante el sacrificio de los beneficios de la empresa. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018).

2.2.2 Crucero

Excavación subterránea horizontal o casi horizontal realizada con el fin de intersectar un yacimiento mineral. Hustrulid & Bullock (2001).

2.2.3 Buzamiento

Angulo de inclinación de un depósito mineral con el plano horizontal, medido en ángulo recto con la dirección del depósito. Hustrulid & Bullock (2001).

2.2.4 Chimenea

Labor minera subterránea inclinada o vertical, que se realiza en sentido ascendente desde un nivel inferior a un nivel superior o hacia la superficie. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.5 Desmonte

Roca que no puede ser explotada rentablemente por tener una ley marginal. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.6 Dilución

Se denomina dilución a la disminución del valor de la ley de mineral ocasionada por el incremento de roca estéril, debido a la falta de controles geomecánicos y de supervisión durante los procesos de perforación y voladura. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.7 Drawpoint

Punto de extracción de mineral, ubicado debajo de la labor de explotación. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.8 Estudio de impacto ambiental

Estudio que establece los probables impactos ambientales que una actividad o proyecto pueda causar a las comunidades y sistema ecológico ubicado en las áreas aledañas. Este documento técnico se realiza antes de iniciar la explotación minera. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.9 Exploración

Etapa en la vida de una mina en la que se establecen la ubicación, dimensión, tipo de minerales y recursos de un depósito mineral. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.10 Explotación

Etapa en la vida de una mina que consta de los procesos de: perforación, voladura, limpieza, relleno y transporte del mineral. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.11 Footwall (Caja piso)

Roca circundante ubicada en la parte inferior de un yacimiento mineral. Hustrulid & Bullock (2001).

2.2.12 Galería

Labor minera subterránea horizontal ejecutada con la finalidad del reconocimiento de un depósito mineral. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.13 Grizzly (Parrilla)

Estructura de acero ubicado en la cabecera de un ore pass o chimenea con el fin de impedir el ingreso de rocas o mineral de tamaño inadecuado. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.14 Hanging wall (Caja techo)

Roca circundante localizada en la parte superior de un yacimiento mineral. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.15 Ley

Parámetro que indica la cantidad de un metal en un mineral o concentrado, el cual es expresado en porcentaje cuando se refiere a metales básicos como: cobre, zinc, plomo, estaño, etc. Cuando se hace referencia a metales preciosos como el oro y la plata esta cantidad se expresa en unidades de onzas por toneladas o gramos por tonelada. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.16 Nivel

Labores mineras horizontales que se realizan fuera o dentro del depósito mineral y que sirven para la delimitar su explotación en sentido vertical. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.17 Manway

Excavación minera subterránea realizada para la comunicación y acceso del personal. Hustrulid & Bullock (2001).

2.2.18 Mena

Yacimiento mineral que bajo ciertas condiciones económicas su explotación minera resulta rentable. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.19 Ore pass

Labor minera subterránea inclinada o vertical, que se realiza en sentido ascendente y que conecta más de dos niveles, que se utiliza para enviar el mineral hacia un nivel inferior para su transporte hacia superficie. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.20 Pique

Obra de infraestructura minera subterránea inclinada o vertical que se realiza en sentido descendente desde un nivel superior a varios niveles inferiores y que sirve para el traslado de mineral, materiales o personal minero. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.21 Prospecto

Depósito mineralizado cuya rentabilidad económica todavía no ha sido comprobada. Hustrulid & Bullock (2001).

2.2.22 Rampa

Obra de infraestructura minera subterránea inclinada que se realiza en sentido ascendente o descendente, que une varios niveles y que se utiliza para el traslado de mineral, materiales o personal minero mediante vehículos motorizados. (Hustrulid & Bullock, 2001).

2.2.23 Rumbo

Dirección que resulta de la intersección del plano de una estructura mineral con un plano horizontal. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.24 Slot

Apertura minea subterránea inclinada o vertical realizada en el extremo de un subnivel con el fin de dar cara libre a la voladura. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.25 Stope (Tajeo)

Labor minera donde se realiza la extracción de mineral del depósito minero. (Hustrulid & Bullock, 2001)

2.2.26 Subnivel

Excavación minera horizontal realizada dentro del depósito mineral. Generalmente ubicada entre un nivel inferior y otro superior. (Hustrulid & Bullock, 2001).

2.2.27 Valor actual neto (VAN)

Encuentra el valor resultante al calcular la diferencia del valor actual del flujo de caja del proyecto y la inversión realizada en el tiempo cero. Es el método más usado para la evaluación de proyectos. (Sapag Chain, 2011) porque considera el valor del dinero en el tiempo, descontada a una tasa de interés que mide el riesgo en un momento dado como costo de oportunidad.

2.2.28 Vetas

Depósito mineral de buzamiento vertical o casi vertical. de forma alargada y que está limitado por una caja techo y una caja piso. (Estudios Mineros del Perú SAC, 2018)

2.2.29 Wall rock (Roca encajonante)

Roca circundante de un yacimiento mineral. (Hustrulid & Bullock, 2001)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología de la Investigación

En primer lugar, se analizará la situación actual de las operaciones en Mina, empezando con las operaciones unitarias subterráneas para establecer una línea base. Luego se compararán con los resultados obtenidos con el nuevo método de explotación propuesto.

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de este trabajo de tesis es: Aplicada y práctica.

3.1.2 Nivel de la Investigación

El nivel de este trabajo de tesis es:

- Explicativo
- Descriptivo
- Correlacional

3.1.3 Diseño de la Investigación

El diseño de este trabajo de tesis es: Experimental.

3.1.4 Fuentes de Recolección de Datos

Las siguientes fuentes de captación de datos fueron tomadas en cuenta.

3.1.4.1 Fuentes primarias

- En la sede de Lima: encuestas y entrevistas a los empleados y trabajadores de los diferentes departamentos.
- En la sede de Mina.
 - Recolección de datos del método actual de explotación.
 - Seguimiento y control de los rendimientos de los procesos de: perforación, voladura, limpieza de mineral y relleno con el método Bench & Fill.
 - Acopio de datos analizados y procesados mediante los softwares: Excel, Autocad y Project.

3.1.4.2 Fuentes secundarias

- Libros.
- Documentos periodísticos.
- Tesis de grado y maestría referentes al tema de tesis.
- Documentos de Organismos gubernamentales.
- Datos de la empresa.
- Análisis estadísticos de las pruebas realizadas en su implementación.

3.2 Desarrollo del Trabajo de Tesis

3.2.1 Ubicación y Accesos

Minera Bateas se encuentra ubicado en el paraje de Huayllacho, distrito de Caylloma provincia de Caylloma y región de Arequipa con coordenadas UTM:

- NORTE : 8' 317 650
- ESTE : 192 584
- COTA : 4 500 – 5 000 m. s. n. m.

Las vías de acceso a la mina desde la ciudad de Lima, vía terrestre, son a través de la carretera Panamericana Sur:

- Lima – Arequipa : 1005 Km de carretera asfaltada
- Arequipa – Caylloma : Un tramo asfaltado y afirmado de 225 Km.
- Caylloma – Mina : 14.5 Km.



Figura 3. 1 Localización de Minera Bateas.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

3.2.2 Antecedentes

Caylloma es una de las minas de plata más antigua del Perú. Es conocida desde el incanato y trabajada casi en forma continua desde la época colonial (1541), hasta la fecha. Las referencias indican, que, durante la época colonial, entre los años 1541-1821 se extrajeron grandes cantidades de mineral de alta ley de plata que llegarían alrededor de 48 millones de onzas de plata. Durante este tiempo algunas vetas de este yacimiento fueron trabajados por los incas y en épocas de la colonia por mineros informales en los afloramientos de superficie, que abandonaron probablemente por la lejanía del lugar, a falta de agua y carretera de acceso.

En aquella época la explotación lo hacía en pequeña escala; mediante medias barretas, zanjas e inclinados, solamente en la parte de óxidos, que afloraban en diversos sectores de la zona.

Posteriormente en épocas de la república a parte de los trabajos en superficie de los afloramientos se dedicaron a la extracción subterránea, mediante la construcción de galerías espaciadas regularmente entre sí, aprovechando la estructura o veta.

El periodo más activo de minería se inicia en 1880 cuando un grupo sueco inglés, constituyo Cía. Caylloma Mining Company. Esta explotó una gran parte de los clavos mineralizados de alta ley de las vetas. El Toro, San Pedro y Bateas. Luego se trasladó a la veta San Cristóbal, que permitió las operaciones mineras el año 1890, luego de unos años de paralización estos trabajos permitieron el concentrado y amalgamado del mineral mediante kimbaletes o arrastreras. Esta compañía opero hasta 1906. Después de este año, un grupo chileno se hizo cargo de la mina e instalo una concentradora de 20 TM/día de capacidad y construyo la primera planta hidroeléctrica. Más tarde se intentó tratar el mineral por cianuración con resultados negativos. Posteriormente, tres compañías continuaron operando la mina a lo largo de 20 años, siendo la ultima la dirigida por L.J. Rosenshine que instalo una planta de flotación con una capacidad de 30 TM/día en San Ignacio, construyo campamentos y realizo extensivos trabajos de desarrollo. Paralelamente en el año 1925, se completó la carretera entre Sumbay y Bateas que tienen una longitud de 160 Km.

En el año 1926, los socios Eliden y Bersiford tomaron a su cargo las operaciones mineras hasta 1936, año en que cerraron la mina. Entre 1932 y 1933, un grupo constituido

por M. Bustamante de la Fuente, Schnapka, C. Gunther, F.C. Willfort, L. Ruiloba y otros organizaron la Cía. Minera de Caylloma S.A. Limited, en base a la consolidación de varias propiedades mineras dispersas en el distrito de Caylloma.

En el año 1987, H. Candiotti elaboro el informe Evaluación Geológica Económica del Yacimiento Caylloma, en base a trabajos geológicos de campo adicionales, con la finalidad de evaluar las posibilidades remanentes del distrito Caylloma, ajustar los parámetros de cálculo de Reservas y recomendar Programas de Exploración y Desarrollo.

La explotación de la mina hasta el año 2003 se realizó primordialmente en las vetas San Pedro, Trinidad, Bateas y San Cristóbal con métodos de Open stopping, sostenimiento con pilares y puntales, Shrinkage y Cut and Fill, la mina operaba a una capacidad de 700 TM/día como una unidad perteneciente al grupo Hoschild, y labores de exploración por minerales de plata en las vetas Ánimas y Plata.

El método de explotación utilizado fue convencional, es decir, con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack-leg y para la voladura se empleó dinamita y como accesorio de voladura, Carmex y mecha rápida. Para la limpieza utilizaban winches eléctricos de arrastre de 02 tamboras en Corte y Relleno.

La ventilación en los niveles superiores fue de forma natural y en algunos casos se utilizaron ventiladores eléctricos, El drenaje de aguas subterráneas de mina se realizó por los niveles inferiores de la mina, En situaciones como la construcción de inclinados se emplearon bombas eléctricas. Para el transporte subterráneo de mineral y desmonte se han empleado locomotoras a baterías y las de líneas trolley.

Desde el 08 de junio de 2005 la mina Caylloma viene siendo dirigida por la empresa Minera Bateas SAC, en merito a la adquisición de los derechos mineros que conforman la UEA San Cristóbal.

3.2.2.1 Estudio Geomecánico

En base a investigaciones geomecánicas de campo y su entorno físico (registro Geomecánico de afloramientos rocosos, ensayos de mecánica de rocas en campo, registro Geomecánico de sondajes diamantinos, evaluación petrográfica macro- microscópica) realizadas en la Veta Ánimas estructuralmente se han reconocido doscientas principales fallas, presentando rumbos de Noreste y Noroeste, asociadas a sistemas de distensión y compresión, además se ha sectorizado la Mina en tres zonas (NE, CENTRAL, SW), que analizados en secciones transversales al rumbo exponen las siguientes litologías:

3.2.2.2 Sector NE (Sección NW- SE)

- **Caja piso.** Toba andesítica, roca volcánica de textura porfídica y amigdalar conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas respectivamente, en una matriz cripto- microcristalina de feldespatos y máficos alterados a sericitas y cloritas.
- **Estructura ramal piso.** Brecha silisificada y carbonatizada (rodocrosita, calcita) con diseminación de sulfuros (piritas y minerales opacos) e inclusiones de fragmentos angulosos de andesitas micro- porfídicas y afaníticas a modo de clastos soportados.

- **Caja techo.** Toba andesítica cristalolítica, roca piroclástica de textura fragmental conformada por líticos subangulosos de andesitas micro- porfídicas y microcristalinas, en una matriz cripto- microcristalina de feldespatos y máficos alterados a arcillas, carbonatos, sericitas en menor grado y cloritas, con venillas irregulares de cuarzo- carbonatos y disseminaciones de pirita.
- **Caja techo distal.** Toba andesítica porfídica- amigdalal, roca volcánica de textura porfídica y amigdalal conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas respectivamente, en una matriz criptomicrocristalina de feldespatos y máficos alterados a sericitas y cloritas.
- **Veta Cimoide.** Brecha silisificada y carbonatizada (rodocrosita, calcita) con disseminación de sulfuros (piritas y minerales opacos) e inclusiones de fragmentos angulosos de andesitas micro- porfídicas y afaníticas a modo de clastos soportados.
- **Veta Ramal techo.** Brecha silisificada y carbonatizada (rodocrosita y calcita), rodonita con disseminación de sulfuros (piritas y minerales opacos), textura bandeada e inclusiones de fragmentos angulosos de andesitas micro- porfídicas y afaníticas fragmentados de las cajas y englobados en su matriz silisificada a modo de clastos soportados. El cuarzo se expone a modo de agregados en mosaico de grano grueso con hábitos prismáticos, los carbonatos de grano fino y rodonitas frecuentemente se exponen con impregnaciones de minerales oxidados de manganeso.

- **Caja techo.** Andesita, roca volcánica de textura micro-porfídica, silisificada y carbonatizada con fuertes diseminaciones de pirita, apreciaciones realizadas en un ambiente muy próximo a la Veta Ramal techo - + 2 metros hacia el techo en un frente ciego límite de excavación, es muy probable que a mayor distancia se presenten cambios a esta fecha.

3.2.2.3 Sector Central y Sector SW (Sección NW- SE)

- **Caja piso.** Toba andesítica, roca volcánica de textura porfídica y amigdalal conformada por plagioclasas tabulares y máficos prismáticos alterados a arcillas y cloritas respectivamente, en una matriz cripto- microcristalina de feldespatos y máficos alterados a sericitas y cloritas.
- **Estructura.** Brecha silisificada, carbonatizada (rodocrosita, calcita), rodonitas con diseminación de sulfuros (piritas y minerales opacos), de textura bandeada coloforme, con impregnaciones de agregados criptocristalinos de minerales oxidados de manganeso.
- **Caja techo.** Toba andesítica cristalolítica, roca piroclástica de textura fragmental, conformada por líticos subangulosos de andesitas micro- porfídicas y microcristalinas, en una matriz cripto- microcristalina de feldespatos y máficos alterados a arcillas, carbonatos, sericitas en menor grado y cloritas, con venillas irregulares de cuarzo, calcita y diseminaciones de pirita.

3.2.2.4 Clasificación geomecánica

Según información obtenida de las investigaciones geológicas- geomecánicas en el área de interés (Veta y Cajas/paredes de tajeos), la calidad de masa rocosa ha sido determinada usando el sistema de “Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificada por Romana 2000, definiendo los dominios geomecánicos en rangos de calidad según el criterio mostrado en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Clasificación RMR 89.

TIPO DE ROCA	RANGO RMR	CLASIFICACIÓN RMR
I	81-100	Muy buena
II-A	71-80	Buena
II-B	61-70	Buena
III-A	51-60	Regular
III-B	41-50	Regular
IV-A	31-40	Mala
IV-B	21-30	Mala
V	0-20	Muy mala

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

La clasificación geomecánica de la masa rocosa se obtiene del “proceso, análisis e interpretación” de información litológica estructural e información complementaria recopilada in- situ a través del mapeo Geomecánico en afloramientos, relogueo geotécnico

de sondajes diamantinos ubicados en interior mina y superficie apoyados con ensayos de mecánica de rocas en campo y laboratorio.

Los resultados del proceso de clasificación geomecánica en este estudio se expresan en términos del RMR y se realizan sectorizándolos en caja piso, estructura mineralizada y caja techo en referencia a la ubicación de la veta con la finalidad de conceptualizar un modelo Geomecánico acorde con el modelo geológico. Los dominios Geomecánicos están asociados a la matriz de la mineralización de la Veta, constituido por “Óxidos, Silicatos, y carbonatos”; las cajas “Piso y Techo” de la estructura mineralizada litológicamente están compuestas por andesitas y tobas Andesíticas.

Otro sistema de clasificación geomecánica aplicado para el presente estudio es el GSI (Hoek et al, 1995) esta clasificación está basada principalmente en la identificación de los parámetros de estructuras (fracturamiento) y condiciones (Resistencia de la masa rocosa- condición de discontinuidades). La determinación de la cantidad de fracturas por metro lineal determina la Condición Estructural; mientras que la determinación de la Condición Superficial está dada por la resistencia de la masa rocosa. El GSI fue modificado por C. Vallejo (2002) con el objetivo de utilizar las tablas originales de manera práctica y sencilla de clasificar cualitativamente al macizo rocoso y recomendar el sostenimiento requerido. Cabe señalar que el índice GSI fue originalmente desarrollado con la finalidad de obtener parámetros para el criterio de falla de Hoek & Brown, por lo que Vallejo recurre a las equivalencias del GSI con RMR para recomendar y dimensionar el sostenimiento. En la Figura 3.2 se muestra la cartilla geomecánica empleada en Minera Bateas.

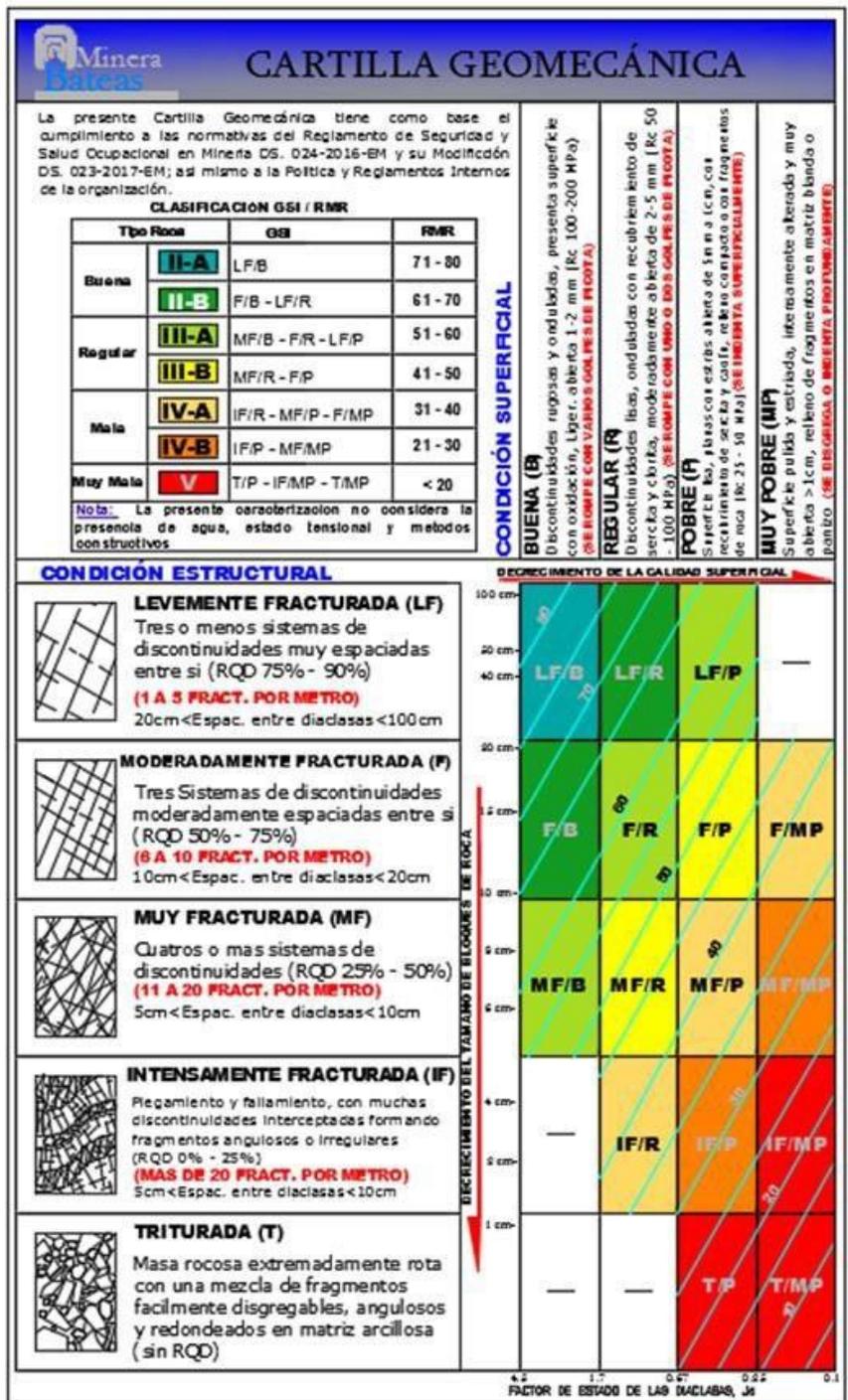


Figura 3. 2 Cartilla Geomecánica 2021 empleada en Minera Bateas.
Fuente: Departamento de Planeamiento de Minera Bateas SAC

3.2.2.5 La problemática del método

La calidad de masa rocosa en las estructuras mineralizadas condiciona la aplicación de las variantes de explotación en Breasting y Realce en la actualidad.

Los lineamientos del método “Corte y Relleno Ascendente”, deducidos del análisis e interpretación de información recabada en campo conlleva establecer los siguientes considerandos:

3.2.2.5.1 Ancho de minado

Es variable dado el carácter sinuoso de las estructuras mineralizadas, están asociados mucho a la potencia de las estructuras mineralizadas, a la variante de explotación y el equipo de limpieza, el tipo de relleno aplicado (detrítico e Hidráulico).

3.2.2.5.2 Altura de corte

Es variable dependiendo de la variante de perforación “Breasting- Realce”, la máquina y/o el equipo de perforación; sin embargo, existen otros condicionantes (calidad de la masa rocosa, dimensiones de los elementos de sostenimiento, las herramientas - accesorios empleados para el desatado de rocas sueltas, instalación de pantallas eléctricas para iluminación de espacios de trabajo entre otros aspectos).

3.2.2.5.3 Las alturas de labores

En tajeos de perforación en Breasting, culminada la limpieza del mineral se tiene una altura máxima de 4.0 metros, en tajeos con perforación en Realce $< 75^\circ$ la altura máxima hasta 4.0 metros.

3.2.2.5.4 Resultados de la perforación- voladura

A nivel de perfiles de excavación evaluados (borde de excavaciones) se observan daños significativos a la masa rocosa (degradación del RMR, sobreroturas, incremento de los requerimientos de sostenimiento, etc), presumiblemente asociados a un elevado factor de potencia, tipo de explosivo y mallas de amarre- salida, ausencia del uso de taqueos, no aplicación de voladuras controladas (mediante desacoplamiento axial y diametral de la carga explosiva), no monitoreo de vibraciones (cumplimientos de restricciones de VPPC).

3.2.2.5.5 El rendimiento de equipos

Para la limpieza de mineral- relleno en los tajeos, está asociado al estado de las vías, la longitud de los tajeos, la distancia de ubicación de las fuentes de relleno, la visibilidad (calidad de ventilación). Es necesario en este contexto establecer las distancias óptimas de acarreo en cada uno de los equipos LHD en base a un estudio de tiempos y movimientos.

3.2.2.5.6 El valor del mineral

El valor de mineral explotado mediante “Corte y Relleno Ascendente”, en cierto modo es controlado dentro de lo permisible dado a que es un “método selectivo” donde la dilución promedia se aproxima a 12- 18%, en los escenarios promedio de voladura.

3.2.2.6 Determinación del tipo de sostenimiento

El sostenimiento en excavaciones subterráneas tiene la finalidad de asegurar, controlar y mantener la estabilidad de estas, a fin de proporcionar condiciones seguras de

trabajo y brindar acceso a las labores subterráneas. Para su diseño se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Las características del macizo rocoso.
- La influencia de esfuerzos naturales e inducidos.
- La dirección de la excavación con relación a los rasgos estructurales.
- La forma y dimensiones de la excavación.
- La deformabilidad del macizo rocoso y de los elementos de sostenimiento a fin de que el diseño asegure la vida del servicio esperada.

El tiempo transcurrido entre la ejecución de la excavación y la instalación del sostenimiento dependerá de las condiciones del macizo rocoso. En rocas de buena calidad, el sostenimiento podrá ser retrasado en el tiempo; en caso contrario, la instalación deberá realizarse lo más pronto posible: “Colocación tardía del sostenimiento en un determinado tramo, favorece a la relajación y descompresión del macizo rocoso, pudiendo ser la causa de manifestaciones de inestabilidad” (LOM, 2015).

El tipo de sostenimiento a emplear estará en función de los requerimientos del servicio de la excavación, las características del macizo rocoso, el equipo de construcción y los costos de instalación.

Para el cálculo del sostenimiento de las excavaciones subterráneas se podrá recurrir a métodos numéricos, equilibrio límite y métodos empíricos. Para el presente estudio se realizará el método empírico y numérico.

3.2.2.6.1 Método empírico sistema Q

Para estimar los requerimientos de fortificación se utilizó el gráfico de sostenimiento del Sistema Q, el cual fue desarrollado por Barton (1974). Este gráfico ha tenido dos revisiones principales: en 1993 se actualizó tomando como base 1050 casos de excavación, principalmente en Noruega (Grimstad y Barton, 1993); en 2002 se actualizó basándose en 900 nuevos casos de excavaciones en Noruega, Suiza e India. Esta actualización también incluyó una investigación analítica respecto al espesor, espaciamiento y reforzamiento de arcos armados de concreto lanzado (RRS) como función de la carga y de la calidad del macizo rocoso (Grimstad, 2002), siendo la última versión del gráfico de sostenimiento la que afinó Grimstad (2007). La Figura 3.3 constituye la actualización más reciente del Sistema Q y muestra las recomendaciones de sostenimiento (espesor del concreto lanzado reforzado con fibra (Sfr), el espaciamiento entre pernos y la longitud entre los mismos).

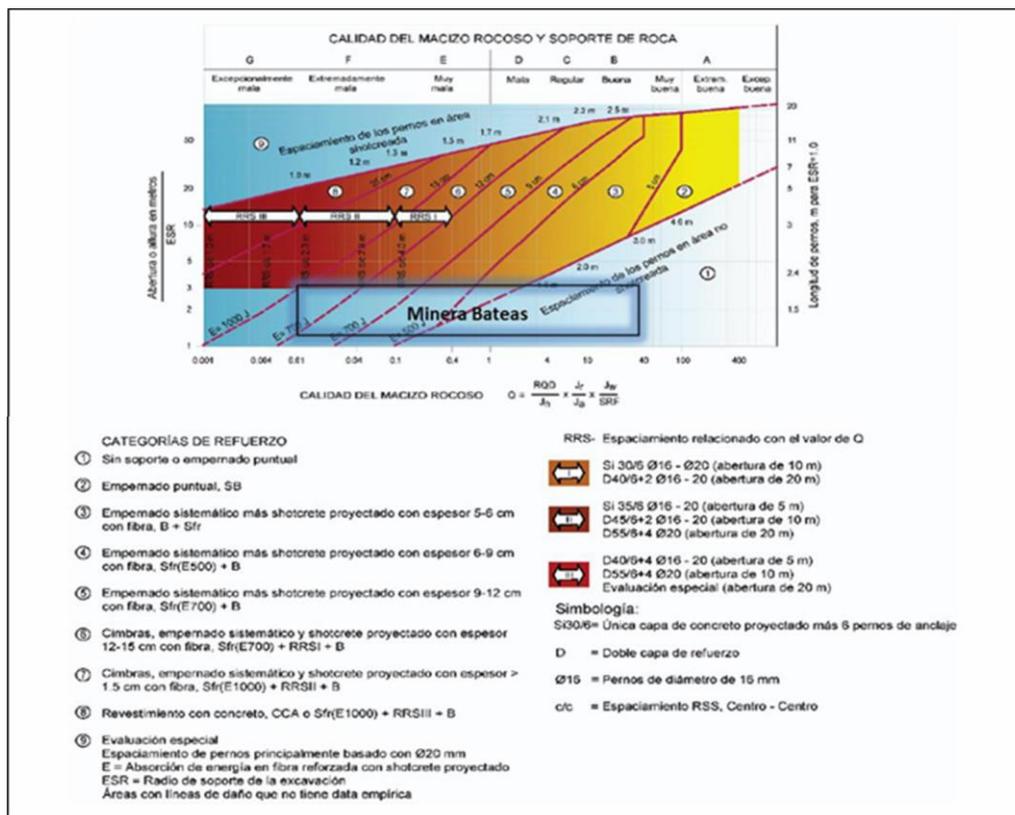


Figura 3. 3 Gráfico de sostenimiento con Sistema Q.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

Esta curva empírica, relaciona la calidad del macizo rocoso expresado por el valor de Q de Barton con la luz o altura de la excavación (S) ajustada por un factor de seguridad según el tipo de excavación (ESR, Excavation Support Ratio).

Tabla 3. 2 ESR vs. Tipo de excavaciones.

ITEM	TIPO DE EXCAVACIONES	ESR
1	Labores mineras de carácter temporal, etc.	3-5
2	Excavaciones permanentes como: galerías mineras, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo a las galerías de alta presión), túneles piloto, galería de avance en grandes excavaciones, cámaras.	1.6
3	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y de ferrocarriles, túneles de acceso	1.3
4	centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de Ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles	1
5	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, túneles para tuberías de gas	0.8

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

En general, los resultados de un esquema de clasificación geomecánica del Macizo Rocoso, como el adoptado en el presente estudio, pueden ser utilizados para formular requerimientos de sostenimiento mediante expresiones empíricas. Para realizarlo es necesario efectuar una transformación de los valores obtenidos de la clasificación de Bieniawski (RMR) a equivalentes aproximados en la clasificación N.G.I (Norwegian Geotechnical Institute) (ver Tabla 3.3) y desde esta última, estimar los requerimientos de sostenimiento, para efectuar dicha transformación se recurre a la siguiente expresión:

$$RMR89 = 9 \ln Q + 44$$

Dónde:

RMR89: Valoración según clasificación Bieniawski

Q: Valoración según clasificación N.G.I

El macizo rocoso en que están emplazadas las labores mineras de Minera Bateas según el sistema N.G.I y en general su índice de calidad de túneles (Q), indica que estamos

en presencia de un macizo rocoso de Muy Mala a Buena calidad geomecánica, ya que el índice Q varia en general de 0.01 hasta 40.

Tabla 3. 3 Comparación entre las clasificaciones RMR y Q.

Q		RMR		Calidad de roca
0.001	0.01	0	3	Excepcionalmente mala
0.01	0.1	3	23	Extremadamente mala
0.1	1	23	44	Muy mala
1	4	44	56	Mala
4	10	56	65	Regular
10	40	65	77	Buena
40	100	77	85	Muy buena
100	400	85	98	Extremadamente buena
400	1000	98	106	Excepcionalmente buena

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

El parámetro ESR (Excavación Support Ratio) se estimó igual a 1.6 considerando las labores de desarrollo y preparación como galerías permanentes dado su uso como labores de acceso y tránsito de personal. Para las labores temporales se consideró un ESR de 3. Las luces de las excavaciones tienen un rango desde 3.5 m y superan los 5 m. Se realizó la estimación del tipo de sostenimiento aplicando la curva empírica, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.4, Tabla 3.5, Tabla 3.6 y Tabla 3.7.

Tabla 3. 4 Estimación del Sostenimiento en Labores Temporales con Ancho de 4 m

Roca Tipo	IIA		IIB		IIIA		IIIB		IVA		IVB		V	
RMR	80	71	70	61	60	51	50	41	40	31	30	21	20	0
Ancho (m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Índice de Barton	54.6	20.1	18.0	6.6	5.9	2.2	1.9	0.7	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0
ESR	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Dimensión equivalente	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
L ESR=1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Longitud de perno	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Espaciamiento perno	3	2.5	2.3	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	-
Espesor shotcrete	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6-9 cm	6-9 cm	6-9 cm	9-12 cm	Cimbra /N.R
Clase sostenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	5	6

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

Tabla 3. 5 Estimación del Sostenimiento en Labores Permanentes con Ancho de 4 m

Roca Tipo	IIA		IIB		IIIA		IIIB		IVA		IVB		V	
RMR	80	71	70	61	60	51	50	41	40	31	30	21	20	0
Ancho (m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Índice de Barton	54.6	20.1	18.0	6.6	5.9	2.2	1.9	0.7	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0
ESR	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Dimensión equivalente	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
L ESR=1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Longitud de perno	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Espaciamiento perno	3	2.5	2.3	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	-
Espesor shotcrete	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	5-6 cm	5-6 cm	6-9 cm	6-9 cm	9-12 cm	9-12 cm	Cimbra /N.R
Clase sostenimiento	1	1	1	1	1	1	1	3	3	4	4	5	5	7

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

Tabla 3. 6 Estimación del Sostenimiento de Labores Temporales con Anchos desde 3.5 m hasta 5 m

Ancho (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	5.00	5.00	5.00	5.00
Índice de Barton	0.01	0.10	10.00	40.00	0.01	0.10	10.00	40.00
ESR	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Dimensión equivalente	2.20	2.20	2.20	2.20	3.10	3.10	3.10	3.10
L ESR=1	1.50	1.50	1.50	1.50	2.20	2.20	2.20	2.20
Longitud de perno	2.40	2.40	2.40	2.40	3.50	3.50	3.50	3.50
Espaciamiento perno	1.00	1.30	2.00	3.00	1.00	1.30	2.00	3.00
Espesor shotcrete	12-15 cm	9-12 cm	N. A	N.A	Cimbra	9-12 cm	NA	NA
Clase sostenimiento	6	5	1	1	7	5	1	1

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

Tabla 3. 7 Estimación del sostenimiento de labores permanentes con anchos desde 3.5 m hasta 5 m

Ancho (m)	3.50	3.50	3.50	3.50	5.00	5.00	5.00	5.00
Índice de Barton	0.01	0.10	10.00	40.00	0.01	0.10	10.00	40.00
ESR	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Dimensión equivalente	2.20	2.20	2.20	2.20	3.10	3.10	3.10	3.10
L ESR=1	1.50	1.50	1.50	1.50	2.20	2.20	2.20	2.20
Longitud de perno	2.40	2.40	2.40	2.40	3.50	3.50	3.50	3.50
Espaciamiento perno	1.00	1.30	2.00	3.00	1.00	1.30	2.00	3.00
Espesor shotcrete	12-15 cm	9-12 cm	N. A	N.A	Cimbra	9-12 cm	NA	NA
Clase sostenimiento	6	5	1	1	7	5	1	1

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

El resultado de la estimación del tipo de sostenimiento que se aplica en la unidad minera Bateas sustentado por el método empírico del Sistema Q se representa en la cartilla actualizada de geomecánica, la cual se muestra en la Figura 3.4.

3.2.2.7 Determinación del tiempo de sostenimiento

El ancho máximo sin soporte puede ser calculado por el ESR y Q de la siguiente manera (Barton et al, 1980):

$$\text{Ancho máximo (sin soporte)} = 2 \cdot ESR \cdot Q^{0.4}$$

La altura máxima sin sostenimiento puede ser calculado por el ESR y Q de la siguiente manera (Barton et al, 1980):

$$\text{Altura máxima (sin soporte)} = 2 \cdot K \cdot ESR \cdot Q^{0.4}$$

Donde K es igual a la relación de altura de la labor dividida entre el ancho de la labor. Teniendo en cuenta el valor de $K = 0.85$ y del $ESR = 2.6$, se tiene una amplia gama de dimensiones de techos y paredes de los tajeos, mostrados en la Tabla 3.8 para labores permanentes.

Labor Temporal		Sección de la Labor (Ancho m)			
Tipo Roca	Clasificación GSI	0.80 a 2.00	2.50 a 3.50	4.00 a 5.00	5.00 a más
II-A	LF/B	PS	A	A	A
II-B	F/B - LF/R	A	A	A	B
III-A	MF/B - F/R - LF/P	B	B	B	B
III-B	MF/R - F/P	C	C	C	C
IV-A	IF/R - MF/P - F/MP	H1	H1	D	D / E
IV-B	IF/P - MF/MP	H2	H2	E	E / F
V	T/P - IF/MP - T/MP	NR	F	F	NR

Labor Permanente		Sección de la Labor (Ancho m)			
Tipo Roca	Clasificación GSI	0.80 a 2.00	2.50 a 3.50	4.00 a 5.00	5.00 a más
II-A	LF/B	SP	A	A	A
II-B	F/B - LF/R	A	A	A	B
III-A	MF/B - F/R - LF/P	B	B	B	C
III-B	MF/R - F/P	C	C	C	C
IV-A	IF/R - MF/P - F/MP	H1	H1	D	D / E
IV-B	IF/P - MF/MP	H2	H2 / G	E / F	F
V	T/P - IF/MP - T/MP	NR	H2 / G	G	NR

Tipo de Sostenimiento		Tipo Roca	Tiempo de Auto-Sostenimiento	Alturas Máximas sin Esqueletado Labor Perm.
SP	Sostenimiento Puntual	II-A	+ 1 AÑO	47.8 m
A	Perno Sistemático 2.00 a 2.00 m	II-B	13 DÍAS	15.7 m
B	Perno Sistemático 1.80 a 1.80 m	III-A	8 DÍAS	5.2 m
C	Malla Electr. + Perno Sistemático 1.80 a 1.80 m	III-B	3 DÍAS	1.7 m
D	Shotcrete 2" C/F + Perno Sistem. 1.80 a 1.80 m	IV-A	12 HORAS	0.6 m
E	Shotcrete 2" C/F + Perno Sistem. 1.50 a 1.50 m	IV-B	Inmediato	0.2 m
F	Shotcrete 4" C/F + Perno Sistem. 1.50 a 1.50 m	V	Inmediato	0.04 m
G	Cimbra Espac. 1.00 m	Tipo de Perno		
H1/H2	Cuadros Espac. 1.50 m (H1) ■ Espac. 1.00 m (H2)	Split Set	Temporal	
PS	Puntal de Seguridad con redondos de 6" a 8"	Hydrabolt		
NR	Excavación No Recomendable	Helicoidal	Permanente	

Nota:		INTERSECCIONES	
Secciones de 1.50 a 2.10 m pernos de 4 pies	Pernos de 10 pies para trabajos específicos.	RMR < 40	Shotcrete 2" C/F + Perno Sistem. 1.60 a 1.60 m
Secciones de 2.10 a 3.50 m pernos de 5 pies		RMR > 40	Malla Electr. + Perno Sistemático 1.70 a 1.70 m

Recuerde: METRO AVANZADO, METRO SOSTENIDO
Importante: Las combinaciones de sostenimiento se realizará por recomendación del Área de Geomecánica.

Figura 3. 4 Cartilla geomecánica 2021 – Tipo de sostenimiento.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

Tabla 3. 8 Cálculo del Ancho y Altura: Mínimos y Máximos de Labores Permanentes.

Tipo de Roca	RMR Min.	RMR Máx.	Q Min.	Q Máx.	Ancho Min. (m)	Altura Min. (m)	Ancho Max. (m)	Altura Máx. (m)	Ancho Promedio (m)	Altura Promedio (m)	Tiempo de Autosostenimiento
II A	71	80	20.1	54.6	25.7	21.9	69.9	59.4	47.8	40.6	> 1 año
II B	61	70	6.6	18.0	8.5	7.2	23.0	19.6	15.7	13.4	13 días
III A	51	60	2.2	5.9	2.8	2.4	7.6	6.4	5.2	4.4	8 días
III B	41	50	0.7	1.9	0.9	0.8	2.5	2.1	1.7	1.4	3 días
IV A	31	40	0.2	0.6	0.3	0.3	0.8	0.7	0.6	0.5	12 horas
IV B	21	30	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	Colapso inmediato
V	0	20	0.0001	0.07	0.0001	0.0001	0.1	0.08	0.04	0.04	Colapso inmediato

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

3.2.3 Descripción General del Método de Explotación Actual

Minera Bateas viene utilizando el método de corte y relleno (Cut and Fill) semimecanizado y mecanizado en forma ascendente con sus variantes de perforación en “Breasting y Realce”, empleándose la roca de desmonte como material de relleno y también el relleno hidráulico.

Es un método ascendente en que el mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente, comenzando del fondo del tajo y avanzando hacia arriba.

Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril y/o relleno hidráulico (relleno), que sirve de piso de trabajo a los obreros proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada y al mismo tiempo permite sostener las paredes del caserón, y en algunos casos especiales el techo.

Para el corte y relleno ascendente semimecanizado (vetas con potencias entre 0.8 m a 2.0 m), se realiza cortes con perforación semivertical (realce) con una altura aproximada de 1.8 m, manteniendo una abertura para la perforación de 2.7 m.

Para el corte y relleno ascendente mecanizado (vetas con potencias mayores de 2.0 m), se realiza cortes con perforación horizontal (breasting) con una altura máxima de banqueo de 5.0 m, y un ancho de minado según las condiciones de la estructura mineralizada.

La explotación de Corte y Relleno Ascendente que utiliza Minera Bateas es debido a que éste presenta las siguientes características:

- Potencia de veta entre 0.8 a 7 metros.
- Mineral firme, y de buena ley.
- Limites regulares el yacimiento.
- En la mayoría de los tajos la roca de caja es relativamente regular permitiendo un arranque seguro del mineral.

Para el caso del método Corte y Relleno Ascendente, el yacimiento se divide en blocks de minado. A partir de una rampa principal se desarrollan accesos con gradiente de 12% a 15% hacia el cuerpo mineralizado a explotar, con accesos a cada corte sucesivo, disminuyendo la inclinación primero. En cada nivel de corte del block, se opta en dividir la longitud total en tramos de longitud apropiada, por lo que en cada block de minado se tendrá frentes independientes de avance en breasting a lo ancho del yacimiento.

Las tajadas ascendentes rellenas se ajustan a distancias entre niveles de 50 metros en vertical, mineral pobre se deja como material de relleno. La resistencia del

mineral en el techo puede ser verificada con la excavación en el nivel mismo de la galería de base. En la Figura 3.5 se muestra una vista isométrica del método de explotación por corte y relleno ascendente.

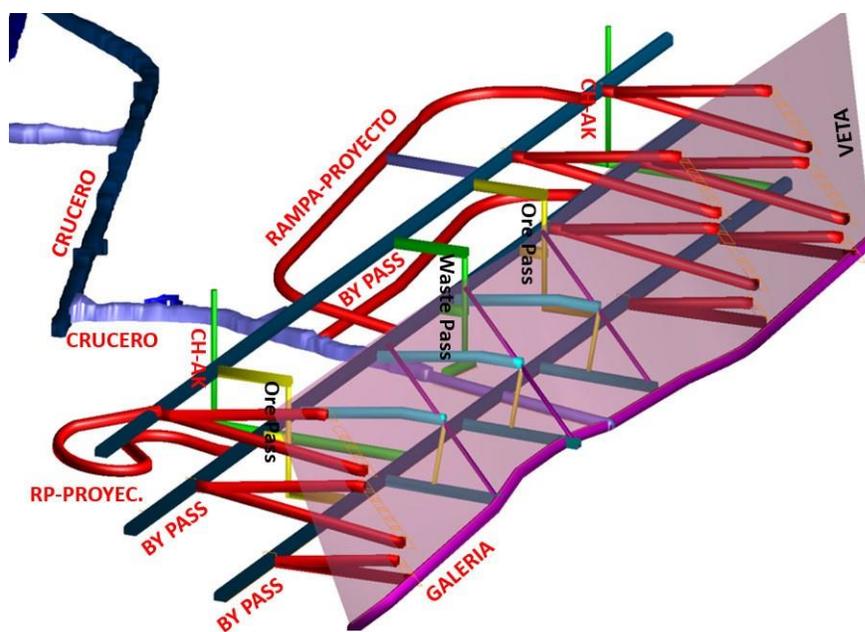


Figura 3. 5 Vista isométrica del Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente en la Veta Animas.

Fuente: Elaboración Propia.

El desmonte es obtenido en frentes de avances (desarrollo, exploración y preparación) los cuales son estratégicamente acopiados en cámaras cercanas desde donde un porcentaje es empleado como relleno detrítico distribuido en los tajeos usando equipos carga- acarreo- descarga (LHD) según requerimientos y otra es transportada con volquetesa los depósitos de desmontes ubicados en superficie.

3.2.3.1 Ciclo de minado

El ciclo de minado consiste en: Perforación y voladura, ventilación y desatado de rocas, sostenimiento del tajo, limpieza y relleno.

3.2.3.1.1 Perforación

La perforación en los tajeos pequeños (<2.5 metros de ancho) se realiza mediante el uso de máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Legs y en tajeos de mayor amplitud se emplean equipos de perforación electro- hidráulica (Jumbos). La longitud de perforación es variable con máquinas neumáticas “5- 8 pies” y con equipos electro- hidráulicos “8- 14 pies” dependiendo de la variante de perforación en Realce- Breasting.

3.2.3.1.2 Voladura

El “carguío y voladura” en la mayoría de los tajeos del método “Corte y Relleno Ascendente”, se realiza usando sistemas de iniciación mixtos (electrónicos) con emulsiones de arranque y nitrato de amonio mezclado con combustibles (ANFO). Ver Figura 3.6 y Figura 3.7.

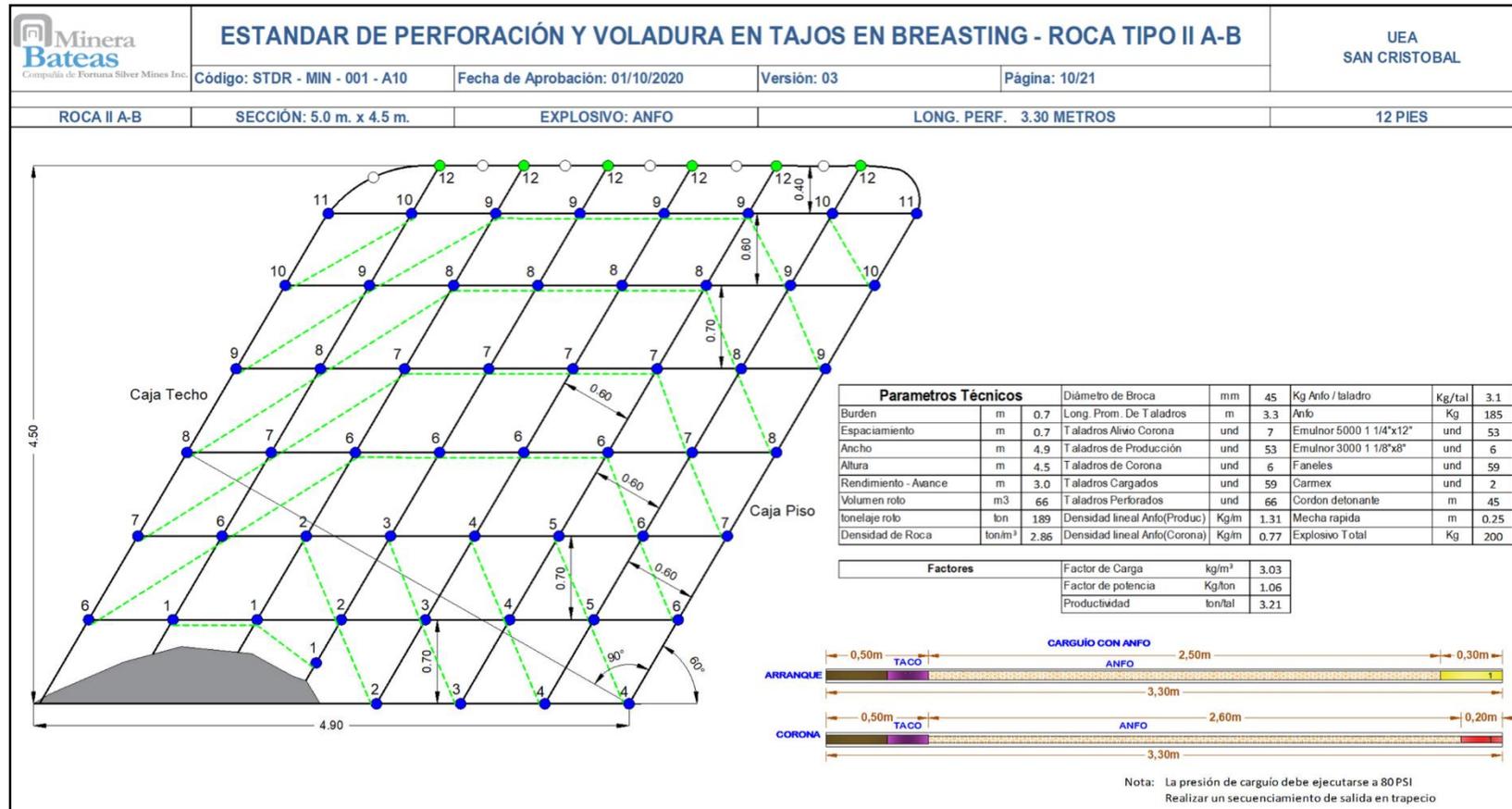


Figura 3. 6 Estándar de Perforación y Voladura de Tajos en Breasting.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

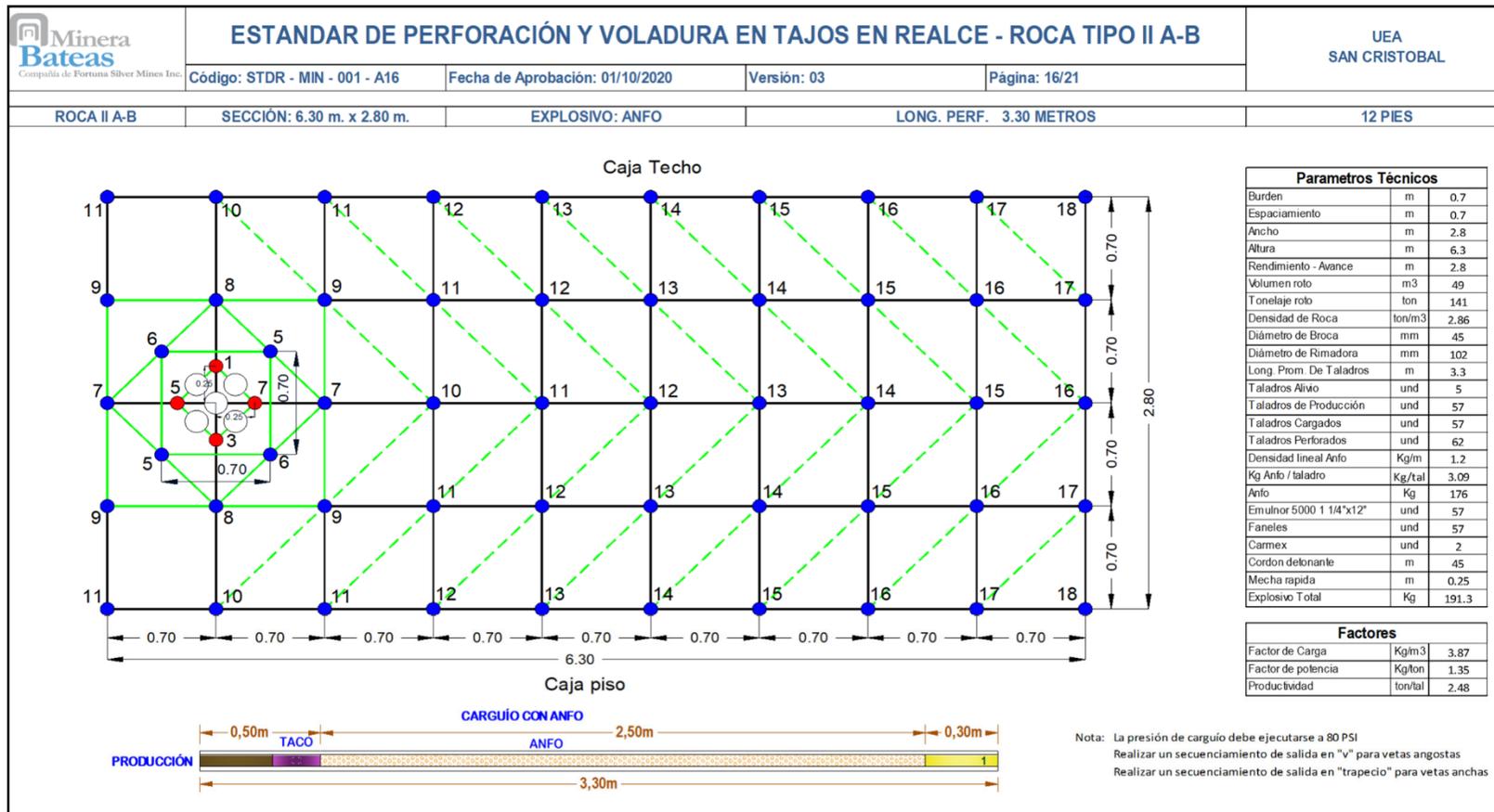


Figura 3. 7 Estándar de Perforación y Voladura de Tajos en Realce.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

3.2.3.1.3 Sostenimiento

El sostenimiento en los tajeos actualmente se realiza mediante la aplicación del concreto lanzado (shotcrete) combinados con malla electrosoldada, pernos expansivos, pernos de fricción y pernos cementados- resina según el estándar de sostenimiento actual. En inspecciones visuales a la masa rocosa en los frentes evaluados se observa un deterioro importante en las propiedades resistentes de la masa rocosa como resultado del proceso de voladura, esto probablemente asociado al tipo de explosivos, accesorios de voladura empleados y carencia del control de calidad (monitoreo de vibraciones, restricciones mediante VPPC). Esta situación de daño al macizo rocoso actualmente conlleva a sobredimensionar el sostenimiento, elevando los costos, incrementa la dilución y genera condiciones subestándares (masas rocosas disturbadas, sobre- excavadas e inestables).

3.2.3.1.4 Limpieza del mineral

La limpieza de mineral desde los tajeos se realiza usando equipos LHD. Las distancias de acarreo (desde los tajeos a las cámaras de carguío y/o desde los tajeos a los volquetes directamente) es variable entre los 100 a 400 metros, la capacidad de los equipos varía desde 3.0 – 4.2 - 6.0 yd³.

3.2.3.1.5 Preparación para el relleno

La preparación para el relleno hidráulico es sencilla, consiste en orden y limpieza, iluminación del área de trabajo, marcado de nivel de relleno según la variante de explotación Realce- Breasting, conformación de barreas (dique- tapón), protección de barreas con yute para evitar pérdida de finos, tendido de tuberías; en el caso del relleno

detrítico la preparación consiste en el orden y limpieza, iluminación del área de trabajo, marcado del nivel de relleno según la variante de explotación Realce- Breasting.

3.2.3.1.6 Relleno

En los tajeos en el caso relleno hidráulico la pulpa de relaves gruesos es transportada por tuberías desde la planta de relleno hasta los tajeos; en el caso del relleno detrítico este se realiza utilizando equipos LHD. Las distancias de acarreo entre los puntos de acumulación de desmonte y los tajeos a rellenar varían entre 100- 350 metros. La capacidad de los equipos varía desde “3.0 – 4.2 - 6.0 yd³”. El relleno se constituye una componente fundamental del método de minado y no disponer del mismo en tiempo y volumen genera condiciones subestándares de minado (alturas de excavación que van desde los 4.0 a 7.0 metros, anchos que van desde 5.0 a 15.0 metros, donde el uso de barretillas es limitado por su alcance y la carencia de iluminación), genera inestabilidad de las paredes del tajeos (descompresiones- relajación), además significa una restricción total para continuar con el ciclo de minado (paraliza las operaciones en el tajeo, generando rotación del personal con la consecuente disipación de recursos y baja productividad hombre- guardia).

La secuencia de minado se puede visualizar en la Figura 3.8 y Figura 3.9.

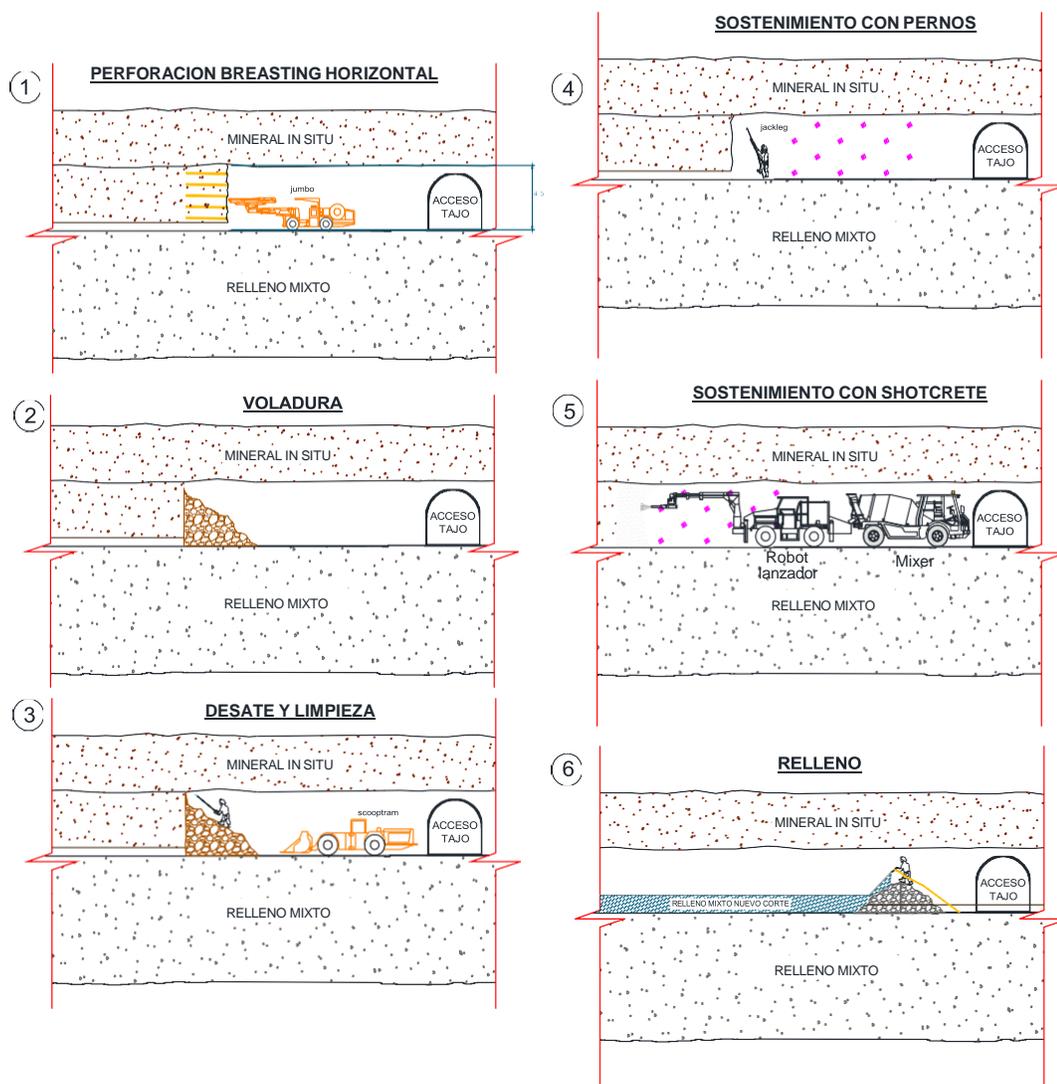


Figura 3. 8 Corte y Relleno Ascendente Mecanizado.
Fuente: Elaboración Propia

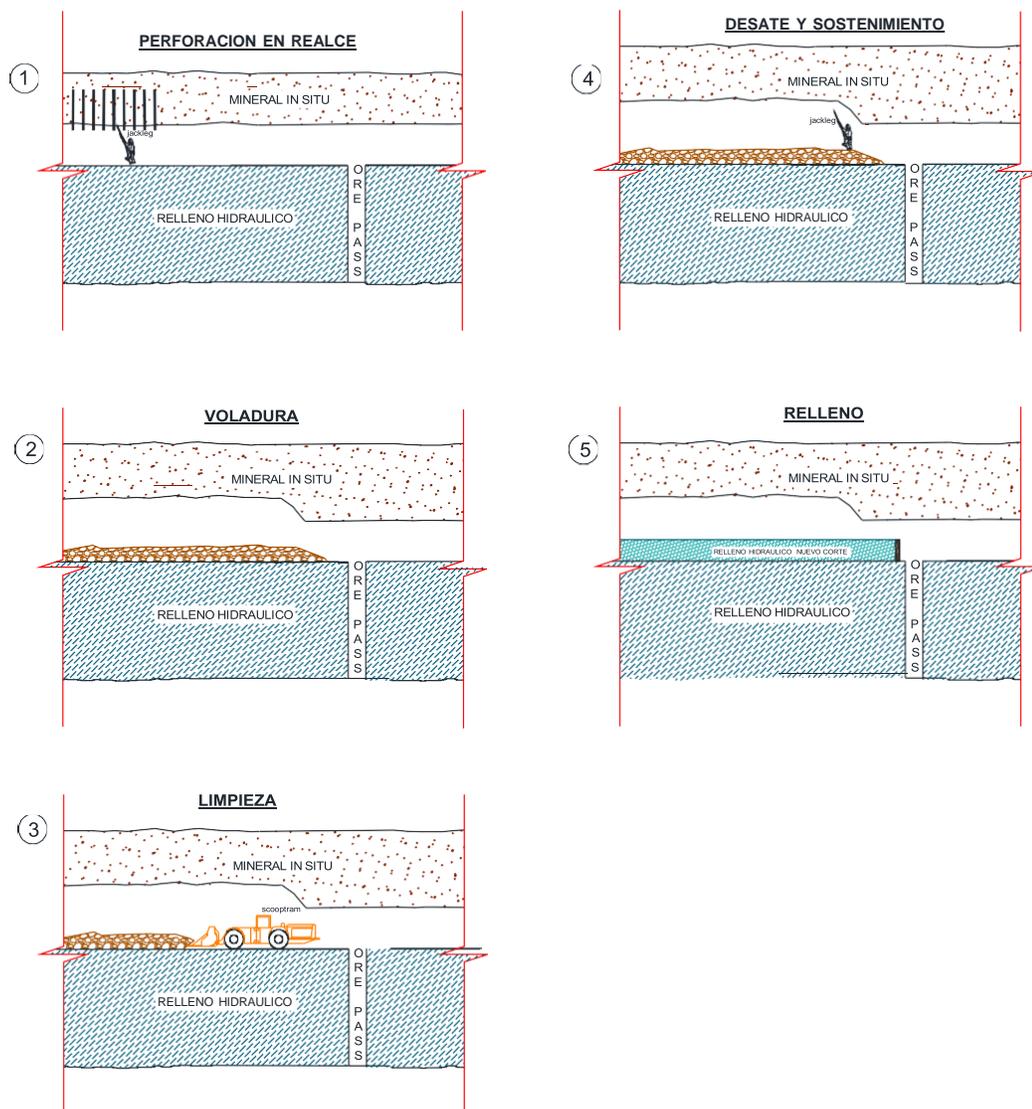


Figura 3. 9 Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado.

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2 Costos de minado

El Costo Mina con el método de Corte y Relleno ascendente por las actividades se puede apreciar en la Tabla 3.9.

Tabla 3. 9 Costos de Minado

Actividad	US\$/t
Supervisión Mina	1.56
Preparación	8.20
Desquinche	0.98
Explotación	10.03
Acarreo y carguío	0.53
Sostenimiento	11.85
Relleno	2.84
Transportes	2.73
Servicios auxiliares	6.32
Energía	3.10
Total	48.14

Fuente: Elaboración Propia

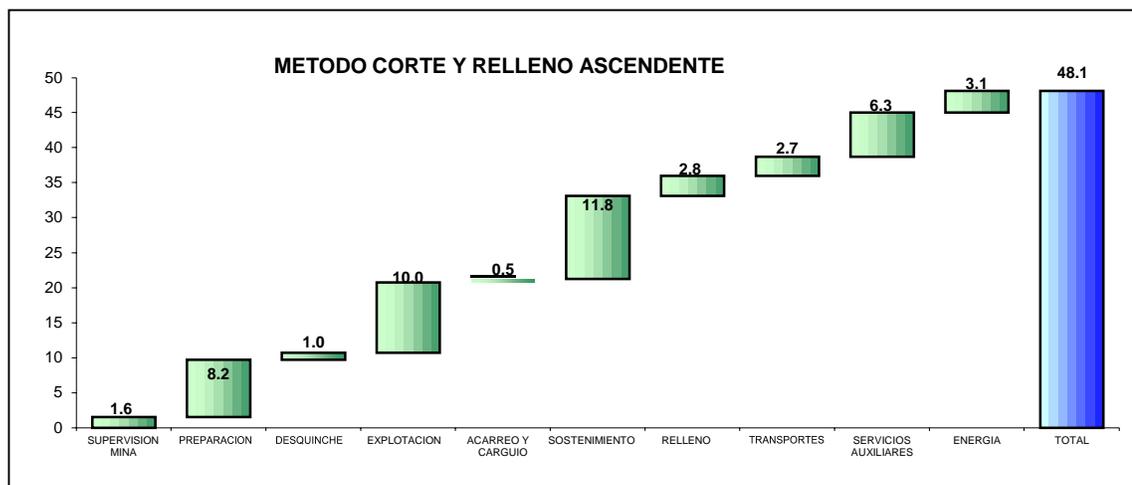


Figura 3. 10 Costos de Minado de Corte y Relleno Ascendente.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3.3 Costo Total

Los costos totales del método Corte y Relleno Ascendente se detallan en la Tabla 3.10.

Tabla 3. 10 Costos de Explotación y Operación Mina

Actividad	US\$/t
Mina	48.14
Planta	15.01
Servicios generales	16.08
Servicios administrativos	13.32
Distribución	7.81
Relaciones comunitarias	0.88
Management fee	0.79
Costo Total	102.04

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Método de Explotación Bench & Fill

Es un método de corte y relleno ascendente, dividido en subniveles para la perforación de taladros largos, aplicado a una estructura mineralizada, veta o cuerpo que requiere relleno, en este caso con material detrítico.

Se cuenta con estudios geomecánicos un modelo geomecánico conceptual 3D, actualizado que abarca las estructuras mineralizadas y su entorno físico, en el cual se tiene escenarios favorables para aplicación del método Bench and Fill (Masas rocosas con RMR IIIA y IIIB).

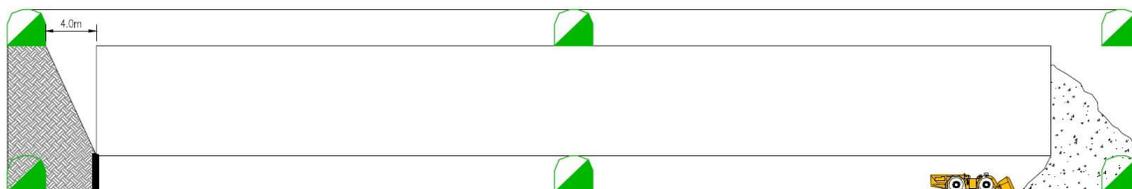
Se ha considerado como estrategia empezar a trabajar en el límite inferior de altura de banco que recomienda el estudio geomecánico, cuyo rango es altura de banco de 8.0 m a 10 m propuestos para la primera fase de aplicación del SLS (Recomendación geomecánica, rango de 10 m – 18 m).

El método consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, por lo cual consta de cuatro subniveles de preparación (3.5 m x 3.5 m) distanciados verticalmente por un banco de 8 a 10 metros,

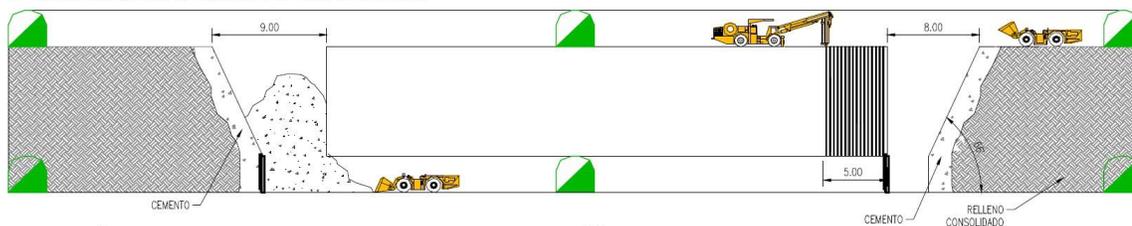
se tiene una rampa principal de extracción de mineral (3.5 m x 3.5 m) y ventanas (3.5 m x 3.5 m) tanto de limpieza como de relleno para cada banco. La perforación se realiza con equipos de perforación diseñados para perforación de taladros largos con un rendimiento estimado de 70m/guardia, la limpieza se realiza con scooptrams de 4.1 yd³ y 6.0 yd³ con telemando, el relleno principal es detrítico proveniente de las labores de avance. El ciclo de minado consiste en perforar, disparar, limpiar y rellenar respetando el parámetro geomecánico de abertura máxima sin sostenimiento. Este método de explotación tiene impacto favorable en la seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro. La Figura 3.11 nos muestra la secuencia de minado del método de explotación Bench & Fill.



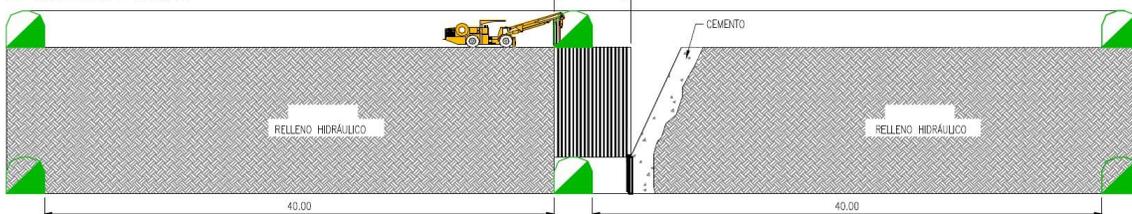
4.- LIMPIEZA Y RELLENO DE LA PRIMERA TAJADA.



5.- MINADO POR TAJADAS EN RETIRADA Y RELLENO EN AVANZADA.



6.- FINALIZACIÓN DEL CICLO.

**Figura 3. 11** Secuencia de Minado del Método Bench & Fill.**Fuente:** Elaboración Propia.

3.2.4.1 Diseño

Para el diseño de los bloques o cámaras de explotación se debe considerar los siguientes aspectos técnicos:

- Estabilidad de la labor.
- Estudio geomecánico.
- Equipo de perforación
- Altura y ancho de las cámaras de explotación

La altura de la labor se estima de acuerdo con el equipo de perforación a utilizar, teniendo siempre en cuenta que se cumpla con las condiciones de estabilidad requerida. Con el fin de aminorar la desviación de las perforaciones a realizar, estas se pueden hacer de forma descendente con equipos DTH.

El análisis para definir el ancho de una cámara de explotación está directamente relacionado con la estabilidad del bloque, siendo además necesario el uso de pilares.

3.2.4.2 Accesos

El diseño de los principales accesos se muestra en la siguientes Figuras.

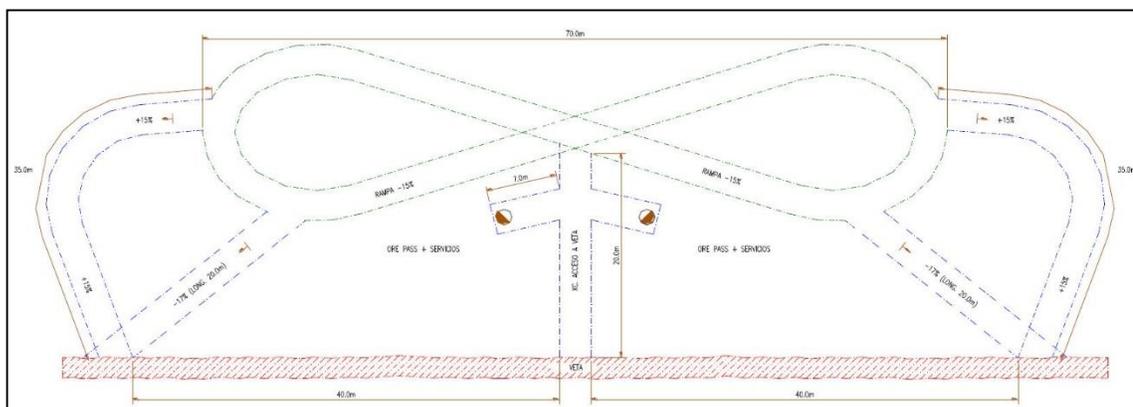


Figura 3. 12 Rampa con dos accesos. Vista en Planta.

Fuente: Elaboración Propia.

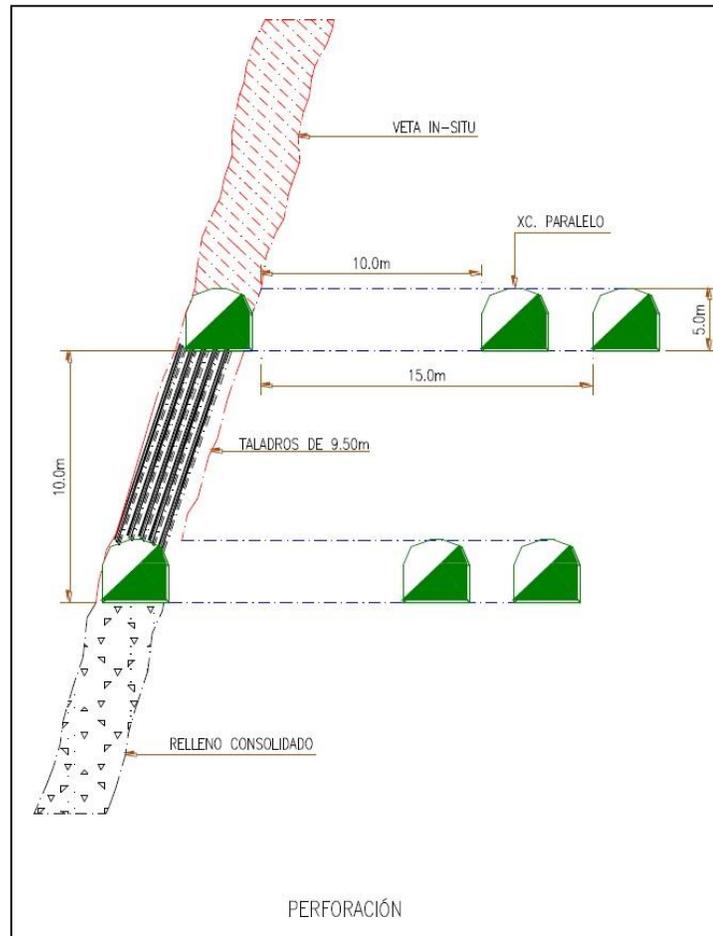


Figura 3. 13 Vista Transversal de Perforación.
Fuente: Elaboración Propia.

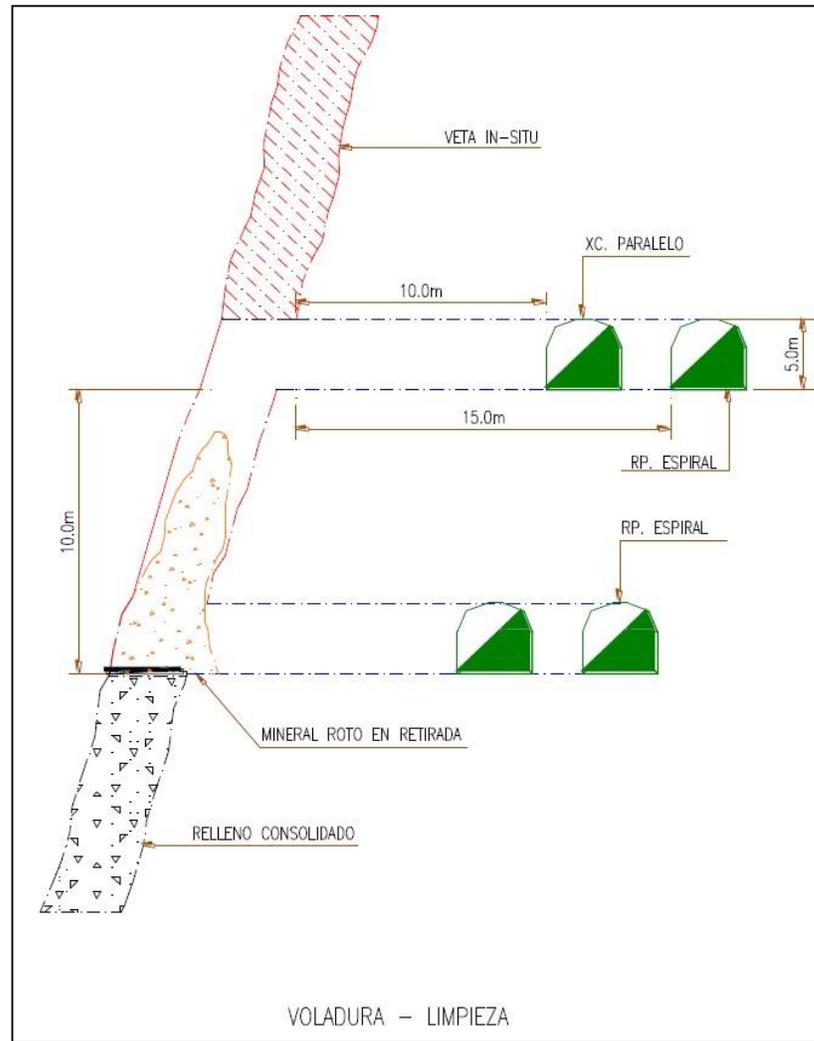


Figura 3. 14 Vista Transversal de Voladura y Limpieza.
Fuente: Elaboración Propia.

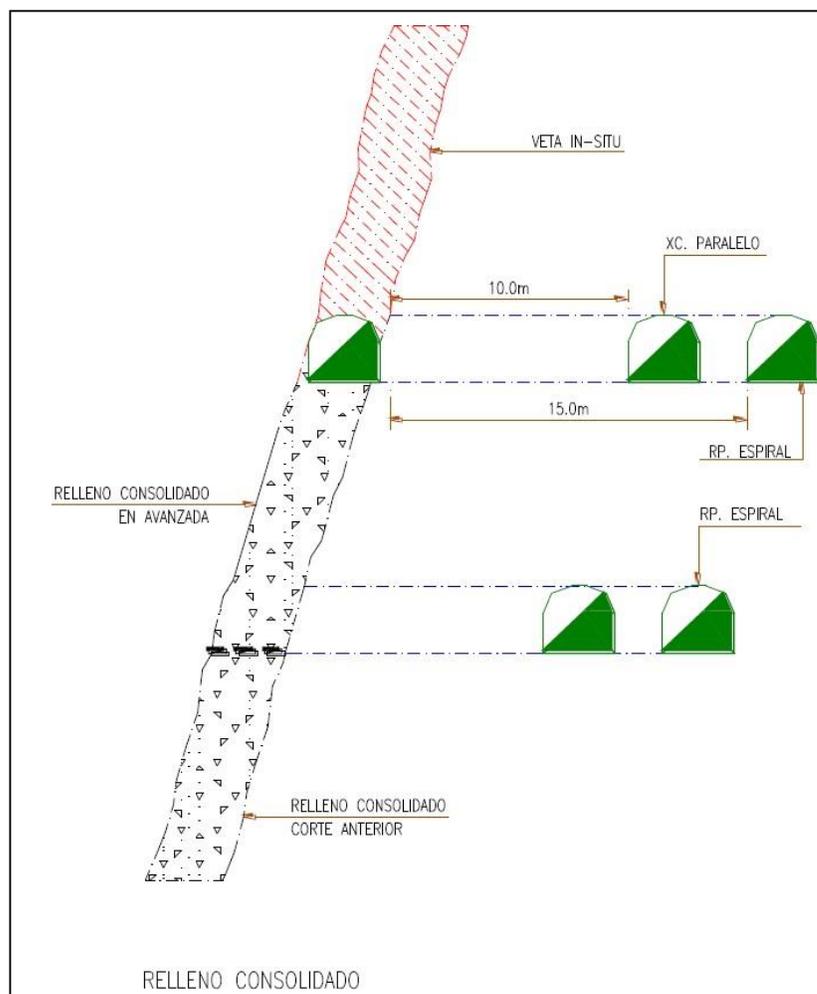


Figura 3. 15 Vista Transversal de Relleno Consolidado.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4.3 Labores de desarrollo y preparación del Bench and Fill

Labores mineras necesarias para la explotación de un bloque mineralizado del yacimiento (vías de transporte, accesos, ventilación, etc.). Entre estas se tiene el nivel de producción y el nivel superior de perforación.

3.2.4.3.1 Nivel de producción

Es una galería de extracción y transporte el cual asegura que el diseño no tenga inconvenientes en todo el nivel. Sirven para el transporte de equipos de carguío, teniendo en cuenta en el diseño los movimientos permitidos, la sección adecuada, cuidando de las vías para evitar accidentes en plena galería de transporte.

Las estocadas se diseñan para evitar dificultades en el tránsito de equipos mineros; teniendo en cuenta lo siguiente: La longitud varía de acuerdo a las cámaras de explotación, principalmente a su dimensionamiento y geometría del bloque de mineral; La estabilidad del tajo depende de la distancia de las estocadas y del ancho de las unidades de explotación.

3.2.4.3.2 Nivel Superior de Perforación

El objetivo es perforar mediante equipos DTH de arriba hacia abajo, con una orientación paralela de nivel a nivel; teniendo en cuenta los diseños paramétricos mencionados anteriormente. Su acceso es por roca estéril y sirve para llegar al nivel que se va a explotar; contando con una pendiente de -12% a +12% dependiendo de los parámetros de diseño.

3.2.4.3.3 Rampas

La rampa para la preparación en el método Bench and Fill es una labor inclinada (+/-) 12% que sirve de acceso a la zona mineralizada y preparar los subniveles inferior y superior.

3.2.4.3.4 Ventanas de carguío

Las ventanas de acceso son la que nos permite acceder a los subniveles tanto del nivel de producción y nivel superior de perforación. Las ventanas de carguío o de extracción unen la ventana de acceso al subnivel en veta, dichas ventanas permitirán evacuar el mineral por la chimenea ore pass.

3.2.4.3.5 Subniveles

Los subniveles tienen una sección de 3.0 m x 3.0 m, estando ubicados entre el nivel de producción y los niveles de perforación. Normalmente, los subniveles se utilizan solo dentro de las áreas donde son necesarios para la producción de mineral.

3.2.4.3.6 Galerías

Esta labor que se utiliza para transporte se ubica a lo largo del yacimiento en un nivel principal. Las disposiciones en el trazado de las Galerías de Base en los tajeos de preparación son de acuerdo al diseño propuesto por el área de planeamiento bajo ciertas características que se adecúan a la morfología y disposición del cuerpo mineralizado y a las dimensiones adecuadas del tajo para su explotación.

Las posiciones de la galería base en relación a la veta son numerosas, ya que su construcción debe adecuarse a la posición del cuerpo mineralizado. Se puede admitir que para potencias inferiores o iguales a 4 m la galería de base es única, ella sigue la veta dentro de la zona mineralizada en los niveles intermedios.

3.2.4.3.7 Chimenea de ventilación

Labor minera vertical con una inclinación de 70° a 90° y una sección de 1.50 m x 1.50 m, y es ejecutada generalmente en forma convencional. Usos que se dan a las chimeneas:

- Circuitos de ventilación de nivel a nivel.
- Instalaciones de servicios {acceso, instalaciones de agua, aire y energía eléctrica}.

3.2.4.3.8 Ore pass

La construcción de los Ore Passes se desarrolla en desmonte en forma de chimeneas verticales de sección de 2.4 m x 1.50 m.

La construcción de Ore Pass o Echaderos de Mineral, es simple en vetas angostas como es el caso de algunos tajos de la Veta Ánimas donde se extrae un tonelaje bajo de mineral, pero su construcción se torna compleja en vetas de mayor potencia y a mayor tonelaje de producción.

3.2.4.3.9 Chimeneas slot

Es una labor que tiene una sección de 1.50 m x 1.50 m, con una inclinación de 70° a 90°. Nos facilita la generación de una cara libre (slot) para la explotación del bloque mineralizado mediante el método de explotación Bench & Fill. El objetivo de realizar slot con equipos electrohidráulico cumple los siguientes fines.

- Mecanizar la construcción de chimeneas slot a fin de minimizar el nivel del riesgo asociado respecto a la seguridad, salud y medio ambiente.
- Evitar incidentes y/o accidentes por excavación de chimeneas convencionales.

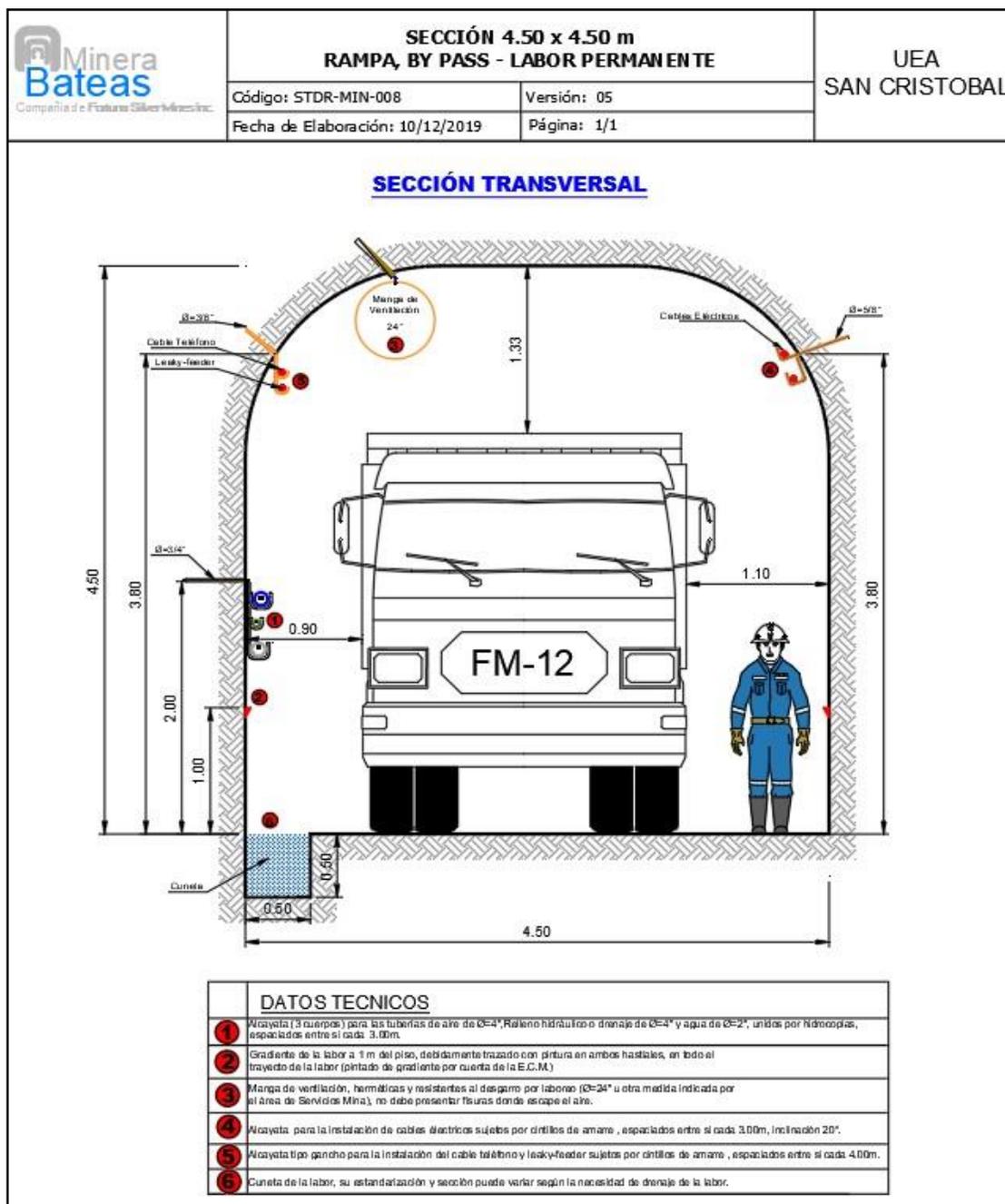


Figura 3. 16 Estándar de Labor Permanente de 4.50 m x 4.50 m.
Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

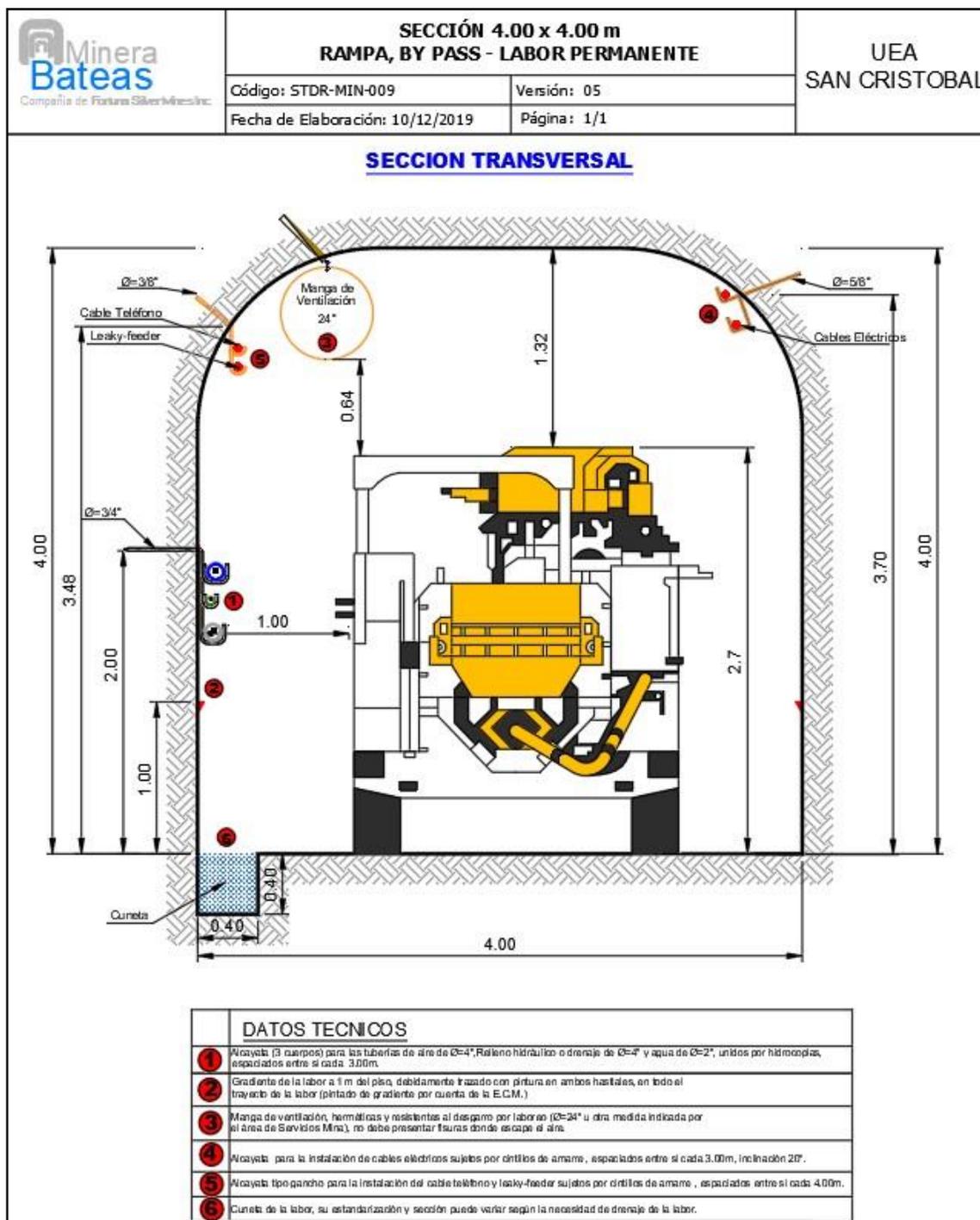


Figura 3. 17 Estándar de Labor Permanente de 4.00 m x 4.00 m.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

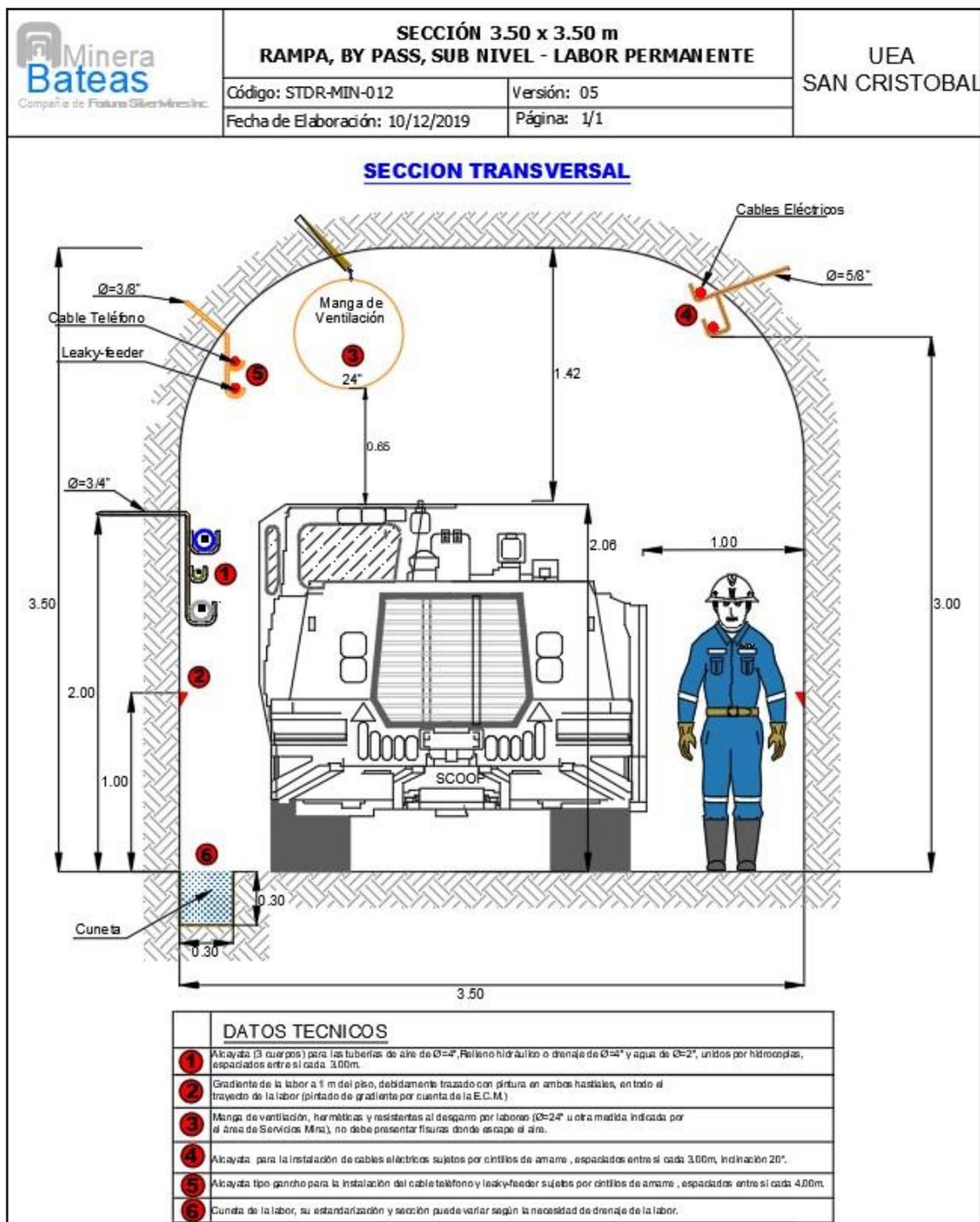


Figura 3. 18 Estándar de Labor Permanente de 3.50 m x 3.50 m.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

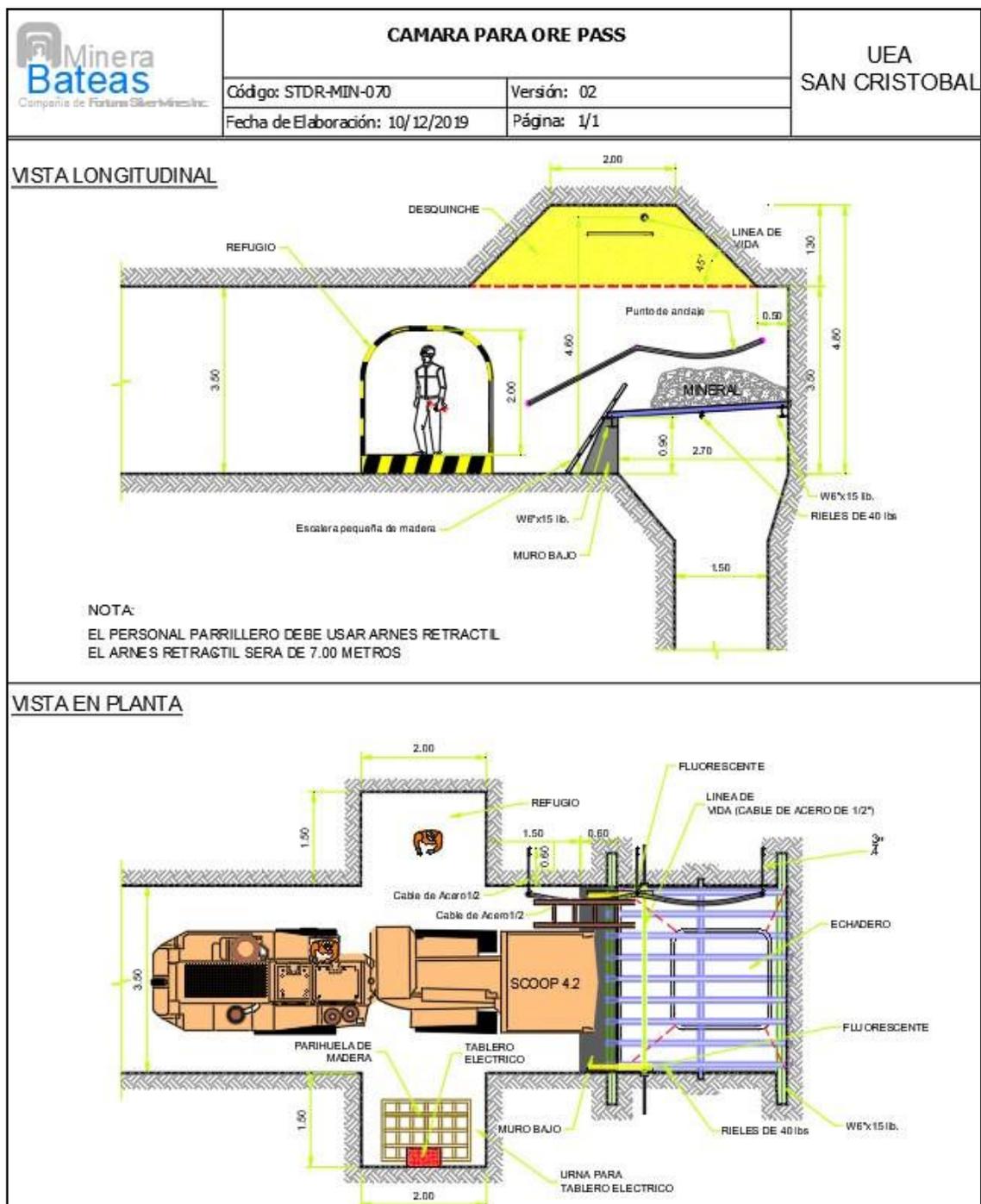


Figura 3. 19 Cámara de Ore Pass.

Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

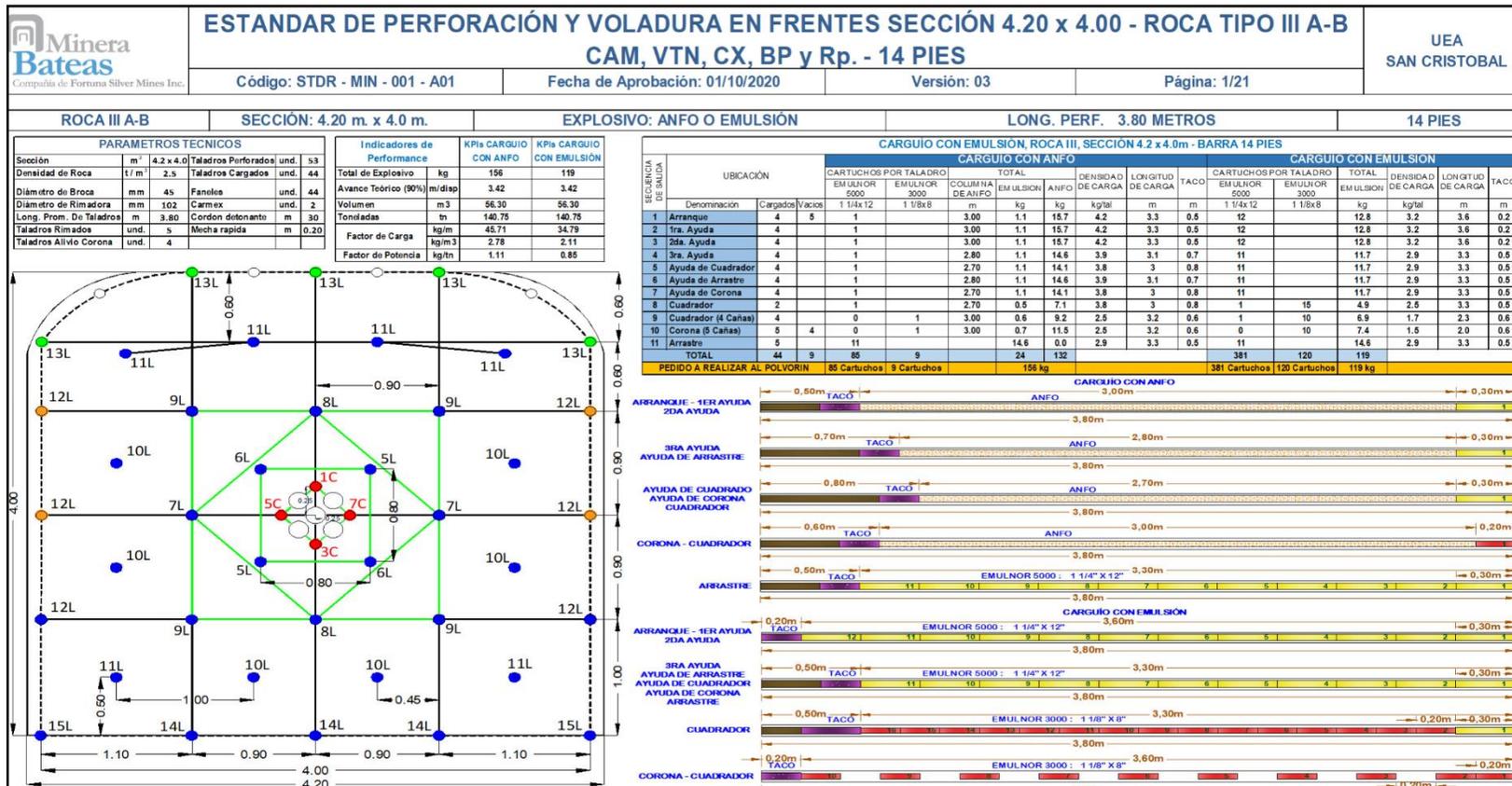


Figura 3. 20 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 4.20 m x 4.00 m.
Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

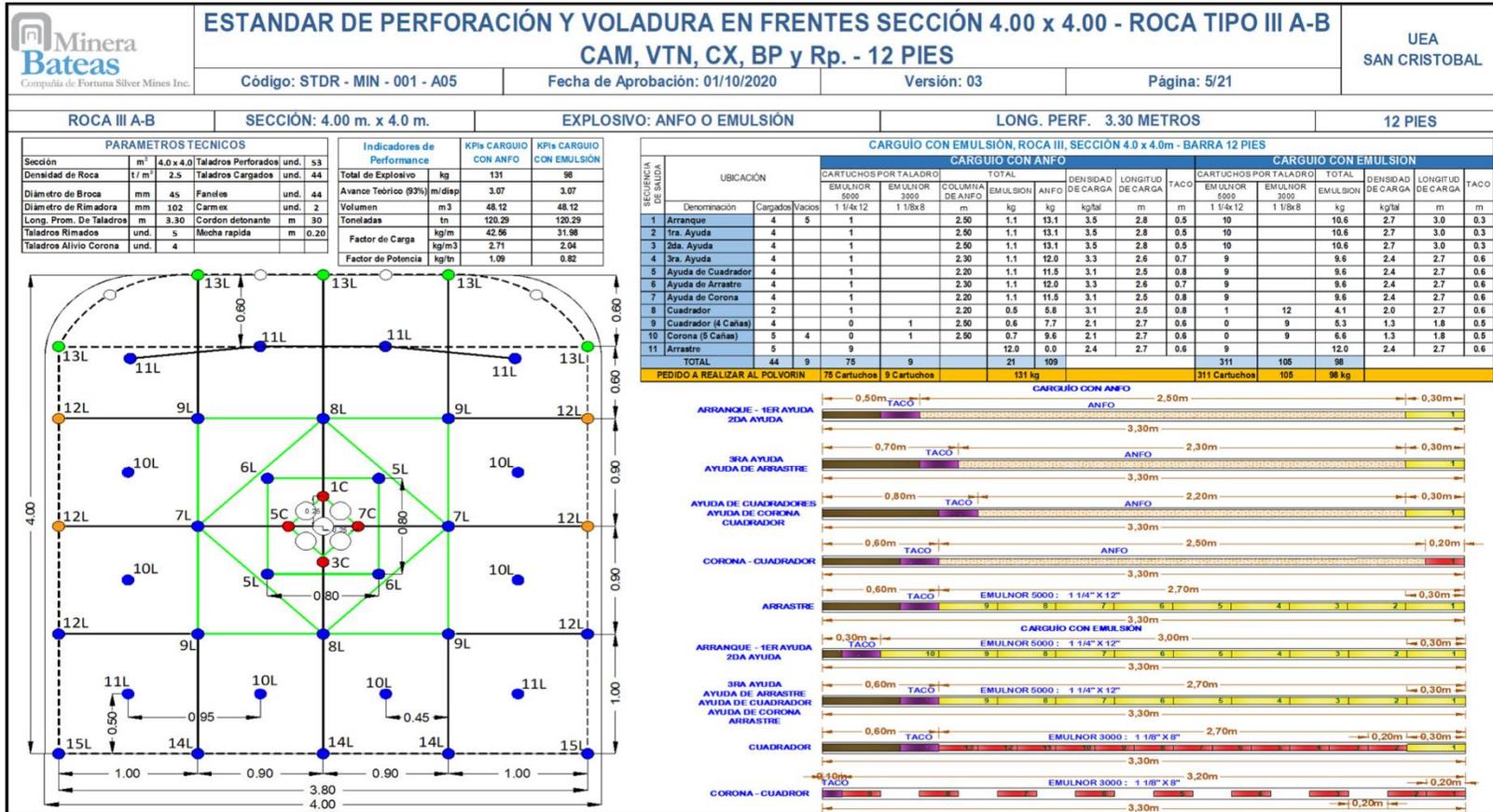


Figura 3. 21 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 4.00 m x 4.00 m.
Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

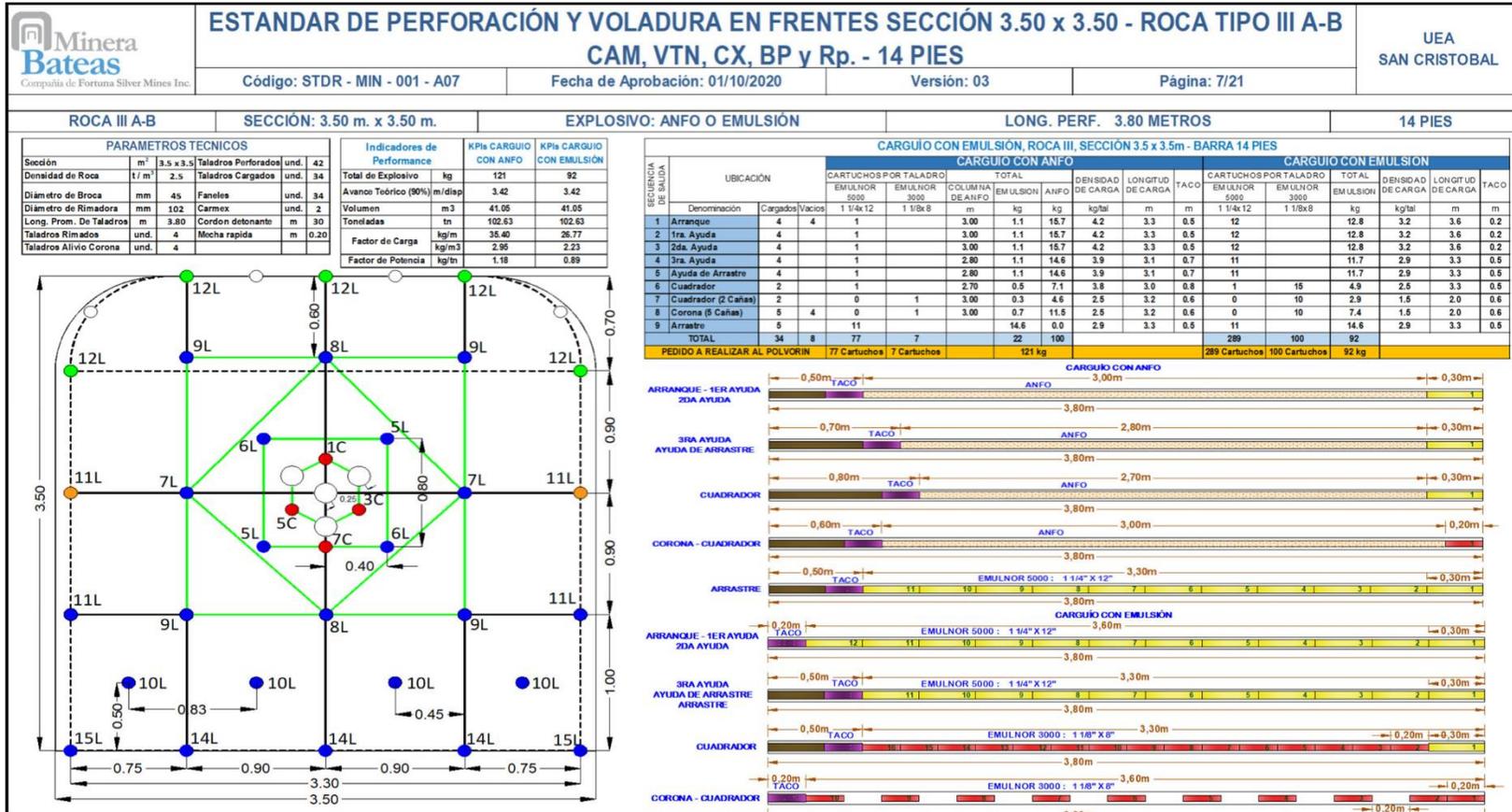


Figura 3. 22 Estándar de Perforación y Voladura de Cruceros, By Passes, Ventanas y Rampas de 3.50 m x 3.50 m.
Fuente: Plan de Minado 2021, Minera Bateas SAC

3.2.4.4 Operaciones unitarias

Perforación. Los taladros de producción son paralelos y negativos, el diámetro propuesto es de 64 mm (2.5 pulgadas). La construcción del slot será mediante 2 métodos, “Burn cut hole o corte quemado” (taladros paralelos orientados hacia taladros de mayor diámetro 5 pulgadas-127 mm) o por el método “Vertical Cráter Retreat o VCR”, taladros de gran diámetro todos ellos se cargan orientando su salida hacia el nivel inferior basados en el principio de la carga esférica, usualmente se aplica en rocas de mediana dureza.

Voladura. Se emplea el anfo y emulsiones como agentes de voladura; faneles, carmex, y mecha rápida como accesorios.

Limpieza. Se emplea cargadores de bajo perfil de 4.1 o 6.1 yd³ operados a telemando.

Relleno. Para esta etapa se utiliza material detrítico producto de los desarrollos y preparaciones, el relleno debe realizarse apenas se concluya con la limpieza para restituir los esfuerzos que trabajan sobre las cajas y tener condiciones óptimas para la siguiente voladura.

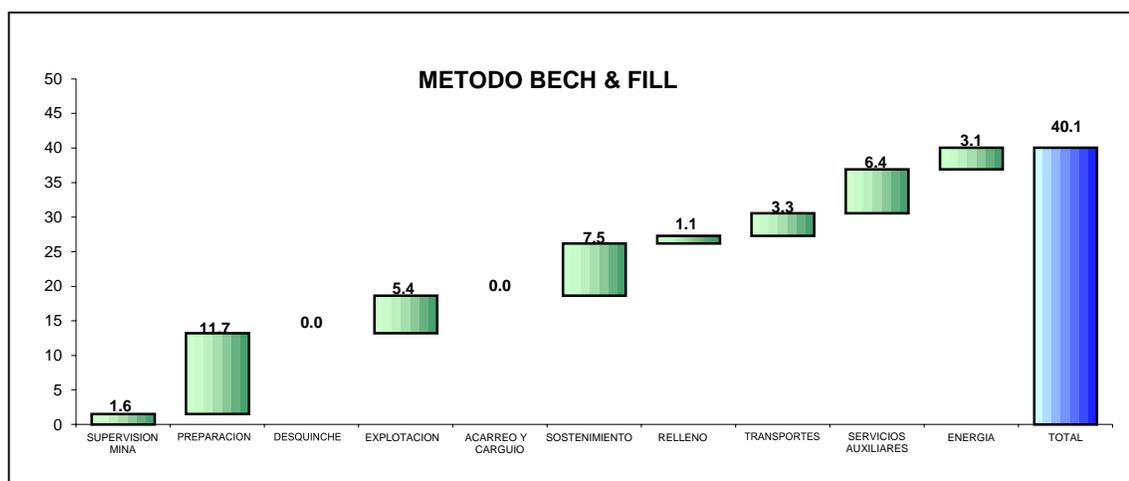
3.2.4.5 Costos de minado

La Tabla 3.11 nos muestra el costo de minado con el método de Bench & Fill.

Tabla 3. 11 Costos de Minado.

Actividad	US\$/t
Supervisión Mina	1.56
Preparación	11.67
Desquinche	0.00
Explotación	5.45
Acarreo y carguío	0.00
Sostenimiento	7.53
Relleno	1.10
Transportes	3.30
Servicios auxiliares	6.36
Energía	3.10
Total	40.06

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3. 23** Costo de Minado del Método Bench & Fill.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.6 Costo total

La Tabla 3.12 muestra el costo total del método Bench & Fill.

Tabla 3. 12 Costo Total

Actividad	US\$/t
Mina	40.06
Planta	15.01
Servicios generales	16.08
Servicios administrativos	13.32
Distribución	7.81
Relaciones comunitarias	0.88
Management fee	0.79
Costo Total	93.95

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 3.13 muestra el comparativo de costos del método Bench & Fill Vs Cut & Fill.

Tabla 3. 13 Comparativo de costo de minado de Bench & Fill Vs. Cut & Fill

Actividad	Bench & Fill	Cut & Fill	Δ BF vs CF
	US\$/t	US\$/t	
Supervisión Mina	1.6	1.6	0.0
Preparación	11.7	8.2	3.5
Desquinche	0.0	1.0	-1.0
Explotación	5.4	10.0	-4.6
Acarreo y carguío	0.0	0.5	-0.5
Sostenimiento	7.5	11.8	-4.3
Relleno	1.1	2.8	-1.7
Transportes	3.3	2.7	0.6
Servicios auxiliares	6.4	6.3	0.0
Energía	3.1	3.1	0.0
Total	40.1	48.1	-8.1

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, los principales costos de la operaciones unitarios que resultan más económicos en la aplicación del método Bench & Fill.

Desquinche; los desquiches para los batidos de corte a corte en el método de minado de Cut & Fill (1.0 US\$/t), en Bench & Fill (0.0US\$/t) no requiere.

Explotación; El método de Cut & Fill (10.0US\$/t) resulta más caro por el avance de explotación en brestring y de corte a corte, el Bench & Fill (5.4US\$/t) es en bancadas de 8 a 10 metros de altura.

Sostenimiento; En el método de Cut & Fill (11.8US\$/t) requiere más sostenimiento tanto en las labores de preparación como el de explotación, por su explotación en brestring o avance disparo a disparo y obligatoriamente labor disparada labor sostenida esto hace que los costos de sostenimiento sean mas que el Bench & Fill (7.5US\$/t).

Relleno; En el método de Cut & Fill (2.8US\$/t) requiere relleno detrítico y relleno hidráulico, en cuanto al método Bench & Fill (1.1US\$/t) solo requiere de relleno detrítico que es el desmonte de los avances lineales.

Al final en el costo de minado unitario (US\$/t) de Bench & Fill resulta 8.1 US\$/t menos que el método Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill).

3.2.4.7 Ventajas del Método Bench & Fill

El método de Bench & Fill permite que la extracción del mineral de los tajos sea realizada con eficiencia y mayor productividad llegando a 110 ton/hombre debido a su manejable mecanización, este método permite que el ritmo de producción sea elevado llegando a más de 4000 ton al mes, además de ser segura permite la fácil ventilación entre voladuras realizadas en subniveles. La dilución está por debajo del 20% mientras que la recuperación del mineral es superior al 90%. Menor desquinche porque no requiere ejecutar batidos como en el método Cut & Fill, también el minado de bancos hace que no se requiera de sostenimiento.

El método de Bench & Fill tiene impacto favorable en la seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro.

3.2.4.8 Desventajas del Método Bench & Fill

Si bien es cierto que se requiere de inversión en cuanto a la preparación para su explotación, pero esta es mínima comparada al resultado de VPN (valor presente neto) del método Bench & Fill que es US\$ 99,789,000 en comparación al método Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill) que es US\$ 74,607,000, es decir US\$ 25,182,000 más como resultado, es decir 33.7% más que el método Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill).

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Estado de Resultados con el Método Actual y con el Método Propuesto

4.1.1 Proyección de precios de los minerales de oro, plata, plomo y zinc

La proyección de los precios de la plata, oro, plomo y zinc para los años 2021 al 2027 está de acuerdo con los que ha sido adoptados por Minera Bateas SAC.

Tabla 4. 1 Proyección de los Precios de los Metales

Metal	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ag	US\$ / oz	20	20	20	20	20	20	20
Au	US\$ / oz	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450
Pb	US\$ / t	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
Zn	US\$ / t	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Proyección de la producción de minerales

El mineral extraído, procesado, así como, las reservas correspondientes, referentes al lapso del año 2021 al 2027 está de acuerdo con los que han sido considerados por Minera Bateas SAC.

Tabla 4. 2 Proyección de Reservas y Producción de Minerales.

Item	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Reservas y Recursos	t	3,285,902	2,750,403	2,214,902	1,677,902	1,142,402	606,892	71,324
Mineral Extraído	t	535,500	535,500	535,500	537,000	535,500	535,510	535,568
Mineral Procesado	t	535,500	535,500	535,500	537,000	535,500	535,510	535,568

Fuente: Minera Bateas SAC

4.1.3 Estados de Resultados con el Método Corte y Relleno Ascendente

Se han confeccionado los estados de resultados de los años 2021 al 2027, en base a los precios de los metales de la Tabla 4.1 y del mineral extraído, procesado y las reservas consideradas en la Tabla 4.2. Los cálculos obtenidos se presentan en la Tabla 4.3.

4.1.4 Estados de Resultados con el Método Bench & Fill

La Tabla 4.4 muestra los cálculos conseguidos para los estados de resultados de los años 2021 al 2027, se han calculado mediante a los precios de los metales de la Tabla 4.1 del mineral extraído, procesado y las reservas consideradas en la Tabla 4.2.

Tabla 4. 3 Estados de Resultados en miles de dólares con el Método Actual.

Item	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	US\$ 000	74,027	74,659	79,255	75,482	70,248	76,263	74,787
Ingresos por Plata	US\$ 000	17,698	18,250	17,863	14,215	12,712	14,796	27,982
Ingresos por Oro	US\$ 000	0	0	0	0	0	0	870
Ingresos por Plomo	US\$ 000	23,608	24,815	26,261	23,232	20,248	21,752	18,664
Ingresos por Zinc	US\$ 000	32,721	31,594	35,131	38,035	37,288	39,716	27,271
Costos de Producción	US\$ 000	-40,618	-40,141	-39,161	-40,002	-39,885	-41,005	-39,065
Mina	US\$ 000	-21,879	-21,403	-20,423	-21,252	-21,147	-22,266	-20,326
Planta	US\$ 000	-7,470	-7,470	-7,470	-7,482	-7,470	-7,470	-7,471
Servicios Generales	US\$ 000	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855
Servicios Administrativos	US\$ 000	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413
Otros Gastos	US\$ 000	-8,277	-8,484	-8,846	-8,691	-8,446	-8,698	-8,559
Royalty and Mining tax current	US\$ 000	-1,145	-948	-1,094	-897	-719	-849	-786
Depreciación	US\$ 000	-9,233	-16,340	-17,666	-19,023	-20,268	-21,291	-24,036
Utilidad Operativa	US\$ 000	14,754	8,747	12,488	6,870	930	4,421	2,340
Participación de los Trabajadores (8%)	US\$ 000	-1,180	-700	-999	-550	-74	-354	-187
Utilidad Antes de Impuestos	US\$ 000	12,429	7,100	10,394	5,424	136	3,219	1,367
Impuestos (29.5%)	US\$ 000	-3,666	-2,094	-3,066	-1,600	-40	-950	-403
Utilidad Neta	US\$ 000	8,762	5,005	7,328	3,824	96	2,269	963

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 4 Estado de Resultado en miles de dólares con el Método Bench & Fill

Item	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	US\$ 000	74,027	74,659	79,255	75,482	70,248	76,263	74,787
Ingresos por Plata	US\$ 000	17,698	18,250	17,863	14,215	12,712	14,796	27,982
Ingresos por Oro	US\$ 000	0	0	0	0	0	0	870
Ingresos por Plomo	US\$ 000	23,608	24,815	26,261	23,232	20,248	21,752	18,664
Ingresos por Zinc	US\$ 000	32,721	31,594	35,131	38,035	37,288	39,716	27,271
Costos de Producción	US\$ 000	-32,960	-32,650	-32,013	-32,564	-32,483	-33,211	-31,951
Mina	US\$ 000	-14,222	-13,912	-13,275	-13,814	-13,745	-14,473	-13,212
Planta	US\$ 000	-7,470	-7,470	-7,470	-7,482	-7,470	-7,470	-7,471
Servicios Generales	US\$ 000	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855
Servicios Administrativos	US\$ 000	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413
Otros Gastos	US\$ 000	-8,277	-8,484	-8,846	-8,691	-8,446	-8,698	-8,559
Royalty and Mining tax current	US\$ 000	-1,443	-1,189	-1,361	-1,121	-913	-1,086	-980
Depreciación	US\$ 000	-9,093	-16,037	-17,168	-18,281	-19,209	-19,998	-22,743
Utilidad Operativa	US\$ 000	22,253	16,299	19,867	14,826	9,197	13,270	10,554
Participación de los Trabajadores (8%)	US\$ 000	-1,780	-1,304	-1,589	-1,186	-736	-1,062	-844
Utilidad Antes de Impuestos	US\$ 000	19,030	13,806	16,916	12,519	7,548	11,122	8,730
Impuestos (29.5%)	US\$ 000	-5,614	-4,073	-4,990	-3,693	-2,227	-3,281	-2,575
Utilidad Neta	US\$ 000	13,416	9,733	11,926	8,826	5,321	7,841	6,154

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Evaluación Económica con el Método de Explotación Actual y el Propuesto

Según Sapag Chain (2011), el modelo para la valoración de los activos de capital CAPM sirve para calcular la valoración de los activos de capital (CAPM, por sus siglas en inglés: Capital Assets Price Model).

$$rE = rf + \beta(rM - rf) + Rp$$

Donde:

rE = Retorno esperado de la industria

rf = Tasa libre de riesgo

β = Beta promedio de 5 años

$(rM - rf)$ = Prima de riesgo de mercado

Rp = riesgo país

4.3 Evaluación Económica del Método de Explotación Corte y Relleno

Ascendente

Según la fórmula del CAPM se procedió a realizar el cálculo de la tasa de descuento que se utilizará en la evaluación económica del método de Corte y Relleno Ascendente.

$$rE = rf + \beta(rM - rf) + Rp$$

Donde:

rE = Retorno esperado de la industria

rf = 1.57%

De acuerdo con los datos extraídos de Yahoo Finance (2021) se obtuvo el siguiente valor del β .

$$\beta = 1.18$$

$$(rM - rf) = 5.20\%$$

Según el banco de inversión JP Morgan, el riesgo país de Perú cerró este 21 de junio en 1.42 puntos porcentuales, Diario Gestión (2021).

$$Rp = 1.42\%$$

$$rE = 1.57\% + 1.18 * 5.20\% + 1.42\% = 9.44\%$$

Esta tasa de descuento se usó para encontrar el Valor Presente Neto (VPN) de los flujos de caja de los 2021 al 2027, como se presenta en la Tabla 4.4.

4.4 Evaluación Económica del Método de Explotación Bench & Fill

Para realizar la evaluación económica del método Bench & Fill se utilizó la tasa de descuento de 9.44% para calcular el Valor Presente Neto (VPN) de los flujos de caja del año 2021 al 2027, tal como se puede apreciar en la Tabla 4.5.

$$rE = rf + \beta (rM - rf) + Rp$$

rE= Retorno esperado de la industria

rf= Tasa libre de riesgo

β = Beta promedio de 5 años

(rM-rf) = Prima de riesgo de mercado

Rp= riesgo país

rf	β	(rM-rf)	Rp	rE
1.57%	1.18	5.2%	1.42%	9.44%

Tabla 4. 5 Evaluación Económica en miles de dólares con el Método Corte y Relleno Ascendente.

Item	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	US\$ 000	74,027	74,659	79,255	75,482	70,248	76,263	74,787
Costos de Producción	US\$ 000	-40,618	-40,141	-39,161	-40,002	-39,885	-41,005	-39,065
<i>Mina</i>	US\$ 000	-21,879	-21,403	-20,423	-21,252	-21,147	-22,266	-20,326
<i>Planta</i>	US\$ 000	-7,470	-7,470	-7,470	-7,482	-7,470	-7,470	-7,471
<i>Servicios Generales</i>	US\$ 000	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855
<i>Servicios Administrativos</i>	US\$ 000	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413
Otros Gastos	US\$ 000	-8,277	-8,484	-8,846	-8,691	-8,446	-8,698	-8,559
Royalty and Mining tax current	US\$ 000	-1,145	-948	-1,094	-897	-719	-849	-786
Depreciación	US\$ 000	-9,233	-16,340	-17,666	-19,023	-20,268	-21,291	-24,036
Utilidad Operativa	US\$ 000	14,754	8,747	12,488	6,870	930	4,421	2,340
Participación de los Trabajadores (8%)	US\$ 000	-1,180	-700	-999	-550	-74	-354	-187
Utilidad Antes de Impuestos	US\$ 000	12,429	7,100	10,394	5,424	136	3,219	1,367
Impuestos (29.5%)	US\$ 000	3,666	2,094	3,066	1,600	40	950	403
Utilidad Neta	US\$ 000	8,762	5,005	7,328	3,824	96	2,269	963
Depreciación	US\$ 000	9,233	16,340	17,666	19,023	20,268	21,291	24,036
Cambio en el Capital de Trabajo	US\$ 000	1,426	-56	-376	316	415	-466	71
Inversiones	US\$ 000	-12,421	-9,318	-7,299	-6,010	-4,430	-2,563	-4,985
Flujo de Caja Neto	US\$ 000	7,001	11,971	17,319	17,152	16,349	20,532	20,086
VPN (9.44%)	US\$ 000	74,607						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 6 Evaluación Económica en miles de dólares con el Método Bench & Fill.

Item	Unidades	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	US\$ 000	74,027	74,659	79,255	75,482	70,248	76,263	74,787
Costos de Producción	US\$ 000	-32,960	-32,650	-32,013	-32,564	-32,483	-33,211	-31,951
<i>Mina</i>	US\$ 000	-14,222	-13,912	-13,275	-13,814	-13,745	-14,473	-13,212
<i>Planta</i>	US\$ 000	-7,470	-7,470	-7,470	-7,482	-7,470	-7,470	-7,471
<i>Servicios Generales</i>	US\$ 000	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855	-5,855
<i>Servicios Administrativos</i>	US\$ 000	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413	-5,413
Otros Gastos	US\$ 000	-8,277	-8,484	-8,846	-8,691	-8,446	-8,698	-8,559
Royalty and Mining tax current	US\$ 000	-1,443	-1,189	-1,361	-1,121	-913	-1,086	-980
Depreciación	US\$ 000	-9,093	-16,037	-17,168	-18,281	-19,209	-19,998	-22,743
Utilidad Operativa	US\$ 000	22,253	16,299	19,867	14,826	9,197	13,270	10,554
Participación de los Trabajadores (8%)	US\$ 000	-1,780	-1,304	-1,589	-1,186	-736	-1,062	-844
Utilidad Antes de Impuestos	US\$ 000	19,030	13,806	16,916	12,519	7,548	11,122	8,730
Impuestos (29.5%)	US\$ 000	5,614	4,073	4,990	3,693	2,227	3,281	2,575
Utilidad Neta	US\$ 000	13,416	9,733	11,926	8,826	5,321	7,841	6,154
Depreciación	US\$ 000	9,093	16,037	17,168	18,281	19,209	19,998	22,743
Cambio en el Capital de Trabajo	US\$ 000	1,323	-54	-372	312	415	-471	80
Inversiones	US\$ 000	-11,421	-8,318	-6,299	-5,010	-3,430	-2,063	-4,985
Flujo de Caja Neto	US\$ 000	12,412	17,398	22,424	22,408	21,516	25,306	23,993
VPN (9.44%)	US\$ 000	99,789						

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- El costo de minado para el método de minado en Bench and Fill es 40.06 dólares por tonelada y del método de minado por corte y relleno ascendente es de 48.14 dólares por tonelada, por lo tanto, el costo de minado del método Bench & Fill representa el 83.22% del costo de minado del método Corte y Relleno Ascendente.
- Dentro del costo de minado para el método Bench and Fill se tienen actividades favorables significativas en costo, como son en explotación, sostenimiento, representando 54.32% y 63.58% con respecto al método de minado por Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill).
- En el método de minado en Bench and Fill, la actividad de relleno del banco, se requiere relleno detrítico casi en su totalidad, permitiendo el empleo del desmonte proveniente de las labores de avance y evitando la extracción a superficie. Y el costo en relleno representa 38.55% con respecto al método de minado por Corte y Relleno Ascendente (Cut & Fill).
- La secuencia de minado dependerá de la dirección de minado recomendada por geomecánica, la distribución de leyes del cuerpo y la ubicación de los accesos.
- Como resultado del comparativo de la Evaluación Económica entre método de minado Bench and Fill y el Método Corte y Relleno Ascendente resulta un VPN 99,789 miles de dólares vs. 74,607 miles de dólares respectivamente a una tasa de 9.44%. De igual manera el Estado de Resultado en Miles de dólares resulta favorable para el método de minado en Bench and Fill. Por último, es importante

mencionar que el hecho de invertir en la implementación del método de minado Bench and Fill resulta sumamente atractivo.

RECOMENDACIONES

- El análisis de costos y evaluación económica de la implementación del método de Bench & Fill, requiere el conocimiento de todo el proceso operativo del método de Bench & Fill y de toda la empresa desde el proceso inicial como la exploración, desarrollo, preparación, explotación, procesamiento de minerales y comercialización.
- La implementación progresiva del método Bench & Fill es favorable en el aspecto económico como por ejemplo en el menor desquinche, porque no requiere ejecutar batidos como en el método Cut & Fill, también el minado de bancos hace que no se requiera de sostenimiento y en tema de seguridad el impacto es favorable por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Aquino Meza, E. (2020).** *Implementación del Método de Minado Bench and Fill en la veta Mary del tajo 120 de la Unidad Productora Carahuacra de Volcan Compañía Minera S. A. A.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8459>
2. **Arboleda Vélez, G. (2001).** *Proyectos: Formulación Evaluación y Control (Cuarta ed.). Cali, Colombia: AC Editores.*
3. **Ayuque Carrera, M. (2020).** *Optimización de la Recuperación de Mineral en el Método de Bench and Fill con Taladros Largos en la veta Magistral Centro - Tajo 4230 de Minera Trevali Perú - Unidad Santander.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8034>
4. **Banco Central de Reserva. (Febrero de 2021).** *Cotizaciones Internacionales.* Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/cotizaciones-internacionales>
5. **Curilla Ricse, Y., & Muñoz Aguirre, J. (2019).** *Incremento de la Producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C.* Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5465>
6. **Defensoría del Pueblo. (12 de agosto de 2021).** *Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 209 – agosto 2021.* Obtenido de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-209-julio-2021.pdf>

7. **Diario Gestión. (21 de junio de 2021).** *Riesgo país de Perú bajó un punto básico y cerró en 1.42 puntos porcentuales.* Obtenido de <https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-bajo-un-punto-basico-y-cerro-en-142-puntos-porcentuales-noticia-2/?ref=gesr>
8. **Escalante Atencio, J. (2018).** *Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.* Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1383/1/T026_70864825_T.pdf
9. **Estudios Mineros del Perú SAC. (29 de enero de 2018).** *Manual de Minería.* Obtenido de https://issuu.com/isemvirtual/docs/_3_manual_de_miner_a_estudios_mi
10. **Funds Society. (23 de marzo de 2021).** *La economía-de-china continuara recuperándose en 2021.* Obtenido de <https://www.fundssociety.com/es/noticias/mercados/SCHAM20-la-economia-de-china-continuara-recuperandose-en-2021>
11. **Harraz, H. (Febrero de 2010).** *Underground mining Methods.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301833045_Underground_mining_Methods
12. **Herrera Herbert, J. (2020).** *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV: Métodos de explotación de interior.* Obtenido de http://oa.upm.es/62726/1/METODOS_MINERIA_INTERIOR_LM1B4T4R0-20200406.pdf

13. **Hustrulid, W. A., & Bullock, R. L. (2001).** *Underground Mining Methods. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).*
14. **Jorquera Villaroel, M. (2015).** *Método de Explotación Bench & Filly sus Aplicación en Minera Michilla.* Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/134586>
15. **Lozano León, J. (Octubre de 2012).** *Optimización del Diseño en el Minado de Vetas Paralelas con el Método "Bench & Fill" -Mina San Cristóbal.* Obtenido de https://www.academia.edu/9697048/OPTIMIZACION_DEL_DISEÑO_EN_EL_MINADO_DE_VETAS_PARALELAS_CON_EL_MTODO_BENCH_and_FILL_MINA_SAN_CRISTBAL
16. **Minera Bateas SAC (2021).** *Plan de Minado 2021. Lima.*
17. **Ministerio de Energía y Minas. (Marzo de 2021).** *Perú: Un País con Oportunidades Mineras.* Obtenido de [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/VARIOS/PDAC/PERU%20PDAC%20\(SP\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/VARIOS/PDAC/PERU%20PDAC%20(SP).pdf)
18. **Sapag Chain, N (2011).** *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión (Segunda ed.). (I. Fernández Maluf, Ed.) Santiago de Chile, Chile: Pearson Education.*
19. **Vilca Casazuela C, (2018).** *Diseño e implementación del método de explotación Bench and Fill Stopping en vetas angostas tipo rosario, para incrementar la producción – Minera Chalhuane SAC.* Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7056>

20. **Yahoo Finance, (10 de julio de 2021).** *Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business.* Obtenido de <https://finance.yahoo.com/>

ANEXO N° 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN BENCH & FILL PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE MINADO EN LA COMPAÑÍA MINERA BATEAS SAC”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO
<p><u>Problema General</u> ¿Cómo influye la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>1. Cómo repercute la evaluación geomecánica en la implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p> <p>2. ¿Cómo influye el proceso de perforación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p>	<p><u>Objetivo General</u> Implementar el Método de Explotación Bench & Fill para la Reducción de Costos de Minado en la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>1. Llevar a cabo una evaluación geomecánica para justificar la implementación del método de explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p>2. Realizar la reducción de costos de minado en el proceso de perforación mediante la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p>3. Efectuar la reducción de costos de minado en el proceso de voladura por medio de la Implementación del</p>	<p><u>Hipótesis General</u> A través de la implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se reducirán los costos de minado.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>1) Mediante una evaluación geomecánica se justificará la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill para la reducción de costos de minado de la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p>2) Mediante la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC. se realizará la reducción de costos de minado en el proceso de perforación.</p>	<p><u>Variable Independiente X</u></p> <p>X1= Evaluación Geomecánica X2= Proceso de Perforación. X3= Proceso de Voladura. X4= Proceso de Limpieza de Mineral. X5 = Proceso de Relleno X6 = Evaluación Económica</p> <p><u>Variable Dependiente</u> Y= Reducción de Costos de Minado.</p>	<p><u>Indicadores de X</u> X1= Obtención de parámetros Geomecánicos: RMR, GSI, RQD. X2=Control de costos del proceso de perforación. X3=Control de costos del proceso de voladura, X4=Control de costos del proceso de limpieza de mineral. X5=Control de costos del proceso de relleno. X6= Comparación de costos de minado.</p> <p><u>Indicadores de Y</u> Control y monitoreo de la implementación del método de explotación Bench & Fill.</p>	<p><u>Tipo de Investigación</u> Aplicada</p> <p><u>Nivel de Investigación</u> - Explicativo - Descriptivo - Correlacional</p> <p><u>Diseño de Investigación</u> Cuasiexperimental</p> <p><u>Población</u> xxx trabajadores xx directivos xx jefes y profesionales xx operarios</p> <p><u>Muestra</u> Muestra n La determinamos usando la fórmula: $n = \frac{2}{d} \times \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{(N-1) + Z^2 \times p \times q}$ q donde: N= Total de la población n=Tamaño de la muestra Z= 1.96 (al 95%)</p>

<p>3. ¿Cómo contribuye el proceso de voladura del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p> <p>4. ¿Cómo impacta el proceso de limpieza de mineral del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p> <p>5. ¿Cómo incide el proceso de relleno del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p> <p>6. ¿Cómo repercute la evaluación económica en la implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Reducción de Costos de Minado de la Compañía Minera Bateas SAC?</p>	<p>Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p>4. Alcanzar la reducción de costos de minado en el proceso de limpieza de mineral en base a la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SCA.</p> <p>5. Lograr la reducción de costos de minado en el proceso de relleno por intermedio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.</p> <p>6. Llevar a cabo una evaluación económica para justificar la reducción de costos de minado a través de la implementación del método de explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC.</p>	<p>3) Por medio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se efectuará la reducción de costos de minado en el proceso de voladura.</p> <p>4) En base a la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se alcanzará la reducción de costos de minado en el proceso de limpieza de mineral.</p> <p>5) Por intermedio de la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill en la Compañía Minera Bateas SAC se logrará la reducción de costos de minado en el proceso de relleno.</p> <p>6) Mediante una evaluación económica se justificará la Implementación del Método de Explotación Bench & Fill para la reducción de costos de minado de la Compañía Minera Bateas SAC.</p>			<p>p= Proporción esperada= 5% de error q= 1-p d= Error máximo permitido (3%)</p> <p><u>Técnicas en recolección</u></p> <p>La técnica a emplearse será la de: Observación, Análisis, encuesta.</p> <p><u>Instrumentos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Guía de entrevista. - Cuestionario. - Guía de Análisis. - Documental. - Guía de Observación.
---	--	---	--	--	---

ANEXO N° 2



Ley N° 30035
Respositorio Nacional Digital



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERIA**

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA EN EL PORTAL DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL
DE LA UNI**

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y nombres: RONDÁN ANDRADE, JHON RAFAEL

D.N.I: 31652257

Teléfono casa: celular: 943 775 021

Correos electrónicos: rondanj@hotmail.com

2. DATOS ACADÉMICOS

Grado académico: Bachiller

Mención: Ingeniería de Minas

3. DATOS DE LA TESIS

Título:

“GESTIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN BENCH & FILL PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE MINADO DE UNA MINA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA SUR DEL PERÚ”

Año de publicación: 2022

A través del presente, autorizo a la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, la publicación electrónica a texto completo en el Repositorio Institucional, el citado título.

Firma:

Fecha de recepción: 01/03/2022

ANEXO Nº 3

CURRICULUM VITAE

JHON RAFAEL RONDAN ANDRADE

jrondan@cip.org.pe / rondanj@hotmail.com



Ingeniero de Minas con más de 20 años con experiencia en planeamiento de mina corto, mediano y largo plazo, proyectos, costos y evaluación económica para determinar el VAN óptimo, en función a los objetivos de la empresa. Como planificador, analizar integralmente con la Geología y Mina, que permita explotar técnicamente el yacimiento, considerando las variables operacionales y restricciones. Además, desarrollar la planificación minera que permita encontrar oportunidades de desarrollo de la operación en base a la seguridad. Con disposición para asumir nuevos retos profesionales a la par de los cambios e innovaciones tecnológicas, capacitándome permanentemente.

Aptitud para el trabajo en equipo, asumiendo un liderazgo basado en la organización, coordinación de esfuerzos y cultura de la calidad para el logro de objetivos.

EXPERIENCIA

- Minera Bateas S.A.C.–Fortuna Silver Mines Inc. (2019 – actual), Superintendencia de Planeamiento, Ingeniería & Proyectos. *Jefe de Planeamiento*
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C. – Unidad Parcoy (2018 – 2019), Gerencia de Planeamiento e Ingeniería
Superintendente de Planeamiento e Ingeniería.
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C.–Unidad Parcoy (2014 –2018), Gerencia de Planeamiento e Ingeniería
Jefe de Planeamiento y Proyectos.
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C. – Unidad Parcoy (2010 – 2013), Gerencia de Planeamiento e Ingeniería
Jefe de Planeamiento y Diseño.
- Compañía Minera Raura S.A.C. – Mina Raura – E.E. MICONG S.R.L. (2008), Dpto. de Operaciones Mina
Jefe de Guardia Mina.
- Minera Barrick Misquichilca S.A.C. – Mina Pierina – E.E. M&H GRUOP S.A.C. (2007)
Ingeniero de Seguridad y Administrador de contrato.
- NISOL S.A.C. Ingeniería & Construcción (2003-2004)
Ingeniero de Proyectos.
- BHPBilliton Corporation – BHPBilliton Tintaya S.A. (2000-2002), Gerencia de Planeamiento, Geología y Exploraciones, Dpto. de Planeamiento. *Ingeniero de Proyectos.*
- Southern Perú – Unidad Minera Cuajone (1999), Superintendencia de Planeamiento, Dpto. de Planeamiento. *Planeamiento Corto Plazo (prácticas profesionales)*
- Compañía Minera Santa Luisa S.A. – Unidad Minera Huanzala (1999), Dpto. Operaciones Mina
Operaciones Mina (prácticas profesionales)
- Centromin Perú S.A. – Unidad Minera Morococha (1998), Dpto. Operaciones Mina
Operaciones Mina (prácticas profesionales)
- Compañía Minera de Caylloma S.A. – Unidad Minera Caylloma (1997), Dpto. Operaciones Mina
Operaciones Mina (prácticas profesionales)

ASPECTOS ACADÉMICOS

- Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) - Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Ingeniero de Minas
- Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) - Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas
Ingeniero Industrial
- Colegio de Ingenieros del Perú – CIP 124539

CURRICULUM VITAE

JHON RAFAEL RONDAN ANDRADE

jrondan@cip.org.pe / rondanj@hotmail.com



Mining Engineer with more than 20 years of experience, in short, medium, and long term mine planning, projects, costs, and economic evaluation to determine the optimal NPV, based on the company's objectives. As a planner, analyze comprehensively with the Geology and Mine, which allows the deposit to be technically exploited, considering the operational variables and restrictions. In addition, develop mining planning that allows finding opportunities for the development of the operation based on safety. Willing to take on new professional challenges along with changes and technological innovations, constantly training myself.

Aptitude for teamwork, assuming leadership based on the organization, coordination of efforts, and quality culture for the achievement of objectives.

EXPERIENCE

- Minera Bateas S.A.C–Fortuna Silver Mines Inc. (2019 – current), Superintendence of Planning, Engineering & Projects. *Head of Planning*
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C. – Parcoy Unit (2018 – 2019), Planning and Engineering Management *Superintendent of Planning and Engineering.*
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C. – Parcoy Unit (2014 –2018), Planning and Engineering Management *Head of Planning and Projects.*
- Consorcio Minero Horizonte S.A.C. – Parcoy Unit (2010 – 2013), Planning and Engineering Management *Head of Planning and Design.*
- Compañía Minera Raura S.A.C – Mina Raura – EE MICONG SRL (2008), Mine Operations Department) *Chief of Mine Guard.*
- Minera Barrick Misquichilca S.A.C – Pierina Mine – EE M&H GRUOP SAC (2007) *Security Engineer and Contract Administrator.*
- NISOL SAC Engineering & Construction (2003-2004) *Project Engineer.*
- BHPBilliton Corporation – BHPBilliton Tintaya S.A. (2000-2002), Planning, Geology and Exploration Management, Planning Department. *Project Engineer .*
- Southern Peru – Cuajone Mining Unit (1999), Planning Superintendency, Planning Department. *Short Term Planning (professional practices)*
- Compañía Minera Santa Luisa S.A. – Huanzala Mining Unit (1999), Mine Operations Department *Mine Operations (professional practices)*
- Centromin Perú SA – Morococha Mining Unit (1998), Mine Operations Department *Mine Operations (professional practices)*
- Compañía Minera de Caylloma S.A. – Caylloma Mining Unit (1997), Mine Operations Department *Mine Operations (professional practices)*

ACADEMIC ASPECTS

- National University of Engineering (UNI) - Faculty of Geological, Mining and Metallurgical Engineering *Mine Engineer*
- Federico Villarreal National University (UNFV) - Faculty of Industrial and Systems Engineering *Industrial Engineer*
- College of Engineers of Peru – CIP 124539