

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

Evaluación técnica económica conceptual de un nuevo sistema de relleno hidráulico para la reducción de costos en la Unidad Minera Caylloma de Minera Bateas S. A. C

Enrique Antonio Huaman Tumba
Pilar Noris Paucar Ricaldi

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos, por guiarnos en el transcurso de nuestra carrera, ser la inspiración y soporte en esos momentos de aciertos y dificultades.

Agradecemos a nuestros padres y docentes de la carrera de Ingeniería de Minas, por guiarnos desde el principio hasta el final, para culminar con éxito nuestra profesión.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedicamos especialmente a Dios, por guiarnos y darnos impulso a alcanzar uno de los objetivos más importantes de nuestra vida.

A nuestros padres, por su dedicación, comprensión y apoyo en todo el periodo que duró la carrera.

A todos nuestros amigos que nos apoyaron impartiendo sus conocimientos y motivándonos a culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	20
1.1. Planteamiento y formulación del problema	20
1.1.1. Planteamiento del problema	20
1.1.2. Formulación del problema	21
1.2. Objetivos	22
1.2.1. Objetivo general	22
1.2.2. Objetivos específicos	22
1.3. Justificación e importancia	22
1.3.1. Justificación social - práctica	22
1.3.2. Justificación académica	22
1.3.3. Justificación económica	23
1.4. Hipótesis de la investigación	23
1.4.1. Hipótesis general	23
1.4.2. Hipótesis específicas	23
1.5. Operacionalización de las variables	23
1.5.1. Variable independiente	23
1.5.2. Variable dependiente	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes del problema	25
2.2. Generalidades de la mina Caylloma	27
2.2.1. Ubicación, accesibilidad y generalidades	27

2.3. Geología -----	28
2.3.1. Geología regional -----	29
2.3.2. Geología local -----	30
2.3.3. Geología estructural -----	32
2.3.4. Geología económica -----	33
2.3.5. Estratigrafía -----	34
2.3.6. Caracterización geo histórica del área -----	35
2.3.7. Modelo de formación del yacimiento -----	35
2.3.8. Geología actual del yacimiento Caylloma -----	36
2.4. Diseño del método de explotación -----	36
2.4.1. Método de minado -----	37
2.4.2. Arquitectura de la mina -----	43
2.5. Método de perforación y voladura para el uso del anfo -----	46
2.5.1. Malla de perforación en tajos -----	46
2.5.2. Método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado: -----	47
2.6. Servicios auxiliares: -----	49
2.6.1. Ventilación principal -----	49
2.6.2. Sistema de bombeo mina Niv-15 integrada al Niv-12 -----	50
2.7. Preparación del relleno hidráulico -----	51
2.7.1. Planta relleno hidráulico Ánimas nivel 5 ½ -----	51
2.7.2. Planta de concreto Ánimas Nivel 06 -----	52
2.8. Bases teóricas del estudio -----	52
2.9. Descripción del proceso del sistema actual de relleno hidráulico -----	53
2.9.1. Desde relave final hasta las bombas Metso -----	53
2.9.2. Desde las bombas Metso hasta los hidrociclones -----	54
2.9.3. Desde los hidrociclones hasta las bombas Goulds pumps -----	55
2.9.4. Desde las bombas Goulds Pumps hasta la relavera San Francisco -----	55
2.9.5. Desde los hidrociclones hasta la planta de relleno hidráulico -----	56
2.9.6. Desde la planta de relleno hidráulico hasta el interior de la mina -----	57
2.10. Balance de masa del sistema de relleno hidráulico -----	58
2.10.1. Balance de masa del sistema actual inspección del sistema de bombeo actual -----	58

2.11. Diagrama de flujo del sistema de relleno hidráulico -----	59
2.12. Equipos instalados en el sistema actual del relleno hidráulico. -----	60
2.13. Cálculos hidráulicos del sistema actual de relleno hidráulico de equipos principales-----	60
2.13.1. Consumo de energía del sistema actual de relleno hidráulico. -----	64
2.13.2. Demanda máxima de energía -----	65
2.13.3. Tiempo estimado de transporte de relleno hidráulico con volquetes. -----	65
2.13.4. Personal asignado a la operación de relleno hidráulico -----	66
2.13.5. Costos US \$/m ³ del sistema actual de relleno hidráulico. -----	66
2.13.6. Conformación del relleno hidráulico. -----	66
2.14. Descripción de alternativas propuestas para el sistema de relleno hidráulico-----	67
2.15. Alternativa N°01 -----	68
2.15.1. Descripción de alternativa -----	68
2.15.2. Estaciones de bombeo-----	70
2.15.3. Tuberías -----	71
2.15.4. Suministro eléctrico-----	72
2.16. Alternativa N°02-----	72
2.16.1. Descripción de alternativa -----	72
2.16.2. Estaciones de bombeo-----	75
2.16.3. Tuberías -----	76
2.16.4. Suministro eléctrico-----	76
2.17. Alternativa N°03-----	77
2.17.1. Descripción de alternativa -----	77
2.17.2. Estaciones de bombeo-----	80
2.17.3. Tuberías -----	80
2.17.4. Suministro eléctrico-----	81
2.18. Alternativa N°04-----	81
2.18.1. Descripción de alternativa -----	81
2.18.2. Estaciones de bombeo-----	84
2.18.3. Tuberías -----	85
2.18.4. Suministro eléctrico-----	85

2.19. Alternativa N°05-----	86
2.19.1. Descripción de alternativa -----	86
2.19.2. Estaciones de bombeo-----	87
2.19.3. Tuberías -----	88
2.19.4. Suministro eléctrico -----	88
2.20. Definición de términos básicos-----	89
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	94
3.1.1. Método de la investigación-----	94
3.1.2. Alcances de la investigación -----	95
3.2. Diseño de la investigación -----	95
3.2.1. Tipo de diseño de investigación-----	95
3.2.2. Nivel de investigación-----	96
El nivel de investigación es descriptivo. -----	96
3.3. Población y muestra -----	96
3.3.1. Población-----	96
3.3.2. Muestra -----	96
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos-----	96
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	96
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	96
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	97
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	97
4.1.1. Análisis de alternativas de relleno hidráulico propuestos -----	97
4.1.2. Análisis económico de alternativas de relleno -----	105
4.1.2.1. Hidráulico propuestos-----	105
4.1.3. Análisis de los criterios de evaluación de alternativas -----	108
4.1.3.1. De relleno hidráulico propuestos-----	108
4.1.4. Matriz de evaluación de alternativas de relleno-----	110
4.1.4.1. Hidráulico propuestos-----	110
CONCLUSIONES-----	112
RECOMENDACIONES-----	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	118
ANEXOS -----	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	24
Tabla 2. Ruta geográfica	27
Tabla 3. Capacidad instalada - ventilación principal.....	49
Tabla 4. Capacidad instalada – bombas estacionarias	51
Tabla 5. Balance de masa situación actual	59
Tabla 6. Balance metalúrgico y reporte servicios mina	60
Tabla 7. Lista de equipos sistema simple cicloneo.....	60
Tabla 8. Cotas-distancias de los sistemas de bombeo Metso y Goulds.....	61
Tabla 9. Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Metso)	61
Tabla 10. Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Goulds)-doble cicloneo .	62
Tabla 11. Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Goulds)-simple cicloneo	63
Tabla 12. Cálculos hidráulicos del sistema de Bombeo (Goulds)-relave total.....	64
Tabla 13. Consumo de energía de las bombas.....	64
Tabla 14. Demanda máxima de las bombas	65
Tabla 15. Transporte y carguío de volquetes	65
Tabla 16. Personal asignado a la operación de relleno hidráulico	66
Tabla 17. Consumos del sistema actual de relleno hidráulico.....	66
Tabla 18. Material de aporte al relleno hidráulico	67
Tabla 19. Equipos electromecánicos para la alternativa N°01	71
Tabla 20. Tuberías a implementar en alternativa N°01	72
Tabla 21. Equipos electromecánicos para la alternativa N°02	75
Tabla 22. Tuberías a implementar en alternativa N°02	76
Tabla 23. Equipos electromecánicos para la alternativa N°03	80
Tabla 24. Tuberías a implementar en alternativa N°03	81
Tabla 25. Equipos electromecánicos para la alternativa N°04	84
Tabla 26. Tuberías a implementar en alternativa N°04	85
Tabla 27. Equipos electromecánicos para la alternativa N°05	87
Tabla 28. Tuberías a implementar en alternativa N°05	88
Tabla 29. Evaluación económica del sistema de relleno hidráulico propuestos	107

Tabla 30. Costos por metro cubico de relleno hidráulico (generado y colocado en mina)	107
Tabla 31: Matriz de evaluación de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	111
Tabla 31. Operacionalización de variables.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la mina	28
Figura N° 2: Mapa de ubicación del distrito de Caylloma.	29
Figura N° 3: Imagen satélite donde se observa el distrito de Caylloma y los lineamientos regionales principales.....	30
Figura N° 4: Mapa geológico simplificado del distrito de Caylloma.	32
Figura N° 5: Imagen satélite e interpretación estructural del distrito de Caylloma.	33
Figura N° 6: Columna estratigráfica simplificada del distrito de Caylloma, donde se reconocen al menos cuatro ciclos volcánicos	35
Figura N° 7: Perfil esquemático regional de la caldera de Caylloma.....	35
Figura N° 8: Modelo de formación del yacimiento.....	36
Figura N° 9: Sección transversal de exploraciones Brownfield	36
Figura N° 10: Minado mecanizado.	40
Figura N° 11: Minado semimecanizado.....	41
Figura N° 12: Minado convencional.....	42
Figura N° 13: Voladura en breasting.	47
Figura N° 14: Voladura en realce.	48
Figura N° 15: Plano isométrico de ventilación.....	50
Figura N° 16: Sistema de bombeo Principal.....	51
Figura N° 17: Ubicación de las instalaciones de la mina Bateas relacionadas al sistema de relleno hidráulico.	53
Figura N° 18: Desde relave final hasta las bombas Metso.....	54
Figura N° 19: Desde las bombas Metso hasta los hidrociclones.....	55
Figura N° 20: Cámara de bombas Goulds 6" x 4" 200 HP.	55
Figura N° 21: Desde las bombas Goulds Pumps hasta la relavera San Francisco o N°03.....	56
Figura N° 22: Ruta de transporte de relleno hidráulico en volquetes desde los hidrociclones hasta la planta de relleno hidráulico.	57
Figura N° 23: Desde la Planta de Relleno Hidráulico hasta Interior Mina.	58
Figura N° 24: Diagrama de Flujo del Sistema Actual de Relleno Hidráulico	59

Figura N° 25: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico Alternativa N°01. ...	70
Figura N° 26: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°02 ...	75
Figura N° 27: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°03 ...	79
Figura N° 28: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°04 ...	84
Figura N° 29: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°05 ...	87
Figura N° 30: Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°05.....	89
Figura N° 31: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°01.	988
Figura N° 32: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°02 .	999
Figura N° 33: Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°02.....	100
Figura N° 34: Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°03..	101
Figura N° 35: Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°04 ..	102
Figura N° 36: Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°04.....	103
Figura N° 37: Esquemático del Sistema de relleno hidráulico alternativa N°05 .	104
Figura N° 38: Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°05.....	105
Figura N° 39: Diagrama de flujo del sistema de relleno hidráulico actual en la unidad minera Caylloma.....	121
Figura N° 40: Diagrama de flujo del sistema de relleno hidráulico proyectado en la unidad minera Caylloma.....	122
Figura N° 41: Estaciones de bombeo de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	12323
Figura N° 42: Sección de las estaciones de bombeo de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	12424
Figura N° 43: Alternativa 02 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	12525
Figura N° 44: Alternativa 03 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	12626
Figura N° 45: Alternativa 04 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	1277

Figura N° 46: Alternativa 05 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	1288
Figura N° 47: Alternativa 01 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma.	1299
Figura N° 48: Alternativa 02 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma.	1300
Figura N° 49: Alternativa 03 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma.	1311
Figura N° 50: Alternativa 04 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma.	13232
Figura N° 51: Alternativa 05 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma.	13333
Figura N° 52: Diagrama de flujo e isométrico de la planta de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.....	13434
Figura N° 53: Diagrama de flujo de la planta de concreto en la unidad minera Caylloma.	1355

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo, la selección de un método óptimo de transporte de relleno hidráulico desde superficie hasta labores subterráneas profundas, perteneciente a la unidad minera Caylloma, de minera Bateas S. A. C.

El presente trabajo de investigación emplea el método analítico, es de carácter descriptivo-explicativo. La investigación es pre experimental, de manera que se observa los resultados de las diferentes alternativas propuestas y su evaluación técnica económica (*Trade Off*) durante el transporte de relleno hidráulico. El instrumento para la recolección de datos fue la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes en la unidad minera Caylloma.

Finalmente, se concluye con el análisis técnico económico de las diferentes alternativas propuestas para su análisis. Se observa el transporte de relleno desde la planta de relleno hidráulico en superficie hacia los niveles de producción subterránea profundas, permitiendo el análisis comparativo de las distintas alternativas propuestas con el caso base de la unidad minera con las distancias reducidas y el costo unitario de transporte de relleno.

La alternativa conceptual que genera mejores condiciones económicas en la selección de relleno hidráulico es la alternativa 05. El *Capex* más alto fue de USD \$6'441,436 (alternativa 02) y el de menor monto de inversión es de USD \$5'190,135 (alternativa seleccionada 05). El OPEX en la alternativa 05 fue de USD \$659,751 siendo el de la alternativa base (actual de mina) de USD \$1'706,484.

El costo total por metro cúbico de relleno hidráulico generado y colocado en mina fue de USD \$3.34/m³ en la alternativa seleccionada (05) y de USD \$17.32/m³ en el caso base (actual de mina).

El costo de energía por día de la alternativa elegida (05) fue de USD \$500.88 / día y en el caso base fue de US \$ 166.92 /día, en este escenario, el costo no incluye

el traslado del relleno hidráulico desde la Relavera 2 hasta la planta de relleno hidráulico, por lo que no es comparable con los costos de las alternativas.

Finalmente, si bien es cierto que el valor presente neto es negativo en el caso de las alternativas propuestas y el caso base, estas pueden ser optimizadas en una evaluación de mayor detalle. La alternativa 05, es la que se adecúa a las características operacionales de la unidad minera Caylloma.

Palabras clave: Relleno hidráulico, *Capex*, *Opex*, budget, producción, optimización, costos unitarios, valor presente neto, etc.

ABSTRACT

The objective of this research is the selection of an optimal method of transporting hydraulic fill from surface to deep underground work, belonging to the Minera Bateas Unit, of the Minera Bateas S.A.C.

This research work uses the analytical method for the development of this thesis, it is descriptive-explanatory. The research is pre-experimental, so that the results of the different alternatives proposed and their economic technical evaluation (Trade Off) are observed during hydraulic filling transport. The instrument for data collection was the documentary review and the collection of corresponding data in the Bateas Mining Unit.

Finally, it is concluded, with the economic technical analysis of the different alternatives proposed for its analysis of landfill transport from the surface hydraulic filling plant to the deep underground production levels, allowing the comparative analysis of the different alternatives proposed with the base case of the mining unit with reduced distances and the unit cost of landfill transport.

The conceptual alternative that generates better economic conditions in the selection of hydraulic filling is alternative 05. The highest CAPEX was USD \$6,441,436 (alternative 02) and the lowest investment amount is USD \$5,190,135 (alternative selected 05). The OPEX in alternative 05 was USD \$659,751, being that of the base alternative (current mine) of USD \$1,706,484.

The total cost per cubic meter of hydraulic filling generated and placed in the mine was USD \$3.34 / m³ in the selected alternative (05) and US \$ 17.32 / m³ in the base case (current mine).

The cost of energy per day of the chosen alternative (05) was USD \$500.88 / day and in the base case it was USD \$166.92 / day, in this scenario, the cost does not

include the transfer of the hydraulic filling from the Relavera 2 to the hydraulic filling plant, so it is not comparable with the costs of the alternatives.

Finally, although it is true that the Net Present Value is negative in the case of the proposed alternatives and the base case, these can be optimized in a more detailed evaluation. Alternative 05 is the one that adapts to the operational characteristics of the Bateas Mining Unit.

Keywords: Hydraulic Filling, Capex, Opex, Budget, Production, Optimization, Unit Costs, Net Present Value, etc.

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Caylloma, está ubicada en el distrito y provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, está emplazado en ambientes volcánicos del terciario, las estructuras mineralizadas están asociados a un modelo de yacimiento tipo de sulfuración intermedia de Ag, con contenidos menores de Cu, Zn y Pb.

El presente estudio conceptual de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma, con una producción de mineral del orden de 1,500 tpd de mineral polimetálico. Bateas acorde a su programa de desarrollos y explotación, viene profundizando su expansión para acceder a objetivos ubicados en niveles inferiores a los que viene explotando, para lo cual debe atender a la necesidad de relleno hidráulico, el que actualmente se traslada con volquetes desde la Cancha 3, Bateas desea conocer si es factible desarrollar un sistema de bombeo de relaves, que facilite las operaciones, que cicle adecuadamente el relleno de tajos y se evite subir el relleno hasta la zona más alta de la mina, como se hace hoy en día.

El presente estudio permite analizar la optimización en el transporte de relleno hidráulico desde superficie hacia labores de explotación profunda, mediante los métodos de minado *cut and fill*, *bench and fill* y *sublevel stoping*. La optimización en el sistema de relleno hidráulico permitió realizar el *Trade Off* de cinco alternativas y se compara con el caso base (realidad actual de la unidad minera Caylloma).

El presente estudio aplica una metodología sistemática, mediante la cual se analiza y se compara las variables técnicas y económicas. Utiliza variables de producción, distancias de transporte de relleno y económicas, para la optimización del sistema de relleno hidráulico mediante la construcción de un nuevo sistema de bombeo de relleno desde superficie hacia las diferentes áreas minadas en profundidad. La primera etapa corresponde al análisis técnico económico y de diseño del caso base. La segunda etapa es el análisis técnico, económico y de diseño de las diferentes alternativas de relleno propuestas. La tercera etapa es la implementación de las diferentes alternativas asociadas a las distancias desde la

planta de relleno hasta los diferentes niveles de explotación. Finalmente, la cuarta etapa asociada al *trade off* de las diferentes alternativas propuestas y el caso base, analizando su *capex* (costos de inversión) y su *opex* (costos de operación), determinando el valor presente neto.

El resultado de la selección de la mejor alternativa conceptual de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma, generará la disminución de distancias desde superficie hacia niveles profundos de explotación, permitiendo la optimización y reducción de costos de transporte de relleno hidráulico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El Perú se sigue afianzando como una de las economías más atractivas para inversión, sobre todo en el campo de la actividad minera, según la consultora PwC, la minería es uno de los principales detonantes del crecimiento de la economía peruana, gracias al flujo de la inversión que atrae, su aporte económico y social, y por la generación de empleo.

La unidad minera Caylloma, perteneciente a minera Bateas S. A. C., está ubicada en el distrito y provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Bateas opera en la unidad Bateas, con una producción de mineral del orden de 1,500 t/d de mineral polimetálico. Bateas acorde a su programa de desarrollo, preparación y explotación, viene profundizando su expansión para acceder a objetivos ubicados en niveles inferiores a los que viene explotando, para lo cual debe atender a la necesidad de relleno hidráulico, el que actualmente se traslada con volquetes desde la Cancha 3, Bateas desea conocer si es factible desarrollar un sistema de bombeo de relaves, que facilite las operaciones, que cicle adecuadamente el

relleno de tajos y se evite subir el relleno hasta la zona más alta de la mina, como se hace hoy en día.

Los altos costos que genera el relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma, producto del transporte del mismo mediante volquetes y la distancia que se va incrementando producto del minado en profundidad, explica la necesidad de contar con programas de optimización y reducción de costos en el sistema de relleno hidráulico, por lo que es importante realizar el presente trabajo de investigación al evaluar técnica y económicamente un nuevo sistema de relleno hidráulico mediante tuberías SCH 80.

En la unidad minera Caylloma, se ha explotado tajos que no han sido rentables, ya sea por el tema de sostenimiento, accesibilidad de equipos, valor del mineral, dilución entre otros, esto conllevó que en algunos tajos solo se dieran dos cortes y culminara su explotación, generando pérdidas económicas por no hacer una buena evaluación.

La idea es mejorar la rentabilidad mediante la optimización de todo el proceso de producción, contribuyendo unitariamente en el sistema de relleno hidráulico, el cual permitirá un mejor avance en el ciclo de minado de la operación.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cómo disminuir los costos que genera el relleno hidráulico mediante un nuevo sistema de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.?

Problemas específicos

a) ¿De qué manera se puede evaluar técnica y económica a nivel conceptual un nuevo sistema de relleno hidráulico para la reducción de costos en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.?

- b) ¿De qué manera se puede mejorar el avance del ciclo de minado con un nuevo sistema de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar un nuevo sistema de relleno hidráulico para disminuir los costos de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar técnica y económicamente a nivel conceptual un nuevo sistema de relleno hidráulico para la reducción de costos en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.

- b) Mejorar el avance del ciclo de minado con un nuevo sistema de relleno hidráulico de la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

Este proyecto permitirá identificar operaciones económicas y funcionales de minera Bateas S. A. C. mediante la evaluación técnica económica, lo cual posibilitará un incremento en los niveles de producción; en consecuencia, bajar los costos operativos, tener mayor productividad y optar por estándares admisibles de seguridad.

Al obtener rentabilidad económica se estaría beneficiando la empresa minera, sus accionistas, los colaboradores y sobre todo la comunidad, permitiendo un mejor nivel de vida, en armonía con el medio ambiente.

1.3.2. Justificación académica

La presente investigación aporta a la empresa minera una evaluación técnica económica de un nuevo sistema de relleno hidráulico, en cuanto a costo de minado,

sostenimiento, explotación, servicios mina, etc. para la toma de decisiones a nivel de inversión de la empresa. Asimismo, mediante los resultados obtenidos podemos tener una visión más clara del direccionamiento del proyecto.

Por tal motivo, los jóvenes estudiantes y egresados de la carrera de Ingeniería de Minas, tendrán una referencia de evaluación técnica económica para determinar la viabilidad de un proyecto.

1.3.3. Justificación económica

En términos económicos es imprescindible reducir costos de relleno del método de minado, permitiendo rapidez en el ciclo de minado en nuestras operaciones, para que la explotación y sostenimiento de los tajos sean rentables. Por ello, el presente trabajo tiene como principal finalidad el de reducir costos de minado en un mejor proceso de relleno hidráulico.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El nuevo sistema de relleno hidráulico influye positivamente en la reducción de costos de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S.A.C.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) El nuevo sistema de relleno hidráulico favorece técnica y económica en la reducción de costos en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.
- b) El nuevo sistema de relleno hidráulico influye positivamente en mejorar el avance del ciclo de minado en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.

1.5. Operacionalización de las variables

1.5.1. Variable independiente

Variable independiente: Evaluación técnica económica conceptual de un nuevo sistema de relleno hidráulico.

1.5.2. Variable dependiente

Variable dependiente: Variables técnicas y económicas para la reducción de costos.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición operacional Subdimensiones	Indicadores
<p>VI:</p> <p>Evaluación técnica económica conceptual de un nuevo sistema de relleno hidráulico.</p>	<p>Se define al relleno hidráulico como el material (relave + agua) que es transportado en forma de pulpa por tuberías de distintos diámetros, hacia las distintas áreas que han sido explotadas para ser rellenadas y poder estabilizar el macizo rocoso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características geológicas. • Propiedades del macizo rocoso. • Diseño del sistema de relleno hidráulico. 	<p>Valoración geológica del yacimiento.</p> <p>Valoración geomecánica.</p> <p>Valoración del diseño actual de relleno hidráulico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características del yacimiento, mineralogía, leyes. • RMR, GSI, RQD, etc. • Diámetro de tubería, velocidad crítica, densidad, etc.
<p>VD:</p> <p>Variables técnicas y económicas para la reducción de costos.</p>	<p>La reducción de costos permite un análisis técnico y económico del diagrama de flujo de relleno hidráulico actual y generar nuevas alternativas conceptuales desde el diseño técnico, asociado con la variable económica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de producción de relleno hidráulico. • Perfil de transporte de alternativas de relleno hidráulico. • Estructura de costos. 	<p>Valoración del plan de producción.</p> <p>Valoración de alternativas de relleno hidráulico.</p> <p>Valoración económica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de transporte de relleno hidráulico. • Reducción distancias de relleno hidráulico. • Reducción de costos de relleno hidráulico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa titulada "*Aplicación de relleno hidráulico en el método corte y relleno ascendente zona ánimas – mina Bateas*" se tuvo como objetivo principal realizar la clasificación del relave grueso producido en la planta concentradora para optimizar la operación de relleno hidráulico en la veta Ánimas - minera Bateas - unidad San Cristóbal, para el aumento de producción a 1, 300 tm/d. Se concluye que, el circuito de doble clasificación propuesto, con dos baterías de cinco ciclones de 4" que operan en serie con un ciclón de 15" a presiones de 10 y 6 psi, respectivamente, permite recuperar cerca de 70 % del relave original obteniendo un producto con buena permeabilidad para ser utilizado como relleno hidráulico. Con la instalación del circuito de doble clasificación la producción de relave grueso se incrementa del actual 220 t/d hasta 830 t/d, proporcionando de ese modo suficiente material para el relleno de mina. (1)

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería titulada "*Aplicación de relleno hidráulico para el*

sostenimiento de los tajos de la veta Ánimas, de la mina Bateas, unidad San Cristóbal” se tuvo como objetivo el determinar los beneficios de la aplicación del relleno hidráulico en el sostenimiento de los tajos de la veta Ánimas en la extracción de mineral, realizando la clasificación del relave grueso producido en la planta concentradora para optimizar la operación de relleno hidráulico en la mina Bateas de la unidad San Cristobal. Se concluye que el circuito de doble clasificación propuesto con dos baterías de cinco ciclones de 4” que operan en serie con un ciclón de 15” a presiones de 10 y 6 psi respectivamente, permite recuperar cerca de 70% de relave original obteniendo un producto con buena permeabilidad para ser utilizado como relleno hidráulico. Las permeabilidades obtenidas con este circuito garantizan ciclo de rellenos de menos de 8 horas, lo cual redundará en una mejor productividad en la mina. (2)

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión titulada “*Aplicación de relene para acelerar el ciclo de minado en la veta principal – NV.310 – empresa administradora Chungar S. A. C. (EACH) unidad minera Animón*”, se tuvo como objetivo principal mejorar y acelerar el ciclo de minado y lograr una estabilidad permanente de las zonas explotadas, demostrar la posibilidad de incrementar la producción diaria de mineral en un 60 % así como mejorar la estabilidad del macizo rocoso al implementar un sistema de relleno hidráulico para este nivel y sus respectivas labores mineras.(3)

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional de Ingeniería titulada “*Sistema de relleno hidráulico - U.E.A. Cerro de Pasco*” se tuvo como objetivo principal disponer del relave para rellenar los espacios vacíos dejados en las labores mineras de explotación. Enviar una menor cantidad de sólidos a las canchas de relaves contribuyendo en medida a la menor contaminación ambiental. Los relaves depositados en las labores contribuirán al sostenimiento de la masa rocosa, evitando de esta manera derrumbes y/o subsidencias debido a espacios vacíos que se pudieran dejar. Reducir costos al momento del abandono de mina al tener menor relave que disponer en la cancha. (4)

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos titulada “*Aplicación de relleno hidráulico en la mina Jimena de compañía minera Poderosa S. A*” se tuvo como objetivo principal alcanzar mayor velocidad en el ciclo de minado y lograr una estabilidad permanente de las zonas explotadas y demostrar la factibilidad económica del proyecto, obteniendo factores financieros positivos: VAN > 0, TIR >30%, Beneficio/Costo >1.5 y un periodo de recuperación del capital de 2 años. (5)

En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional de Trujillo titulada “*Optimización del sistema de relleno hidráulico mediante la implementación de una tercera línea en la red de tubería de relleno hidráulico en la empresa Consorcio Minero Horizonte S. A.*” se tuvo como objetivo determinar el porcentaje de optimización del relleno hidráulico, mediante la implementación de una tercera línea en la red de tuberías del relleno hidráulico, de la empresa Consorcio Minero Horizonte. (6)

2.2. Generalidades de la mina Caylloma

2.2.1. Ubicación, accesibilidad y generalidades

La UEA San Cristóbal se encuentra ubicado en el paraje de *Huayllacho*, distrito de Caylloma provincia de Caylloma y departamento de Arequipa con coordenadas UTM:

- ✓ Norte : 8’ 317 650
- ✓ Este : 192 584
- ✓ Cota : 4 500 – 5 000 m s. n. m.

Las rutas de acceso a la unidad minera, vía terrestre, desde la ciudad de Lima, son a través de la carretera Panamericana Sur:

Tabla 2. Ruta geográfica

Ruta	Kilómetros
Lima - Arequipa	1005
Arequipa - Caylloma	225
Caylloma - Mina	14



Figura 1. Ubicación de la mina
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3. Geología

El distrito minero de Caylloma se ubica en el departamento de Arequipa, aproximadamente 160 km al norte de la ciudad de Arequipa. Las principales estructuras mineralizadas están emplazadas en un ambiente volcánico del Terciario, las cuales sobreyacen a rocas sedimentarias del grupo Yura.

La principal mineralización está compuesta principalmente por minerales con valores importantes de plata.

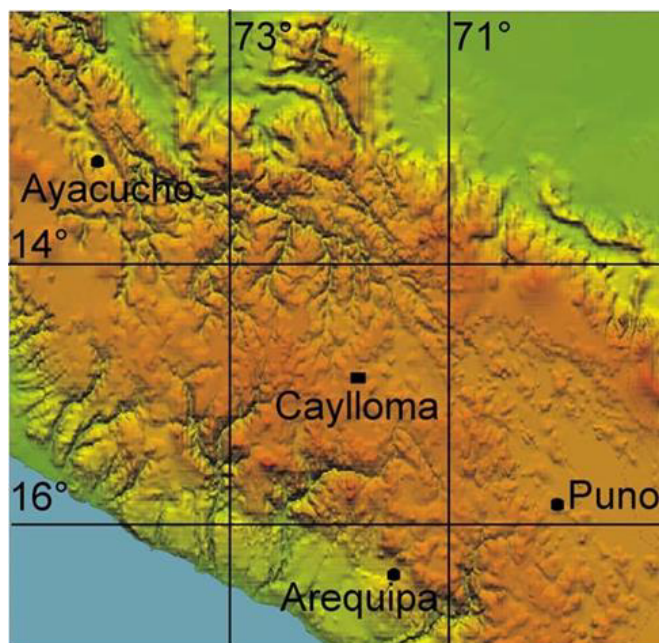


Figura 2. Mapa de ubicación del distrito de Caylloma
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.1. Geología regional

El distrito de Caylloma se ubica en un arco volcánico Mioceno, con edificios volcánicos de colapso, calderas, que han evolucionado por millones de años. Geológicamente se denota sobre rocas de edad Jurásica – Cretácica (grupo Yura), de origen marino, en discordancia a una potente secuencia volcánica de lavas calco-alcálinas, ignimbritas, tobas, rocas volcanoclásticas, que alberga la mineralización de Ag en el distrito de Caylloma.

Sobre el volcanismo anterior se despliegan dos calderas superpuestas. La más antigua es la caldera de Chonta de forma circular de 18 km de diámetro. En su interior presenta ignimbritas, intercaladas con lavas y a los márgenes mega brechas relacionadas al colapso del margen de la misma. La caldera Caylloma, 25 km de diámetro, se desarrolla hacia el sur y superpuesta a la caldera Chonta, al este de la mina de Caylloma, de forma circular, con varios flujos piroclásticos silíceos que se disponen tanto dentro como fuera de la caldera. La caldera es centrada por un flujo lávico andesítico (cerro Cosona).

En la imagen satelital se observa los lineamientos regionales principales.

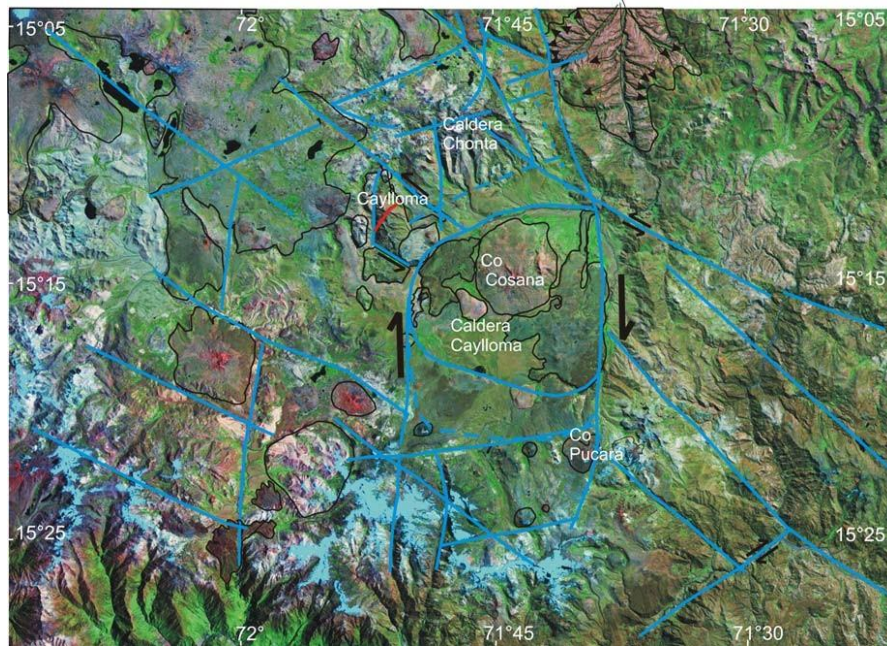


Figura 3. Imagen satélite del distrito de Caylloma, los lineamientos regionales principales. Se han contorneado los afloramientos de los derrames lávicos y los domos riolíticos, presumiblemente más modernos que la mineralización. Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.2. Geología local

Las rocas denotan sedimentación de edad jurásica, formadas por interposiciones de lutitas negras y areniscas grauváquicas, en estratos tabulares de alrededor de 40 a 60 cm de espesor. Estas rocas en superficie desarrollan pliegues tipo *kink*, con flancos rectos y charnelas agudas, en general se hallan volcados y con planos axiales subhorizontales. En subsuelo se localizan deformadas de manera mucho más suave formando pliegues amplios y abiertos como se observa en el Nivel 9 de Apóstoles 2.

En discordancia sobre las sedimentaciones se apoya una potente secuencia volcánica terciaria de lavas, primordialmente andesítica y volcanoclásticas de composición dacítica.

La secuencia volcánica está formada por paquetes de veinte hasta cien metros de lavas alternadas con rocas volcanoclásticas, andesitas porfídicas y andesitas finas, con fracturas paralelas. Las rocas volcanoclásticas están compuestas por brechas que constan de litoclastos angulosos, esencialmente de rocas volcánicas porfíricas. Las rocas pómez son pequeñas, verdosas debido a la alteración

propilítica y débilmente estiradas. La brecha volcánica se puede clasificar como depósito piroclástico primario constituido por flujo (ignimbrita). Las ignimbritas se hallan intercaladas con estrechos bancos de rocas volcanoclásticas más finas, estratificadas en bancos de baja potencia, conformadas por areniscas y pelitas volcánicas de probable origen secundario resultado de depósitos en ambiente fluvial y/o lacustre.

Al norte de la veta San Cristóbal, la roca de caja (aflorante) de la mineralización es andesita de textura porfírica y muestra alteración hidrotermal de tipo propilitización y piritización, con presencia de cubos pequeños de pirita en forma diseminada.

La cadena volcánica esta instruida por cuerpos dómicos y sus flujos lávicos de composición ácida (riolitas). Estos cuerpos dómicos como el domo San Antonio y Trinidad no están alterados hidrotermalmente, y su emplazamiento está vinculado a fallas de carácter regional.

Finaliza la secuencia, derrames lávicos más modernos posteriores a la mineralización, probablemente de edad plio-pleistocena que constituyen delgadas coladas de composición intermedia a básica.

En la imagen, se observa un mapa geológico resumido del distrito de Caylloma.

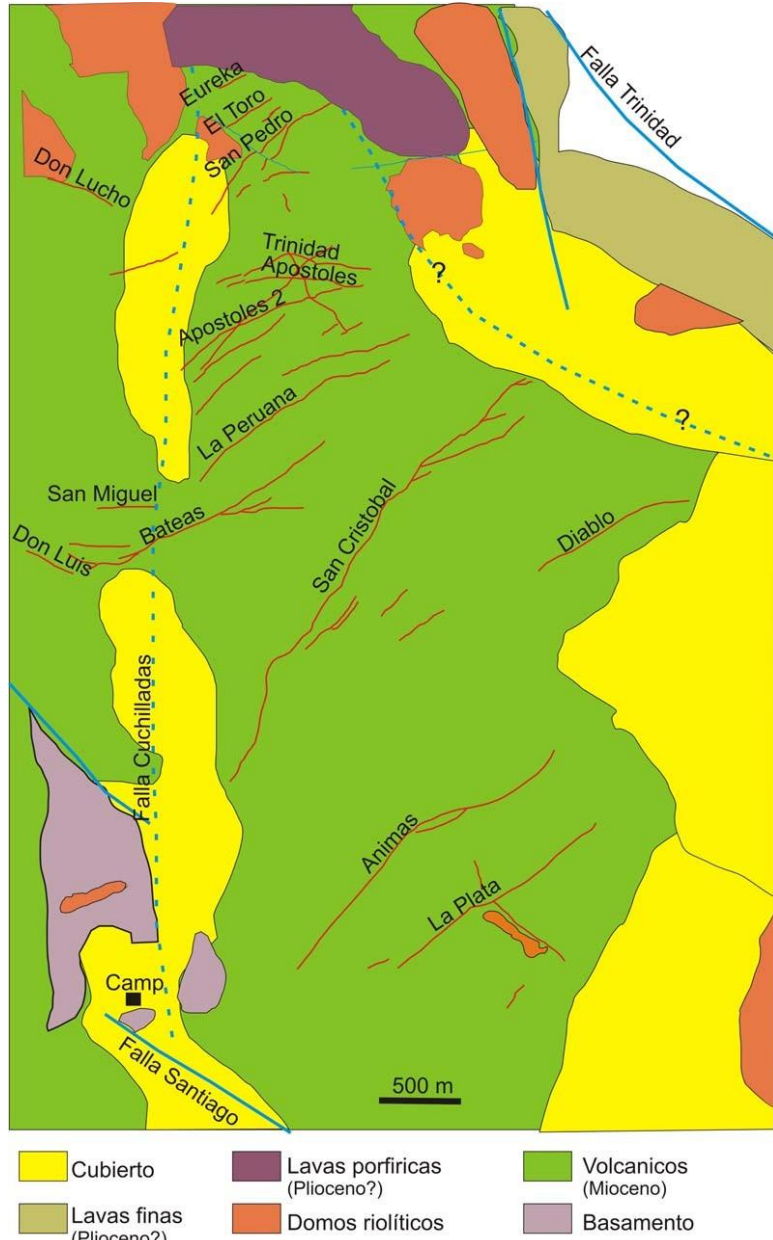


Figura 4. Mapa geológico simplificado del distrito de Caylloma
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.3. Geología estructural

En el ámbito regional, se muestran dos sistemas de lineamientos principales, los que muestran rumbos noreste y noroeste. El conjunto de fracturas de rumbo noroeste se halla más desarrollado y considera al corredor estructural que hospeda la mineralización de Caylloma.

Sobreimpuesto a dicho sistema conjugado de fracturas se observa un juego de lineamientos de gran longitud y continuidad de rumbo norte-sur. Estas fracturas están aparentemente limitando por su borde este y oeste a la caldera de Caylloma.

Cabe destacar que las fracturas de rumbo noroeste y noreste controlan la intrusión de cuerpos volcánicos riolíticos y andesítico más recientes hasta plio-pleistocenos.

En la actualidad no existen fallas activas en el área del yacimiento de Caylloma; por tanto, no se realizaron en el pasado ni en la actualidad monitoreos estructurales.

Se visualiza una imagen satélite e interpretación estructural del distrito de Caylloma.

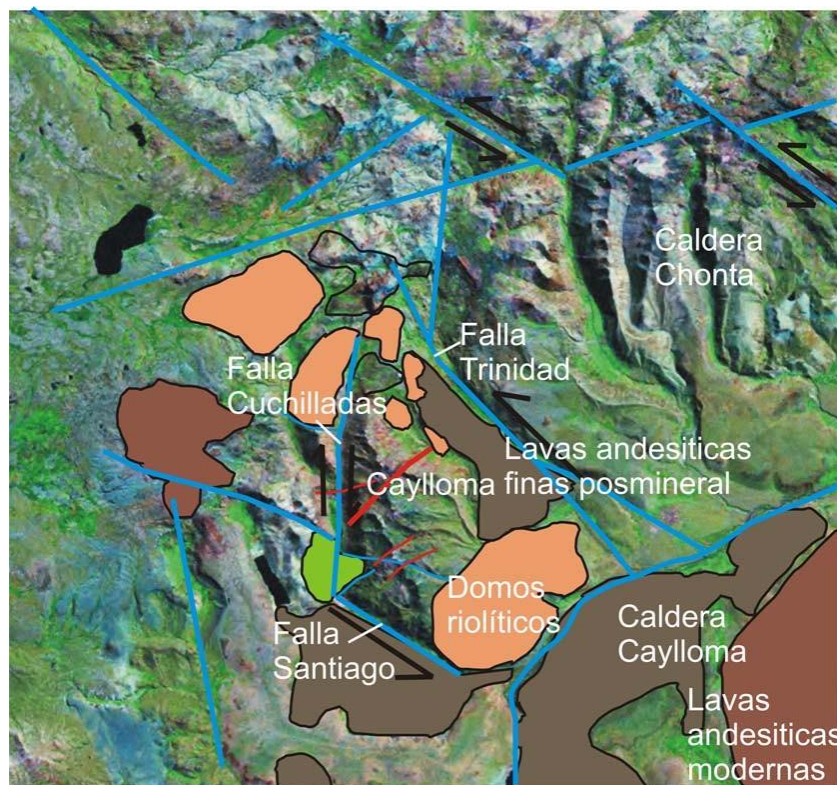


Figura 5. Imagen satélite e interpretación estructural del distrito de Caylloma.
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.4. Geología económica

En el yacimiento de Caylloma, la mineralización económica es de tipo epitermal de baja sulfuración, esencialmente compuesta por sulfuros y sulfosales de Ag y Au en la zona Norte (vetas como Eureka, El Toro, San Pedro, Paralela, Apóstoles 1-2, Elisa, San Carlos 1-2, La peruana, Bateas (Techo y Piso), San Cristobal, La Plata)

y en la veta Ánimas presenta un comportamiento polimetálico de Ag - Au- Pb – Zn – Cu, gradando en vertical.

Veta Ánimas-Ánimas NE, Nancy, Ramal Techo y Cimoide tienen un zoneamiento vertical, que aumenta el Pb - Zn - Cu en profundidad.

En todo el conjunto de vetas la mineralización económica está conformada por minerales de ganga como la rodonita, rodocrosita, carbonatos, cuarzo, pirita, que cambia según el comportamiento estructural y litológico de las vetas.

La mineralización de zinc se encuentra en la esfalerita, el Pb en galena, el Cu en la calcopirita, la Ag y Au en la galena y como sulfosales y cobres grises en finas venillas de cuarzo.

2.3.5. Estratigrafía

En el distrito minero de Caylloma, la distribución estratigráfica preponderante es de flujos andesíticos recientes desde el Mioceno Inferior al Pleistoceno que reposa en una sucesión sedimentaria del Jurásico (grupo Yura) que son las rocas más antiguas saliendo en el área y forman parte del basamento.

- Jurásico: grupo Yura, serie de intercalación de paquetes de arenisca, calizas y pelitas de plataforma marinas.
- Mioceno Inferior: flujos de andesitas y rocas volcánicas.
- Mioceno Medio: ignimbritas unidas, riolíticas con superposición de domos dacíticos post-colapso.
- Plioceno: serie de ignimbritas con superposición de flujos de andesita resurgente.
- Plioceno: flujos volcánicos andesíticos.
- Depósitos clásticos recientes: materiales aluviales, coluviales, morrénicos, fluvio-glaciares, etc. de edad Cuaternaria.

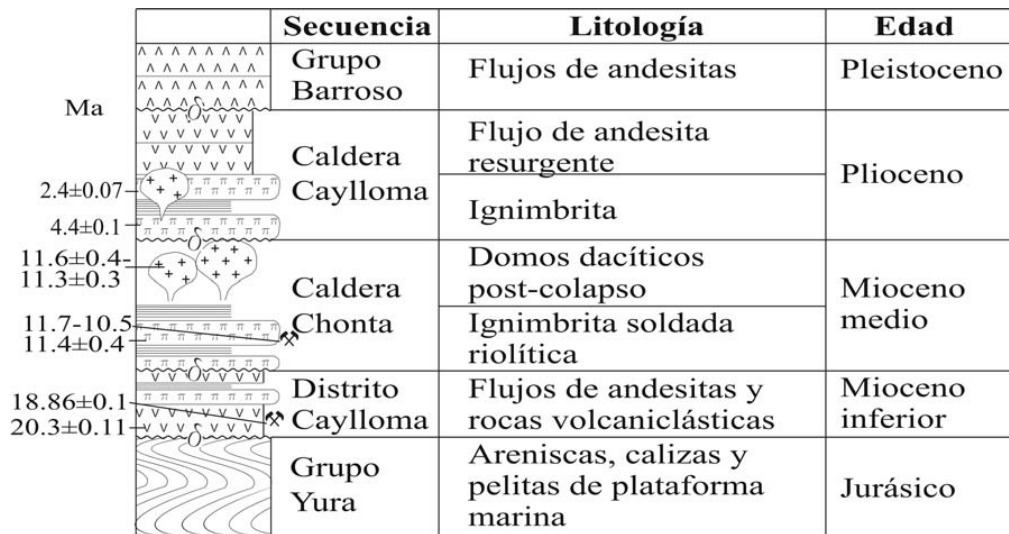


Figura 6. Columna estratigráfica simplificada del distrito de Caylloma en el que se reconocen al menos cuatro ciclos volcánicos del Mioceno al Cuaternario superpuestos discordantemente.

Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.6. Caracterización geo histórica del área

Se visualiza el perfil esquemático regional de la caldera de Caylloma.

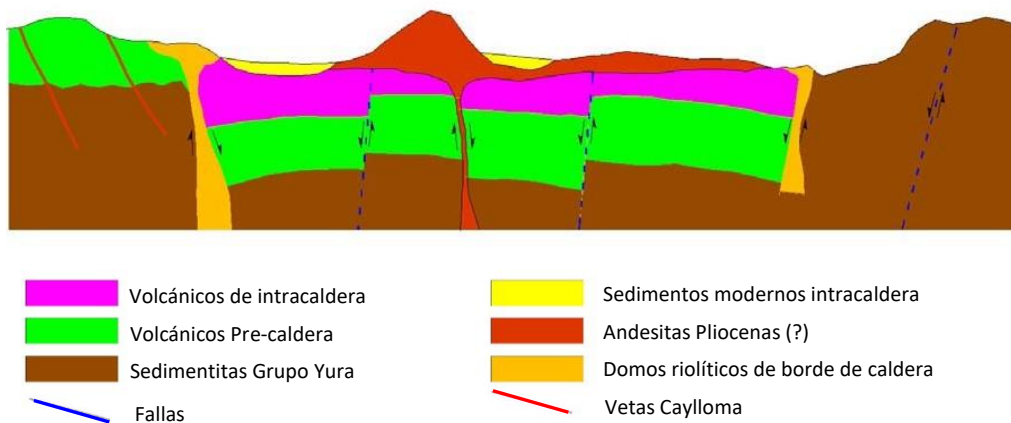


Figura 7. Perfil esquemático regional de la caldera de Caylloma

Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.7. Modelo de formación del yacimiento

El modelo de formación del yacimiento se considera como yacimiento de sulfuración intermedia a baja.

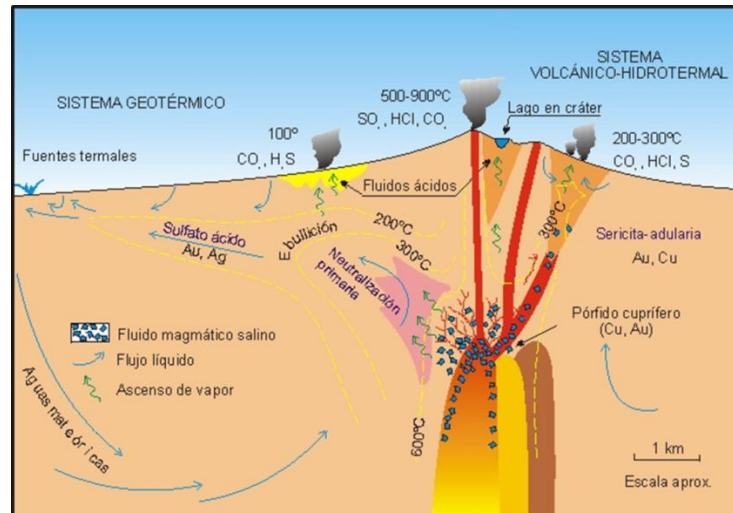


Figura 8. Modelo de formación del yacimiento.
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.3.8. Geología actual del yacimiento Caylloma

En la imagen se visualiza la sección geológica transversal y en planta de la mina.

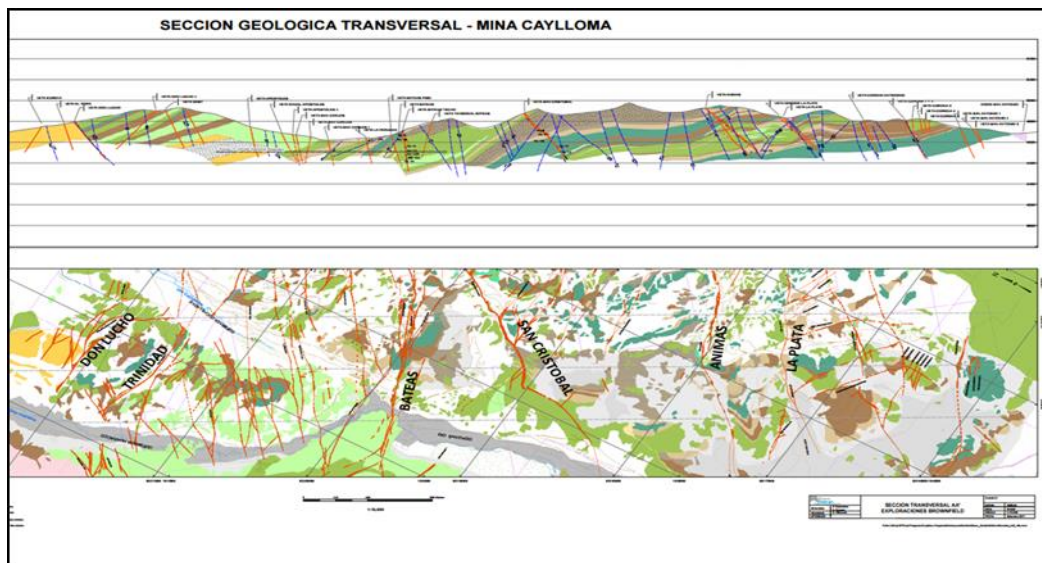


Figura 9. Sección transversal de exploraciones Brownfield.
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

2.4. Diseño del método de explotación

El método de explotación se entiende mediante una representación geométrica con el fin de explotar un yacimiento, fraccionando un cuerpo mineralizado en secciones aptos para el laboreo. Por ende, podemos mencionar que la explotación en la unidad minera Caylloma es una serie de operaciones que permite el arranque, carguío y extracción de mineral de forma planeada.

2.4.1. Método de minado

Para elegir el método de minado, se debe precisar las condiciones naturales del yacimiento, es decir los factores de selección:

- Profundidad, forma y tamaño del yacimiento.
- La geología del yacimiento.
- Calidad geomecánica de la roca mineralizada y roca caja.
- Las reservas y distribución de leyes.
- Las condiciones hidrogeológicas del mismo.

Identificadas las condiciones naturales del yacimiento se toma los siguientes criterios de selección:

- Rendimiento y productividad
- Seguridad al personal, equipos e infraestructura.
- Recuperación (reservas extraídas y reservas *in situ*).
- Selectividad.
- Dilución.
- Simplicidad.
- Costos (inversión, operación).

Las condiciones naturales del yacimiento actualmente están determinados por los departamentos de Geología y Geomecánica de minera Bateas. Se tiene la información geológica, morfológica (forma, potencia, rumbo y buzamiento, y profundidad debajo de la superficie), reservas (tamaño y distribución de leyes), geomecánicas (calidad de la masa rocosa de las cajas y del mineral, resistencia de la roca y esfuerzos), y sobre la presencia de agua subterránea.

Corte y relleno ascendente

Minera Bateas utiliza el método de corte y relleno (*cut and fill*) en forma ascendente, semimecanizado y mecanizado, utilizando la roca de desmonte como material de relleno.

El método ascendente arranca el mineral por franjas horizontales y/o verticales iniciando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente, empezando del fondo del tajo y avanzando hacia arriba.

Al extraer la franja completa, se rellena el volumen proporcional con material estéril y/o relleno hidráulico (relleno), que se usa como piso de trabajo para los obreros facilitando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada y a la par permite sostener las paredes, y en casos especiales el techo.

Para el corte y relleno ascendente semimecanizado (vetas con potencias entre 0.8 m a 2.0 m), se hacen cortes con perforación semivertical (realce) con una altura aproximada de 1.8 m, teniendo 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 hacen 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.

El método de corte y relleno ascendente que utiliza minera Bateas es de acuerdo a las siguientes características:

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

Los cortes ascendentes con relleno se ajustan a distancias entre niveles de 50 metros en vertical; por otro lado, el mineral pobre se deja como material de relleno. La resistencia del mineral en el techo puede ser comprobada con la excavación en el nivel mismo de la galería de base.

Corte y relleno ascendente convencional

El método consiste en extraer el mineral o desmonte con cortes verticales en la estructura mineralizada y con un ancho mínimo del minado entre 0.8 y 3.5 m. Los cortes son perforados en forma vertical o inclinadas mediante una malla de perforación preestablecida y detonada, para luego limpiar el material roto, hacia el echadero. Gran porcentaje del material roto se deja como piso hasta una altura, para perforar nuevamente. El excedente de la masa rocosa después del disparo (esponjamiento) se extrae hacia el echadero, cuya altura máxima a tener en cuenta en la explotación es de 3.9 m (en el último corte se considerará la instalación de puntales en línea, el cual será nuestro techo hasta culminar la limpieza). Luego, se realizará la limpieza total para su relleno. Finalizado el ciclo de minado, se repetirá la labor hasta llegar al nivel superior del *block*; siendo el ciclo de minado el siguiente: perforación, voladura, limpieza. Por último, cada tres metros de corte se dejará pilares en los hastiales de dimensiones 2.5 m x 2.5 m y de acuerdo a la recomendación geomecánica para un mejor performance en la estabilidad del *block* a minar.

A partir de las chimeneas será aplicado este método, donde se correrán subniveles paralelos a las galerías, a tres metros de distancia vertical del techo y a ambos lados de las chimeneas. Se utilizarán maderas con frecuencia para la preparación de tolvas, caminos y en el armado de barreras para contener el relleno hasta terminar la explotación de los *blocks*.

El desarrollo consiste en:

- En un nivel principal se desarrolla una galería de transporte a lo largo del yacimiento.
- Las chimeneas y caminos son construidos bajo diseño o recomendación de planeamiento de desarrollo y/o explotación.
- El área del tajo debe estar a tres metros sobre la galería de transporte.
- Las chimeneas que son designadas para tajos de explotación, ya sean para ventilación y transporte de relleno, serán construidas desde el nivel inferior al nivel superior.

Minado

La secuencia de minado se puede visualizar en las siguientes figuras.

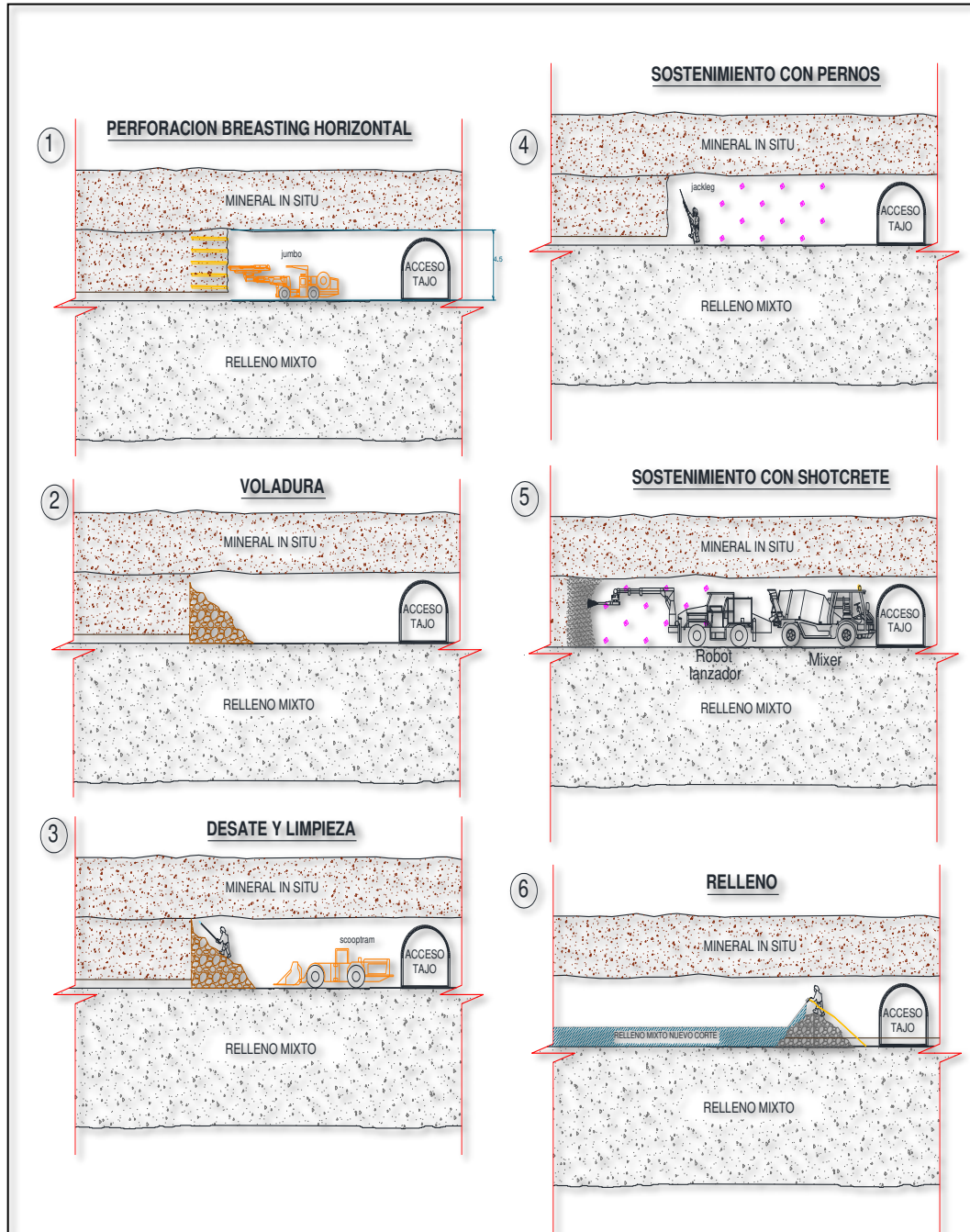


Figura 10. Minado mecanizado
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

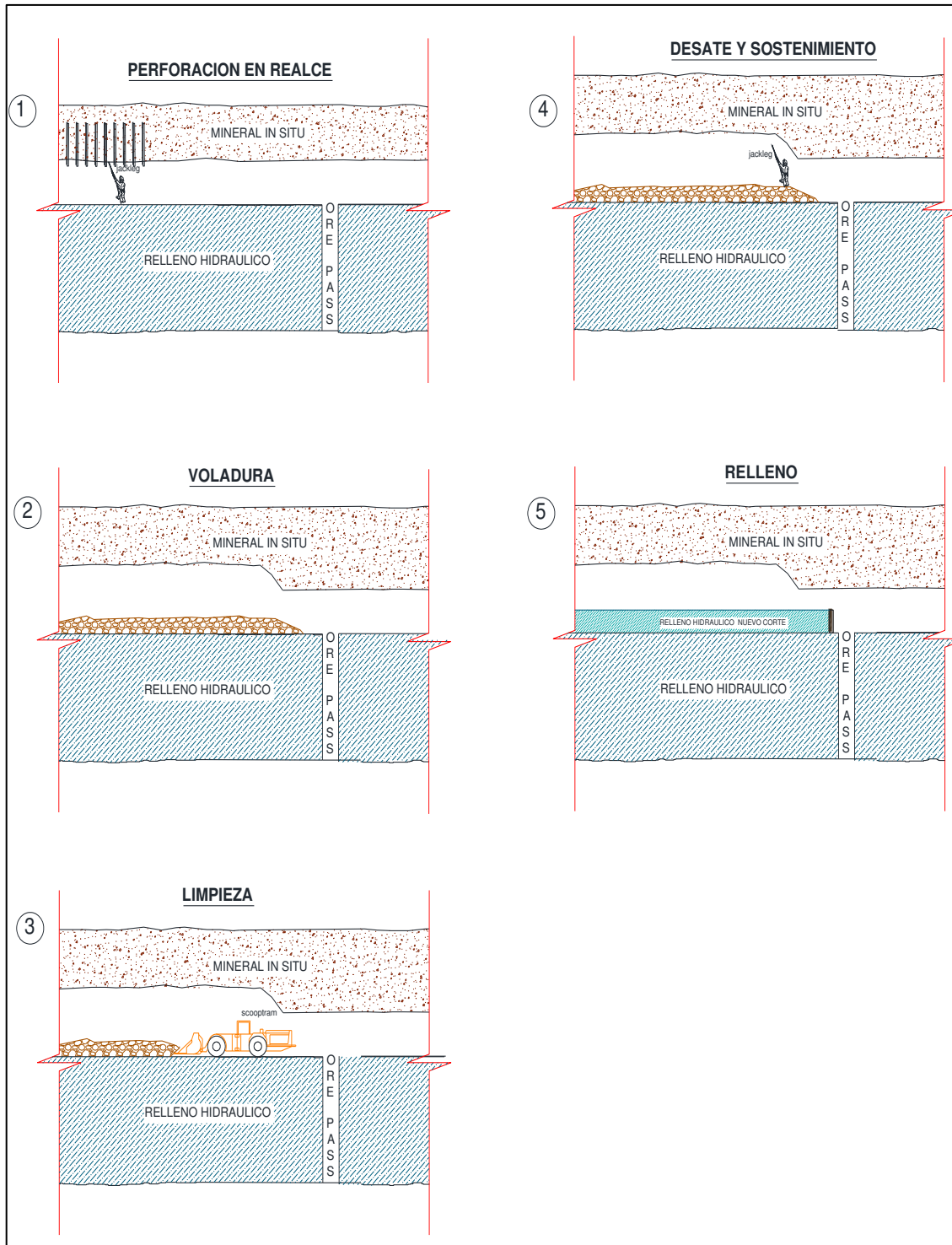


Figura 11. Minado semimecanizado
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

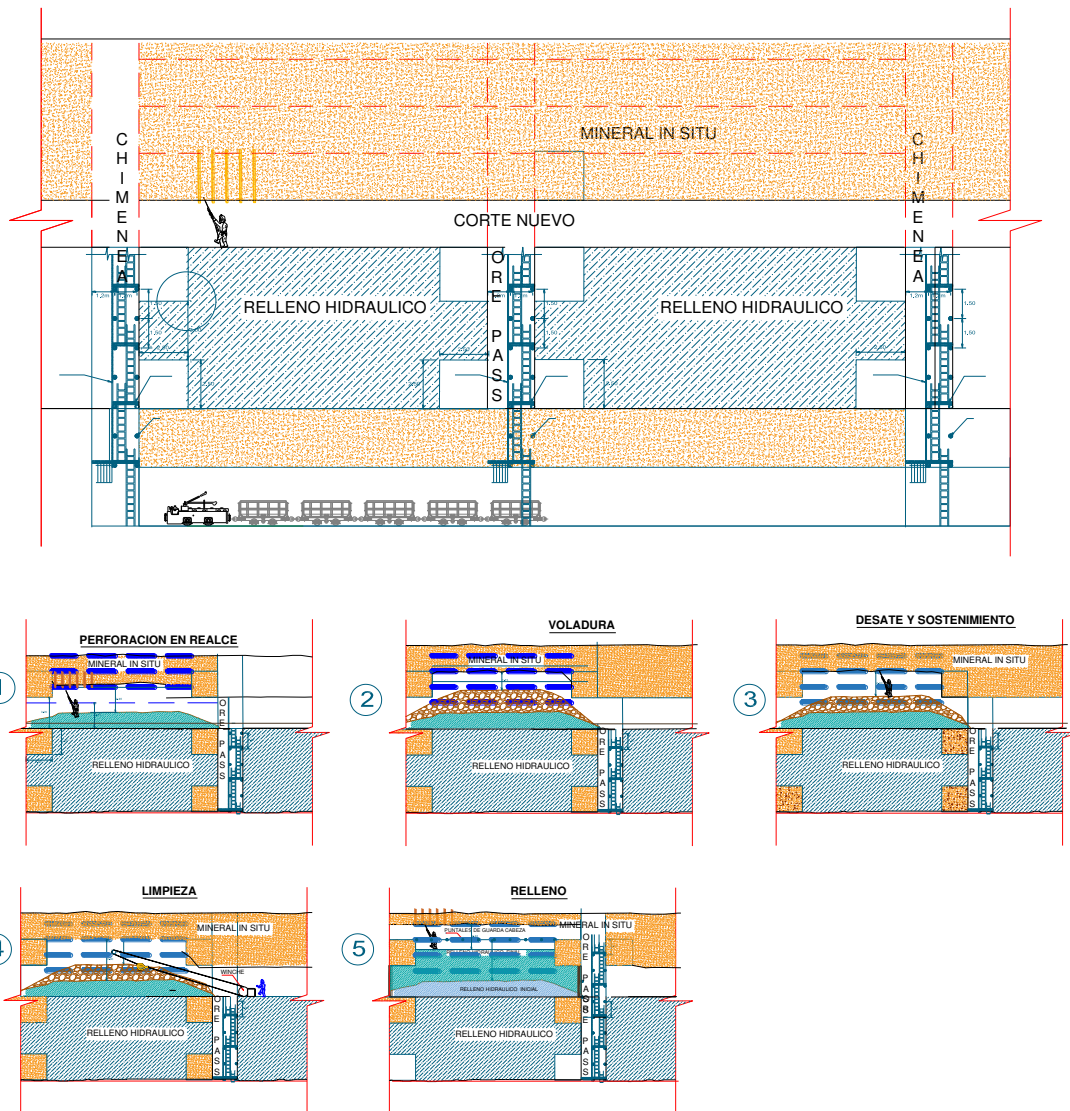


Figura 12. Minado convencional
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

Relleno

En el método de corte y relleno ascendente, el relleno para los tajos excavados proviene generalmente de:

- Material estéril de labores de desarrollo. Aproximadamente un 36 %.
- Relleno hidráulico (relave) 64 %.
- La distribución del relleno detrítico es mecánica utilizando el *Scooptram* y el relleno hidráulico es con tuberías de 4" HDPE, que permite que el piso quede más uniforme y así evita la contaminación del mineral por dilución.

Producción de los tajos

El diseño de los tajos en minera Bateas concuerda con las características de la veta; por eso, se logra una total recuperación del mineral, además la producción de cada tajo contribuye a la producción total de la mina.

Los tajos presentan distintas leyes, así como mineral especial, mineral común y mineral de baja ley, estos son mezclados (*Blending*) para cumplir con las leyes que exige la planta de tratamiento metalúrgico (5.47 Oz Ag/ TCS).

2.4.2. Arquitectura de la mina

Para acceder a la veta Ánimas se dispone de una rampa principal, ubicada en la bocamina del nivel 08 (superficie) y una cortada CX 280E situada en la bocamina del nivel 12. Estas vías son el principal acceso para llegar a las demás labores de desarrollo (como galerías, cruceros, *by pass*, ventanas, estocadas, etc.) diseñadas y planificadas por el área de planeamiento para la explotación de las reservas de mineral, en coordinación con el área de geomecánica, para tener un estudio completo de zoneamiento geomecánico. También con el departamento de topografía, para las mediciones y levantamientos topográficos (como mediciones de labores de izquierda – derecha, piso – techo, punto dirección, gradiente, etc.), y con el área de geología para la identificación de estructuras geológicas (fallas).

a) Labores de desarrollo y preparación

Rampas

Es una de las labores primordiales, son las vías de acceso para los equipos y maquinarias que se utilizan para trasladar la producción de mineral, explotación de los recursos minerales, ventilación, etc. Además, su ejecución es según diseño estándar ya establecido.

Tiene una sección de 4.0 m x 4.0 m en línea recta y una gradiente de 12 % en curvas. El diseño de su sección permite el movimiento de los equipos (volquetes) de 15 m³ de capacidad, también equipos de carguío (*Scooptram Diesel*).

Galerías

Esta labor se ejecuta sobre veta, siguiendo su misma dirección, con secciones de (3.0 m x 3.0 m) y de (3.5 m x 3.5 m). Se requiere la forma básica de la mina, ya que este determina la ruta de la galería principal de extracción.

En minera Bateas, los tajos de explotación se hallan a distintos niveles, por lo que es muy importante la construcción de galerías de extracción principal. Asimismo, marca el límite superior e inferior del tajo, parten de la rampa principal en un determinado nivel. Además, las galerías principales con rieles y para equipos sobre neumáticos tienen una pendiente menor al 1.2 %.

Cruceros

Labor horizontal perpendicular a la veta, se avanza por el desmonte como una labor de exploración, usualmente tiene una longitud de 50 metros, con gradiente de 1.2 %.

By Pass

Labor permanente horizontal, paralela a la dirección de la estructura mineralizada, se utiliza para acceso de equipos y recursos, así como nivel principal de extracción. La sección típica varía de (3.0 m x 3.0 m); (3.5 m x 3.5 m); (4.0 m x 4.0 m) y (4.2 m x 4.0 m). Los *by pass* actualmente se construyen con una gradiente de 1.2 %.

Ventanas

Esta labor es inclinada, perpendicular a la estructura mineralizada, se usa para la explotación de tajos. Además, es desquinchada la extensión de la ventana (batido) para efectuar la explotación del piso superior del tajo. La Sección típica es de (3.0 m x 3.0 m) y (3.5 m x 3.5 m). Las ventanas generalmente se construyen con una pendiente de -15 % a 1.2 %.

Estocadas

Labor utilizada para exploración y desarrollo, se realiza en el techo o piso de una galería, puede ser en mineral o en desmonte, en un subnivel de uno a dos metros de altura, con una longitud de cinco a veinte metros y sirve para ver si hay mineral o definir hasta dónde se encuentra.

b) Labores e infraestructura para servicios

Chimeneas de ventilación

En la ejecución de chimeneas se unen varios niveles de la mina, con la finalidad de llevar aire fresco a las labores en una dirección y evacuar el aire viciado a otra dirección. Se hacen chimeneas en forma convencional perforación con *jackleg*, de secciones (1.5 m × 1.5 m) y (2.4 m × 1.5 m); y chimeneas en forma mecanizada con *Raise Boring* de sección 2.1 m y 1.5 m de diámetro.

Cámaras de acumulación de material

Las cámaras de acumulación sirven para recopilar material, además sitúan cerca de las cámaras de las labores de desarrollo y preparación.

Cámaras de carguío

Estas labores permiten cargar el material (mineral o desmonte), hacia las tolvas de los volquetes, van desde el *by pass* y se comunican hacia la rampa mediante un crucero de sección (3.5 m × 3.5 m) y (4.0 m × 4.0 m). Además, presenta un desnivel que permite que el *scoop* pueda visualizar al volquete y descargar el material.

Cámaras de sedimentación

En minera Bateas las filtraciones son por la presencia de gran cantidad de agua, desde los niveles superiores (nivel 06) hasta los niveles de mayor profundidad (nivel 16). Las cámaras de sedimentación son naturales, construidas en la misma roca, preparadas apropiadamente para evitar la filtración, o artificiales construidos de cemento de gran capacidad, para almacenar toda esa agua en la mina se

construye cámaras a lo largo de los niveles principales, la mayoría de cámaras tiene una sección de $(4.0\text{ m} \times 4.0\text{ m})$ y una gradiente que fluctúa entre el 14 % y 15 %.

Subestaciones eléctricas

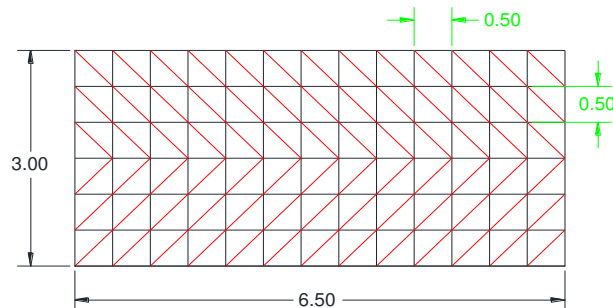
En el interior de la mina, la energía eléctrica llega a las subestaciones principales de la estación principal en superficie, que se localizan a lo largo de los niveles principales. La subestación tiene una sección de $(6.0\text{ m} \times 6.0\text{ m})$, con un largo de 12 m aproximadamente.

2.5. Método de perforación y voladura para el uso del anfo

2.5.1. Malla de perforación en tajos

a) Voladura en realce

MALLA 50cm x 50cm - ROCA TIPO III



b) Volumen de mineral roto por taladro

Tipo de perforación	m ³ de mineral roto por taladro
	III
Realce	1.059

c) Tonelaje de mineral roto por taladro

Tipo de perforación	t de mineral roto por taladro
	III
Realce	0.98

d) Carga de anfo por taladro

Tipo de perforación	kg de anfo por taladro
	Realce

e) Factor de potencia

Tipo de perforación	Factor de potencia (kg/t)
	Realce

2.5.2. Método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado:

a) Malla de perforación

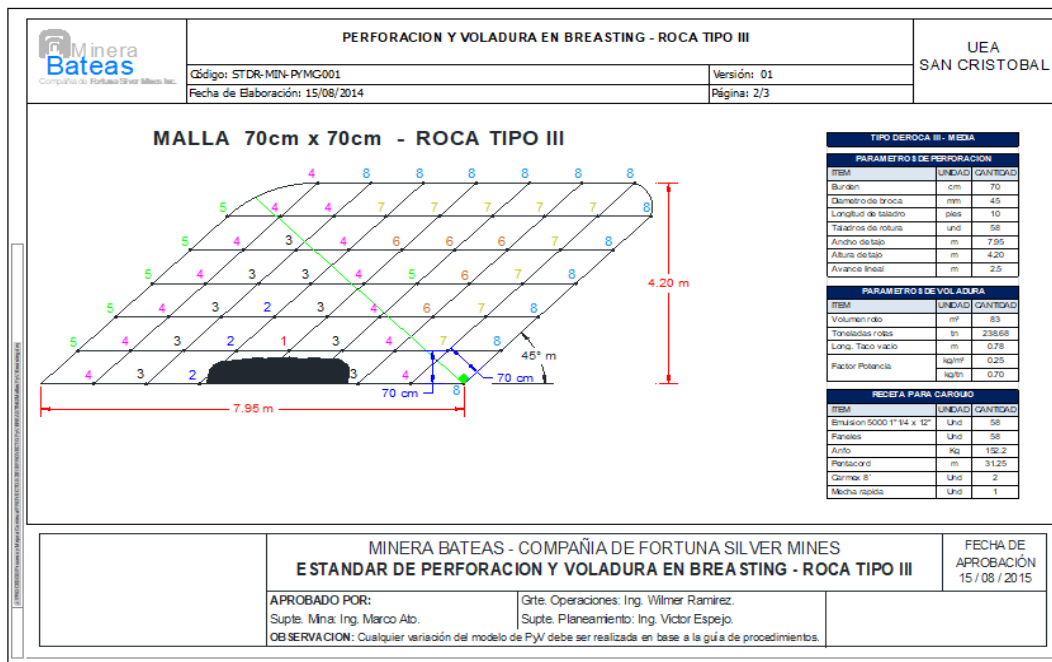


Figura 13. Voladura en breasting
 Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

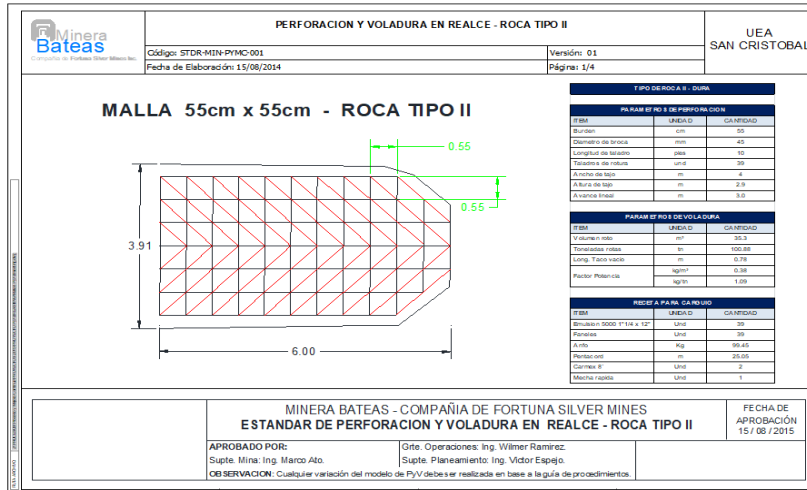


Figura 14. Voladura en realce
Fuente: Departamento de Geología de minera Bateas S. A. C.

b) Volumen de mineral roto por taladro

El volumen de mineral roto por taladro según el tipo de roca que se presente está relacionado al *Burden* y espaciamento.

Tipo de perforación	m ³ de mineral roto por taladro	
	II	II
Breasting		1.44
Realce	0.91	

c) Tonelaje de mineral roto por taladro

La tonelada de mineral que se extrae por taladro según el tipo de roca que se presente está relacionada al *Burden* y espaciamento.

Tipo de perforación	t de mineral roto por taladro	
	II	II
Breasting		4.12
Realce	2.59	

d) Carga de anfo por taladro

La carga de anfo por taladro depende del tipo de roca que se tenga en la labor.

Tipo de perforación	kg de anfo por taladro	
	II	II
Breasting		2.62
Realce	2.55	

e) Factor de potencia

Kilos de explosivos utilizados para extraer una tonelada de mineral.

Tipo de perforación	Factor de potencia (kg/t)	
	II	II
Breasting		0.70
Realce	1.059	

2.6. Servicios auxiliares:

El requerimiento de aire en la mina está normado por el reglamento de seguridad y salud ocupacional aprobado mediante el Decreto Supremo N° 023-2017-EM, el cual establece los parámetros de cantidad y calidad de aire que se deben suministrar a las labores de trabajo.

2.6.1. Ventilación principal

El sistema principal viene operando bajo un sistema de ventilación forzada, generada por cuatro ventiladores extractores, tipo eléctricos axiales de álabes variables, tiene una capacidad nominal de 440,000 cfm, con una potencia instalada de 740 HP a 4,500 m s. n. m.

Tabla 3. Capacidad instalada - ventilación principal

Ítem	Código	Modelo	Circuito	Labor	Nivel	Marca	Caudal nominal cfm	Potencia nominal HP
1	VP-18	VAV-54-26.5-1750-I-B	ÁNIMAS	SN415-T626	13	AIRTEC	100,000	150
2	VP-30	VAV-60-26.5-1750-II	ÁNIMAS	RP462N	15	AIRTEC	120,000	220
3	VP-02	VAV-54-26.5-1750-I-B	ÁNIMAS	RP521 – BP472	12/14	AIRTEC	100,000	150
4	VP-08	VAV-60-26.5-1750-II	ÁNIMAS	RP550N	12	AIRTEC	120,000	220
Total							440,000	740

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

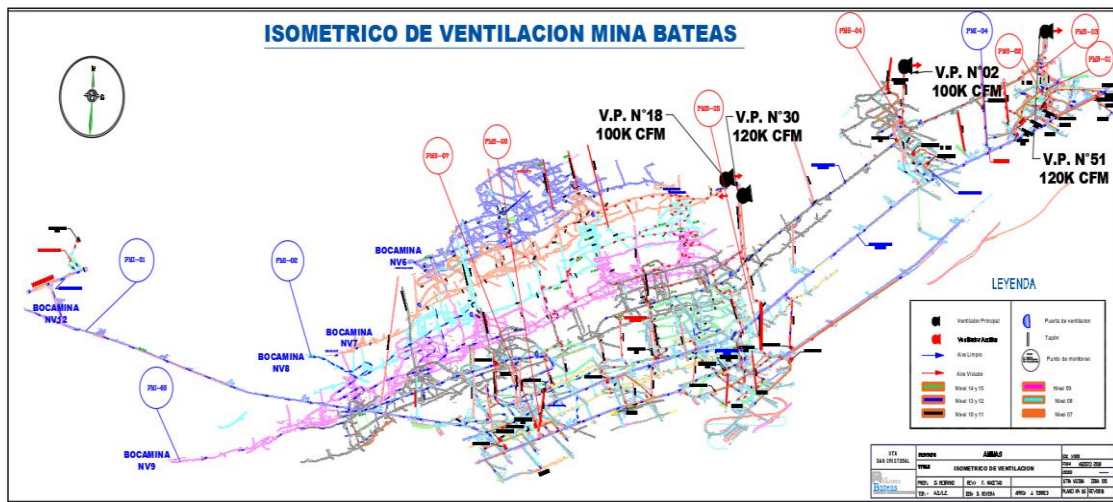


Figura 15. Plano isométrico de ventilación.
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.6.2. Sistema de bombeo mina Niv-15 integrada al Niv-12

El sistema de bombeo será repotenciado, por lo cual tendrá un sistema de bombeo que se detallará a continuación.

Iniciará en la RP 462 del Nivel16 con bombas sumergibles en cámaras auxiliares de ubicación dinámica según el aforo de agua y avance de infraestructura. El agua se bombeará hasta la estación principal, ubicada en la RP 460 (Nivel 15) a 100 m del tope de la RP 462. De este punto se evacuará el agua por medio de electrobombas un caudal de 125 l/s (c/u), llegando por medio de tuberías de HPDE de 14” hasta la CAM 384E (NV12), donde se tienen pozas de sedimentación para acumulación de agua y su tratamiento respectivo, luego de allí deberá salir por cuneta por gravedad a bocamina.

En bocamina hay pozas de tratamiento donde el área de medio ambiente realiza los controles de calidad como PH, sólidos en suspensión antes de soltar a la quebrada previo tratamiento.

Tabla 4. Capacidad instalada – bombas estacionarias

Ítem	Código	Modelo	Circuito	Labor	Nivel	Marca	Caudal nominal L/S	Potencia nominal HP
1	BS-01	CPSM 8X8-491-B	ANIMAS	RP462N	15	AKIPUMP	125	450
2	BS-02	CPSM 8X8-491-B	ANIMAS	RP462N	15	AKIPUMP	125	450
Total							250	900

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

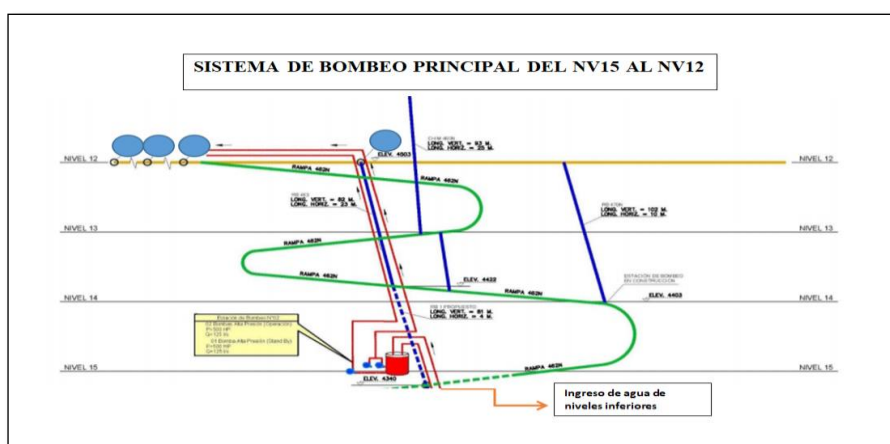


Figura 16. Sistema de bombeo principal

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.7. Preparación del relleno hidráulico

2.7.1. Planta relleno hidráulico Ánimas nivel 5 ½

Para el suministro de relleno hidráulico en las operaciones mineras en el interior de la mina, el proceso inicia en relavera mediante el carguío de relave, transporte y descarga mediante volquetes hasta cancha de almacenamiento en Nivel 5.

Posteriormente el relave es abastecido mediante *scoop* y/o cargador frontal en la tolva donde mediante la inserción de agua se forma una mezcla con un 30 % de agua y 70 % de relave aproximadamente y pasa por una parrilla donde es clasificada y cae a un acondicionador para ser enviada a mina a través de tres líneas de tuberías 4" HDPE hacia los distintos tajos en relleno.

La línea 01: conduce la pulpa por gravedad hacia las labores: TJ 512E Nivel 11 y TJ 612E Nivel 13.

La línea 02: conduce la pulpa por gravedad hacia las labores: TJ 626E, TJ 627E, TJ 730E y TJ 727E ubicados en el Nivel 13 y 14.

La línea 03: conduce la pulpa impulsada por una bomba Espiasa de 6x6 hacia las labores: TJ 553E, TJ 556E, TJ 554E, TJ 110E, TJ 111E, TJ 203E, TJ 204E, TJ 370E y TJ 470E todos ellos en el nivel 12 y 10. Se tiene una red de tubería de agua de 2" para el lavado de las tuberías después del relleno, y de una red tubería de agua de 1" para el lavado de la parrilla.

2.7.2. Planta de concreto Ánimas Nivel 06

En minera Bateas el concreto *shotcrete* es dosificado en forma automatizada en una planta de concreto de $12.0 m^3$ de producción por hora en el Nivel 6 por la empresa concretos Supermix S. A., empresa peruana del Consorcio Cemento del Sur S. A. del Grupo Gloria. Luego, es mezclado y al mismo tiempo transportado en los *mixkret* hacia las labores donde se lanzará el *shotcrete*, el equipo robot se encarga de lanzar el *shotcrete* a altas velocidades y presiones sobre el macizo de roca inestable en tiempo muy corto, para optimizar la producción y mejorar la seguridad. Además, tiene un equipo robotizado para *shotcrete* SPM 4210 Wetkret Dual Drive de $20.0 m^3$ de capacidad de lanzado por hora y dos camiones mixer de bajo perfil Putzmeister Mixkret ofrece una capacidad de mezclado y transporte de $4.0 m^3$ de concreto.

2.8. Bases teóricas del estudio

Desarrollar un nuevo sistema de relleno hidráulico, permitirá generar alternativas técnicas económicas en distintos escenarios económicos (*Trade Off* de relleno hidráulico), para lo cual hay que describir la situación actual de relleno hidráulico y posterior analizar las distintas alternativas y definir mediante una evaluación económica.

2.9. Descripción del proceso del sistema actual de relleno hidráulico

El sistema actual de relleno hidráulico se puede dividir en cuatro partes o etapas principales que son:

- Producción de relave total en la planta Concentradora.
- Conducción y selección de relave para relleno hidráulico.
- Transporte de relave seleccionado hacia la planta de relleno hidráulico y hacia la relavera San Francisco.
- Conducción de relave seleccionado hacia interior mina.



Figura 17. Ubicación de las instalaciones de la mina Bateas relacionadas al sistema de relleno hidráulico

A continuación, se describe el proceso de las principales actividades en las tres últimas etapas nombradas.

2.9.1. Desde relave final hasta las bombas Metso

Corresponde a la etapa de conducción y selección de relave para relleno hidráulico. El relave total producido en la planta concentradora es entregado hacia una caja de paso, desde la que salen dos tuberías de $\varnothing 6''$, un operando y una en *stand by*. Estas tuberías conducen el relave hacia la caja de alimentación de las

bombas Metso a una distancia de 230 metros, y a un desnivel negativo de 12 metros, descendiendo de la cota 4,452 a la cota 4,440 m s. n. m.



Figura 18. Desde relave final hasta las bombas Metso

2.9.2. Desde las bombas Metso hasta los hidrociclones

Corresponde también a la etapa de conducción y selección de relave para relleno hidráulico.

El relave proveniente de la planta concentradora es recepcionado en la caja de alimentación de las bombas Metso HR 150 de 100 HP. Las bombas Metso HR 150 de 100 HP son dos, un operando y otra en *stand by*, cada una de estas bombas a través de tuberías de $\varnothing 6$, impulsan el relave hasta los hidrociclones D-15 situados en la relavera N°2, también conocida como relavera norte. Es necesario precisar que cada bomba entrega a un hidrociclón D-15. La longitud horizontal de estas líneas de impulsión es 195 metros, y superan un desnivel positivo de 33 metros al elevarlo de la cota 4,440 a la cota 4,473 m s. n. m.

El UF de los hidrociclones es descargado sobre la relavera N°2, donde mediante el uso de una excavadora CAT 329 es apilado, para luego ser cargado hacia los volquetes.

El agua decantada del UF de los hidrociclones es conducida hacia las bombas Hidrostal de 2.5" x 4" de 75 HP, e impulsada mediante estas hacia la planta concentradora, donde es reusada en el proceso.

Existe también un tercer hidrociclón al que el O/F de los dos primeros es entregado, y se ejecuta un segundo cicloneo.



Figura 19. Desde las bombas Metso hasta los hidrociclones

2.9.3. Desde los hidrociclones hasta las bombas Goulds Pumps

Corresponde también a la etapa de conducción y selección de relave para relleno hidráulico. El OF de los hidrociclones es conducido mediante tubería de Ø 6" por gravedad desde la relavera N°2 hasta la cámara de las bombas Goulds, a una distancia de 195 metros y a un desnivel negativo de 33 metros, descendiendo de la cota 4,473 a la cota 4,440 msnm, el OF es recepcionado en el cajón de alimentación de las bombas Goulds de 6" x 4" de 200 HP. Estas bombas son cuatro y trabajan en serie de dos, una serie operando y una en *stand by*.



Figura 20. Cámara de bombas Goulds 6" x 4" 200 HP

2.9.4. Desde las bombas Goulds Pumps hasta la relavera San Francisco

Corresponde a la etapa de transporte de relave seleccionado hacia la planta de relleno hidráulico y hacia la relavera San Francisco.

El OF de los hidrociclones es conducido mediante tuberías de Ø 6" y recepcionado en el cajón de entrega a las bombas Goulds 6" x 4" 200 HP, que son cuatro y trabajan en serie de dos; desde esta cámara de bombeo, ubicada al pie de la relavera N° 2 se impulsa el relave a través de una tubería de Ø 8" hasta la relavera San Francisco, ubicada aguas abajo y en la margen derecha del río Santiago, a una distancia de 5,250 metros y a un desnivel negativo de 14 metros, descendiendo de la cota 4,440 a la cota 4,426 m s. n. m. La tubería de conducción está enterrada en toda su longitud y cuenta con cajas de registro.

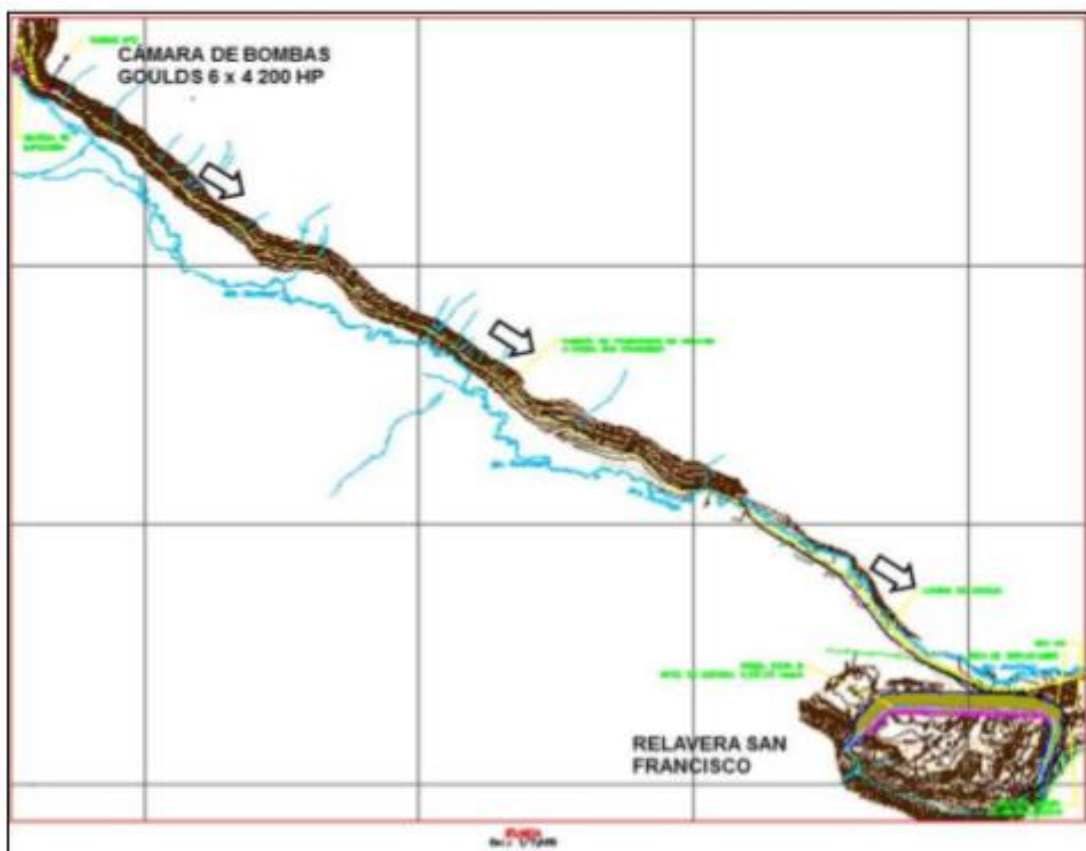


Figura 21. Desde las bombas Goulds Pumps hasta la relavera San Francisco N°03

2.9.5. Desde los hidrociclones hasta la planta de relleno hidráulico

Corresponde a la etapa de transporte de relave seleccionado hacia la planta de relleno hidráulico.

Los hidrociclones descargan el UF sobre la relavera N°2, este es apilado mediante el uso de una excavadora CAT 329, y posteriormente cargado a los

volquetes que lo transportan hacia la planta de relleno hidráulico, ubicada al noroeste de la planta concentradora, a 6,600 m de longitud y a un desnivel positivo de 462 m elevándolo desde la cota 4,470 a 4,932 m s. n. m. teniendo como pendiente general 7 %.

La vía es una carretera afirmada con un ancho predominante de cuatro metros, se observa un mantenimiento regular, con poca presencia de huecos o protuberancias, y ausencia de agua debido a la estación seca por la que se atraviesa. En los tramos que pasa por las instalaciones es regada para mitigar la generación de polvo, y en las zonas más alejadas no se realiza el regado por lo que el impacto por polución es notorio.



Figura 22. Ruta de transporte de relleno hidráulico en volquetes desde los hidrociclones hasta la planta de relleno hidráulico.

2.9.6. Desde la planta de relleno hidráulico hasta el interior de la mina

Corresponde a la etapa de transporte de relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta el interior de la mina.

La planta de relleno hidráulico se ubica en la cota 4,924 m s. n. m. desde la planta de relleno hidráulico salen tres líneas de tuberías; las dos primeras denominadas línea 1 y línea 2, que se dirigen con dirección suroeste, por superficie hasta llegar a la bocamina del Nivel 6, por donde ingresan al interior de la mina. Recorren hasta acá una distancia de 360 metros, con un desnivel negativo de 124 metros, descendiendo desde la cota 4,924 a la cota 4,800 m s. n. m.; la tercera denominada línea 3, se dirige hacia el noreste por superficie, hasta llegar a la CH RB 510, recorriendo hasta este punto una distancia de 1,500 metros, con un desnivel negativo de 184 metros, descendiendo de la cota 4,924 a la cota 4,740 m s. n. m.



Figura 23. Desde la planta de relleno hidráulico hasta interior mina

2.10. Balance de masa del sistema de relleno hidráulico

2.10.1. Balance de masa del sistema actual inspección del sistema de bombeo actual

Actualmente la clasificación de los relaves tiene una ratio de partición, igual a 56.56 %, esto significa una producción de 752 t/d de relave grueso con 67.86 % de sólidos y una densidad de 1,820 gr/l. En la tabla siguiente se muestra el detalle.

Tabla 5. Balance de masa situación actual

Clasificación de relaves de minera Bateas												
Balance de masa situación actual												
Capacidad 1500 tpd												
N°	Descripción	ROM	Sólidos		Agua			Pulpa				
		%	tms/h	tpd	Sp.Gr.	tph	gpm	tph	m ³ /h	gpm	%Sol	Densidad
Clasificación primaria de relaves												
	Alimento fresco Mol primario	100.00	62.50	1,500	3.000	2.33	10.28	64.8	23.20	102.15	96.40	2,799
	Relave de flotación (1)	88.6	55.38	1,329	2.920	127	557.00	182	145.67	641.40	30.45	1,250
1	Alimento Ciclon Prim	88.6	55.38	1,329	2.9200	127	557.00	182	145.67	641.40	30.45	1,250
2	Under Flow Ciclon Prim (2)	50.11	31.32	752	2.9760	14.8	65.33	46.2	25.40	111.83	67.86	1,820
3	Over Flow Ciclon Prim	38.49	24.05	577	2.8500	112	491.66	136	120.27	529.56	17.72	1,130

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.11. Diagrama de flujo del sistema de relleno hidráulico

La capacidad del sistema de relleno hidráulico según el cuadro proporcionado por minera Bateas varía desde 290 a 529 t/d. Para el estudio conceptual del sistema de transporte de relleno se diseñará con 1,080 t/d operando aproximadamente 16 h/d obteniendo un corte en el hidrociclón del 61% en el *underflow* y un 39% en el *overflow*.

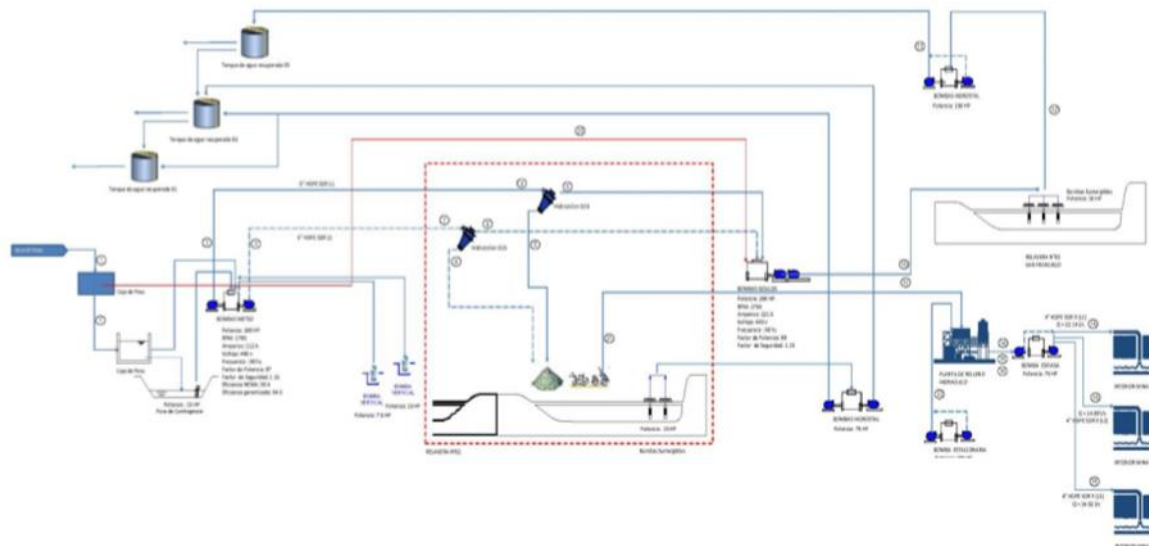


Figura 24. Diagrama de flujo del sistema actual de relleno hidráulico
Fuente: Departamento de planeamiento de minera Bateas S. A. C.

Tabla 6. Balance metalúrgico y reporte servicios mina

Ejecutado (balance metalúrgico & reporte servicios mina)																	
Periodo	(*) Material Tratamiento		(*) Material Producido			Material Producido		(**) Material Relleno (RH)				Densidad del relave	Material Depositado R-3			RH vs Relave Producido	
Meses	tms	tpd	relave tms	relave tpd (tms/d)	relave tph	relave m³	mina m³	mina tms	tpd(tms/d)	mina tpd (Diseño)	mina tph		(Relavera III) m³	tms	tms/d	tph	%
Ene-18	46,512	1,500.4	41,193	1,329	55	38,861	15,474	16,403	529	1,080	22	1.06	23,387	24,790	799.7	33	40%
Feb-18	36,604	1,180.8	32,472	1,160	48	30,634	11,744	12,449	402	1,080	17	1.06	18,890	20,023	715.1	30	38%
Mar-18	46,503	1,500.1	41,099	1,326	55	38,772	13,634	14,452	466	1,080	19	1.06	25,138	26,646	859.6	36	35%
Abr-18	45,158	1,456.7	39,812	1,327	55	37,558	15,314	16,233	524	1,080	22	1.06	22,245	23,579	786.0	33	41%
May-18	43,740	1,411.0	38,714	1,249	52	36,523	13,382	14,185	458	1,080	19	1.06	23,141	24,529	791.3	33	37%
Jun-18	45,226	1,458.9	40,226	1,341	56	37,949	10,820	11,470	370	1,080	15	1.06	27,128	28,756	958.5	40	29%
Jul-18	44,545	1,436.9	39,279	1,267	53	37,056	13,451	14,258	460	1,080	19	1.06	23,604	25,021	807.1	34	36%
Ago-18	46,135	1,488.2	40,893	1,319	55	38,578	12,442	13,189	425	1,080	18	1.06	26,136	27,704	893.7	37	32%
Set-18	45,316	1,461.8	40,221	1,341	56	37,944	12,460	13,207	426	1,080	18	1.06	25,484	27,013	900.4	38	33%
Oct-18	46,618	1,503.8	41,807	1,349	56	39,440	9,112	9,659	312	1,080	13	1.06	30,328	32,148	1,037.0	43	23%
Nov-18	41,963	1,333.7	37,188	1,240	52	35,083	14,599	15,475	499	1,080	21	1.06	20,484	21,713	723.8	30	42%
Dic-18	46,453	1,498.5	41,179	1,328	55	38,848	9,415	9,980	322	1,080	13	1.06	29,433	31,199	1,006.4	42	24%
Ene-19	46,219	1,490.9	41,041	1,324	55	38,718	9,555	10,128	327	1,080	14	1.06	29,163	30,912	997.2	42	25%
Feb-19	39,217	1,265.1	34,521	1,151	48	32,567	8,971	9,509	307	1,080	13	1.06	23,596	25,012	893.3	37	28%
Mar-19	44,715	1,442.4	39,550	1,318	55	37,311	8,469	8,977	290	1,080	12	1.06	28,842	30,572	986.2	41	23%
Promedio	44,328	1,430	39,280	1,291	54	37,056	11,923	12,638	408	1,080	17	1	25,133	26,641	877	37	32%

Fuente: Adaptado de la información proporcionada por minera Bateas

2.12. Equipos instalados en el sistema actual del relleno hidráulico.

En base al diagrama de flujo entregado por Bateas, se elaboró la lista de equipos de bombeo para el simple cicloneo.

Tabla 7. Lista de equipos sistema simple cicloneo

Descripción	Cantidad	Tipo	Modalidad	Potencia instalada (HP)
Bomba Estacionaria	1	Bomba Centrífuga	Operación	100
Bomba Estacionaria	1	Bomba Centrífuga	Stand by	100
Bomba Espiasa	1	Bomba Centrífuga	Operación	75
Bomba Espiasa	1	Bomba Centrífuga	Stand by	75
Bomba Metso N°01	1	Bomba Centrífuga	Operación	100
Bomba Metso N°02	1	Bomba Centrífuga	Stand by	100
Bomba Grindex Matador	1	Bomba Sumergible	Operación	30
Bomba Grindex Master	1	Bomba Sumergible	Operación	10
Bomba Hidrostral de agua recuperada N°01	1	Bomba Centrífuga	Operación	75
Bomba Hidrostral de agua recuperada N°02	1	Bomba Centrífuga	Stand by	75
Bomba Vertical Denver -Cochá de Contingencia	1	Bomba Sumergible	Operación	15
Bomba Vertical -Tanque de metal relave final	1	Bomba Sumergible	Operación	15
Bomba Vertical-Sumidero piso de las bombas de relave final	1	Bomba Sumergible	Operación	7.5
Bomba Goulds	1	Bomba Centrífuga	Operación	200
Bomba Goulds	1	Bomba Centrífuga	Stand by	200
Bomba Sumergible Tsurumi N°01	1	Bomba Sumergible	Operación	30
Bomba Sumergible Grindex Max1 N°02	1	Bomba Sumergible	Operación	30
Bomba Sumergible Tsurumi N°03	1	Bomba Sumergible	Operación	30
Bomba Hidrostral N°01 de agua recirculada	1	Bomba Centrífuga	Operación	150
Bomba Hidrostral N°02 de agua recirculada	1	Bomba Centrífuga	Stand by	150
				1,567.50

2.13. Cálculos hidráulicos del sistema actual de relleno hidráulico de equipos principales.

Se realizaron los cálculos hidráulicos solo para los sistemas de bombeo principales para las bombas Metso de 100 HP y para las bombas Goulds de 2x200 HP.

Tabla 8. Cotas-distancias de los sistemas de bombeo Metso y Goulds

Inicio	Fin	Cota inicio	Cota fin	Distancia horizontal	Distancia vertical	Distancia inclinada
Cámaras bombas Metso	Relavera N°2	4,440.00	4,473.00	195.00	33.00	197.77
Cámaras bombas Goulds	Relavera San Francisco	4,440.00	4,426.00	5,250.00	14.00	5,250.02

Tabla 9. Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Metso)

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Recorrido de tubería	-	-	Desde la estación de Bombeo (Bombas Goulds) hasta la relavera N°03 (San Francisco)
Caudal medido	Q_0	l/s	47
Densidad del Sólido	ρ_s	kg/m ³	2900
Densidad del agua	ρ_l	kg/m ³	1000
Densidad de la mezcla	ρ_m	kg/m ³	1213
Porcentaje de Sólidos	%	%	26.8
Diámetro de Partícula (D_{90})	D_{90}	um	111
Velocidad de Sedimentación	V_s	m/s	2.01
Velocidad de Flujo	v	m/s	3.58
Porcentaje de aumento	%	%	77.94
Diámetro Nominal	D_1	inch	6
Espesor de tubería	SDR	-	11
Tipo de Tubería			HDPE
Diametro interno	D_2	inch	5.1
Longitud de tubería	L_1	m	210
Presión de trabajo Normal	P_p	PSI	177.1
Hazen & William	H&W	-	150.0
Hazen & William (eq)	H&W	-	133.6
Altura estática	H_s	m	33
Altura dinámica	H_d	m	20
Pérdidas en Accesorios	H_p	m	1.26

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Altura total (TDH)	H_T	m	54.2
Altura total (TDH)	H_T	PSI	91.2
Pérdidas lineales		PSI/m	0.157
Tipo de Bomba			Bomba Centrífuga
Eficiencia de bomba	η	-	0.70
Potencia de bomba calculada (kW)	P_c	kW	43.5
Potencia de bomba calculada (HP)		HP	58
Motor Comercial		HP	75

Tabla 10. *Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Goulds)-doble cicloneo*

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Recorrido de tubería	-	-	Desde la estación de Bombeo (Bombas Goulds) hasta la relavera N°03 (San Francisco)
Caudal medido	Q_0	l/s	51
Densidad del Sólido	ρ_s	kg/m ³	2900
Densidad del agua	ρ_l	kg/m ³	1000
Densidad de la mezcla	ρ_m	kg/m ³	1139
Porcentaje de Sólidos	%	%	18.6
Diámetro de Partícula (D_{50})	D_{50}	um	78
Velocidad de Sedimentación	V_s	m/s	1.92
Velocidad de Flujo	v	m/s	2.53
Porcentaje de aumento	%	%	31.49
Diámetro Nominal	D_n	inch	8
Espesor de tubería	SDR	-	11
Tipo de Tubería			HDPE
Diámetro interno	D_i	inch	6.3
Longitud de tubería	L_t	m	5250
Presión de trabajo Normal	P_f	PSI	169.4
Hazen & William	H&W	-	150.0
Hazen & William (eq)	H&W	-	136.7
Altura estática	H_e	m	14
Altura dinámica	H_d	m	188
Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Pérdidas en Accesorios	H_a	m	0.54
Altura total (TDH)	H_T	m	202.8
Altura total (TDH)	H_T	PSI	324.2
Pérdidas lineales		PSI/m	0.057
Tipo de Bomba			Bomba Centrífuga
Eficiencia de bomba	η	-	0.70
Potencia de bomba calculada (kW)	P_c	kW	166.1
Potencia de bomba calculada (HP)		HP	223
Motor Comercial		HP	250

Tabla 11. Cálculos hidráulicos del sistema de bombeo (Goulds)-simple cicloneo

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Recorrido de tubería	-	-	Desde la estación de Bombeo (Bombas Goulds) hasta la relavera N°03 (San Francisco)
Caudal medido	Q_0	l/s	51
Densidad del Sólido	ρ_s	kg/m ³	2900
Densidad del agua	ρ_l	kg/m ³	1000
Densidad de la mezcla	ρ_m	kg/m ³	1139
Porcentaje de Sólidos	%	%	18.6
Diámetro de Partícula (D50)	D_{50}	um	78
Velocidad de Sedimentación	V_s	m/s	1.92
Velocidad de Flujo	v	m/s	2.53
Porcentaje de aumento	%	%	31.49
Diámetro Nominal	D_n	inch	8
Espesor de tubería	SDR	-	11
Tipo de Tubería			HDPE
Diámetro interno	D_i	inch	6.3
Longitud de tubería	L_t	m	5250
Presión de trabajo Normal	P_f	PSI	169.4
Hazen & William	H&W	-	150.0
Hazen & William (eq)	H&W	-	136.7
Altura estática	H_s	m	14
Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Altura dinámica	H_d	m	188
Pérdidas en Accesorios	H_p	m	0.54
Altura total (TDH)	H_T	m	202.8
Altura total (TDH)	H_T	PSI	324.2
Pérdidas lineales		PSI/m	0.057
Tipo de Bomba			Bomba Centrífuga
Eficiencia de bomba	η	-	0.70
Potencia de bomba calculada (kW)	P_c	kW	166.1
Potencia de bomba calculada (HP)		HP	223
Motor Comercial		HP	250

Tabla 12. Cálculos hidráulicos del sistema de Bombeo (Goulds)-relave total

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Recorrido de tubería	-	-	Desde la estación de Bombeo (Bombas Goulds) hasta la relavera N°03 (San Francisco)
Caudal medido	Q_0	l/s	51
Densidad del Sólido	ρ_s	kg/m ³	2900
Densidad del agua	ρ_l	kg/m ³	1000
Densidad de la mezcla	ρ_m	kg/m ³	1213
Porcentaje de Sólidos	%	%	26.8
Diámetro de Partícula (D_{50})	D_{50}	um	111
Velocidad de Sedimentación	V_s	m/s	2.25
Velocidad de Flujo	v	m/s	2.53
Porcentaje de aumento	%	%	12.45
Diámetro Nominal	D_n	inch	8
Espesor de tubería	SDR	-	11
Tipo de Tubería			HDPE
Diametro interno	D_i	inch	6.3
Longitud de tubería	L_1	m	5250
Presión de trabajo Normal	P_p	PSI	169.4
Hazen & William	H&W	-	150.0
Hazen & William (eq)	H&W	-	120.5
Altura estática	H_e	m	14

Descripción	Símbolo	Unidades	Estación de bombeo de relaves en pulpa
Altura dinámica	H_d	m	240
Pérdidas en Accesorios	H_a	m	0.86
Altura total (TDH)	H_T	m	255.0
Altura total (TDH)	H_T	PSI	430.1
Pérdidas lineales		PSI/m	0.077
Tipo de Bomba			Bomba Centrífuga
Eficiencia de bomba	η	-	0.70
Potencia de bomba calculada (kW)	P_c	kW	222.5
Potencia de bomba calculada (HP)		HP	298
Motor Comercial		HP	350

2.13.1. Consumo de energía del sistema actual de relleno hidráulico.

Se elaboró los consumos de energía en base a los equipos instalados en el sistema de relleno hidráulico para un simple cicloneo.

Tabla 13. Consumo de energía de las bombas

Descripción	Cantidad	Tipo	Modalidad	Potencia instalada (kW)	Potencia Absorbida (kW)	Horas trabajadas (h)	kWh-Año operación	US\$/kWh	Costo año (US\$/año)
Bomba Espiasa	1	Bomba Centrífuga	Operación	55	50	13	237,600	0.0670	15,919
Bomba Espiasa		Bomba Centrífuga	Stand by	55					
Bomba Metso N°01	1	Bomba Centrífuga	Operación	75	75	24	648,000	0.0670	43,416
Bomba Metso N°02		Bomba Centrífuga	Stand by	75					
Bomba Vertical Denver -Cocha de Contingencia	1	Bomba Sumergible	Operación	11	11	4	15,840	0.0670	1,061
Bomba Vertical-Sumidero piso de las bombas de relave final	1	Bomba Sumergible	Operación	6	6	4	7,920	0.0670	531
				277			909,360		60,927

2.13.2. Demanda máxima de energía

Se elaboró la demanda máxima de energía para el sistema de relleno hidráulico.

Tabla 14. Demanda máxima de las bombas

Item	Descripcion	Unidad	Cantid.	Pot. Inst.	Total (kW)
1	Sistemas de Relleno hidráulico				
	Bomba Espiasa	Unid.	1	55	55
	Bomba Espiasa	Unid.	1	55	55
	Bomba Metso N°01	Unid.	1	75	75
	Bomba Metso N°02	Unid.	1	75	75
	Bomba Vertical Denver -Cocha de Contingencia	Unid.	1	11	11
	Bomba Vertical-Sumidero piso de las bombas de relave final	Unid.	1	6	6
					277
				Factor de Demanda	0.80
				Máxima Demanda	221.2
				Total Maximas Demandas (kW)	221.2
				Factor de Simultaneidad de Operación	0.60
				Máxima Demanda Diversificada (kW)	133.16

2.13.3. Tiempo estimado de transporte de relleno hidráulico con volquetes.

Se elaboró el tiempo de transporte y carguío de los volquetes que trasladan el relave hasta la planta de relleno hidráulico.

Tabla 15. Transporte y carguío de volquetes

Descripción	Ida		Retorno	
Distancia	6.6	km	6.6	km
Velocidad	12	km/h	15	km/h
Tiempo de llenado	8		0	min
Tiempo de viaje	33		26.4	h
Tiempo de descarga	7		0	min
Tiempo de ida y retorno	48		26.4	min
Capacidad	15	m ³	15	m ³
Tiempo total	74.4	min		
	1.24	h		
Numero de recorridos	19			
Tiempo por día	1413.6	min		
Capacidad de transporte total	253	m ³ /d		
	539	tpd		

2.13.4. Personal asignado a la operación de relleno hidráulico

A continuación, se detallan la cantidad de personal asignado a la operación de relleno hidráulico.

Tabla 16. Personal asignado a la operación de relleno hidráulico

Planilla	Puestos	Numero de Colaboradores	Incidencia
ECM	Supervisor	1	1
ECM	Planta	2	1
ECM	Preparación	2	11
ECM	Relleno	2	1
ECM	Op. Volquete	3	1
Bateas	Op. Carg. Frontal 1	1	0.57
Bateas	Op. Carg. Frontal 2	1	0.38
Total		12	

2.13.5. Costos US \$/m³ del sistema actual de relleno hidráulico.

En base a los consumos de energía, se elaboró el costo por m³ de relave para el sistema de relleno hidráulico actual. Por otro lado, el costo de transporte y carguío fue proporcionado por minera Bateas.

Tabla 17. Consumos del sistema actual de relleno hidráulico

Descripción	Ratio	Unidad	Observación
Energía	0.61	US\$/m ³	(Estimado por SRK)
Operación y mantenimiento	8.23	US\$/m ³	(Estimado por SRK)
Transporte y carguío	8.37	US\$/m ³	(Estimado por BATEAS)
Total	17.22	US\$/m³	

2.13.6. Conformación del relleno hidráulico.

En la Tabla 21 se aprecia que para el relleno hidráulico actual el 30% es relleno detrítico y el 70% es relleno hidráulico.

Tabla 18. Material de aporte al relleno hidráulico

Descripción	Volumen (m ³)	Porcentaje (%)
Detrítico	4,500	30
Hidráulico	11,000	70
	15,500	100

2.14. Descripción de alternativas propuestas para el sistema de relleno hidráulico.

Posteriormente a haber tomado conocimiento en base a la información digital proporcionada por Bateas, se proponen diversas alternativas factibles para un nuevo sistema de relleno hidráulico para la mina Bateas. Se consideró aprovechar labores excavadas en desuso, y adecuarlas para las instalaciones del nuevo sistema de relleno hidráulico, con el fin de optimizar el costo, mitigar la generación de desmonte y contribuir al cuidado del medio ambiente; así también se observó, consultó y tomó nota de las labores mineras que podrían ser utilizadas como rutas de acceso para las tuberías del nuevo sistema de relleno hidráulico, información que fue confirmada o complementada con los planos proporcionados por Bateas.

Se revisó el estudio realizado en el año 2,013, para un nuevo sistema de bombeo, por otra empresa consultora, cuya única alternativa propuesta (por bombeo), por considerarlo factible, se considera para actualizarlo a la realidad presente, y en lo posible optimizarlo.

Luego de las acciones mencionadas, se plantearon diversas alternativas preliminares, que fueron analizadas durante las reuniones del equipo del proyecto, descartando aquellas que presentaban mayores desventajas frente a las otras, seleccionando finalmente cuatro que ofrecían mayores ventajas en los aspectos técnico, económico, ambiental y social.

Las cuatro alternativas preliminares seleccionadas se presentaron y consultaron a Bateas, pues se considera importante su opinión para continuar con el avance del estudio. Con mayor conocimiento de su operación minera y objetivos de explotación se aprobaron tres alternativas y se propuso una; quedando cuatro

alternativas para analizar. En reunión posterior se propuso y aprobó evaluar una quinta alternativa.

Este informe contiene el análisis y evaluación de las cinco alternativas seleccionadas, así como el desarrollo a nivel conceptual de aquella que, en la matriz de calificación, obtuvo el mayor puntaje.

Para la elaboración de los diseños de las alternativas, se asumen los siguientes parámetros en base a no contar con la información. Para la evaluación de alternativas se han tomado niveles y cotas aproximadas. El porcentaje de sólidos en peso asumido es de 62 % y se asume un diámetro de partículas de 158 μm para las bombas de desplazamiento positivo. La eficiencia de las bombas se encuentra alrededor del 85 % y los motores de las bombas están derrateadas para trabajar a 4,600 m s. n. m.

2.15. Alternativa N°01

2.15.1. Descripción de alternativa

Esta alternativa propone trasladar el relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta los tajos en el interior de la mina en dos etapas mediante la instalación de dos estaciones de bombeo. La N°1 se ubicará junto a la planta concentradora, en el área de la explanta de doble cicloneo, en la cota 4,450 m s. n. m. La N°2 se ubicará en superficie, en la actual estación de distribución de relleno hidráulico, en la cota 4,921 m s. n. m. A continuación, se describen los aspectos principales de cada estación.

Estación N°1

- Funciones principales: cicloneo de relave total, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 298.4 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento y acondicionamiento de relleno hidráulico: un *holding tank* de 785 m³ de capacidad (\varnothing 10 x 10 m de altura).

- Almacenamiento de agua: un tanque de 60 m³ de capacidad (Ø 4x4 m de altura).
- Longitud de bombeo: 2,044 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero SCH 80, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 64.8 m³/h- TDH (ADT)= 703.6 m
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación de relleno hidráulico, por superficie llega hasta la estación N°2, donde actualmente se encuentra la estación de distribución de relleno hidráulico; recorriendo un total de 2,044 m (inclinado).

Estación N°2

- Funciones principales: recepción, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 111.9 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento de relleno hidráulico: dos tanques de 300 m³ de capacidad (Ø 8x15 m de altura).
- Almacenamiento de agua: existen tanques de agua en el lugar.
- Acondicionamiento del relleno hidráulico: un tanque de Ø 3.6x3.6 m con agitador.
- Longitud de bombeo: 1500 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero, SCH 40, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 85.68 m³/h- TDH (ADT)= 216.1 m
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas.
- TMS de bombeo diario: 1,083 t/d (*underflow*).

Se considera utilizar las actuales tuberías y rutas, las cuales son dos. La primera, que inicia en la planta de distribución y se dirige por superficie con dirección aproximada hacia el noreste, hasta el RB 510, por donde ingresa hacia las labores de interior mina; recorriendo una distancia total de 1,500 m (inclinado). La segunda, que inicia en el mismo punto y se dirige por superficie con dirección aproximada

hacia el suroeste, hasta la bocamina del Nivel 6, por donde ingresa hacia las labores de interior mina; recorriendo una distancia total de 380 m (inclinado).

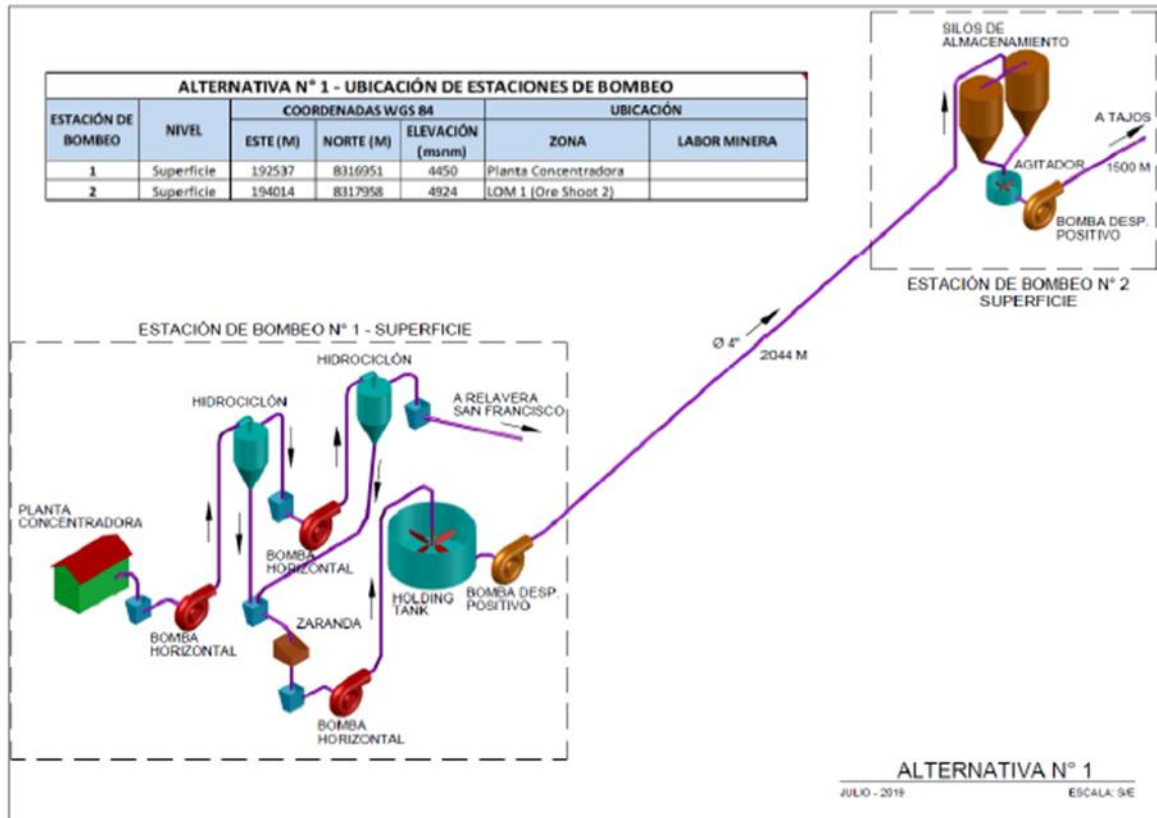


Figura 25. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°01
Fuente: Departamento de planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.15.2. Estaciones de bombeo

A continuación, se detallan los equipos principales para la alternativa N°01

Tabla 19. Equipos electromecánicos para la alternativa N°01

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia absorbida (kw)	Potencia instalada (kw)
Estación de bombeo N° 02 (Equipos interior mina)	Mono riel eléctrico	1	2	3.7
	Bomba pistón	1	100.9	112
	Tanque agitador	1	9.6	11
	Servicios auxiliares	1		30
			509	642
Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida (kw)	Potencia Instalada (kw)
Estación de bombeo N°01 (Equipos planta Concent)	Bomba Pistón	1	248.4	298.40
	Tanque Agitador (Holding Tank)	1	30	37
	Bomba Centrífuga	1	11	15
	Bomba de sumidero	1	15	20
	Bomba horizontal primaria	1	38	45
	Bomba horizontal primaria (Stand by)	1	37	45
	Bomba horizontal secundaria	1	37	45
	Bomba horizontal secundaria (Stand by)	1	37	45
	Bomba horizontal Arenas	1	19	25
	Bomba horizontal Arenas (Satnd by)	1	19	25
Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)		
Estación de bombeo N 01	Tubería de acero ø4" SCH80 Gr. A	2043		
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	0		
	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	0		
Estación de bombeo N°02	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1500		
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1050		
	Tubería de HDPE ø4" SDR 11	2100		

Fuente: Departamento de planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.15.3. Tuberías

A continuación, se detallan las longitudes, especificaciones técnicas de las tuberías seleccionadas en la alternativa N°01

Tabla 20. Tuberías a implementar en alternativa N°01

Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)
Estación de Bombeo N°01	Tubería de acero ø4" SCH80 Gr. A	2043
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	0
	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	0
Estación de Bombeo N°02	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1500
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1050
	Tubería de HDPE ø4" SDR 11	2100

Fuente: Departamento de planeamiento de minera Bateas S. A. C.

2.15.4. Suministro eléctrico

Para el suministro eléctrico de esta alternativa, se considera la construcción de dos subestaciones en superficie, con las siguientes características:

- Estación N°1: subestación de distribución trifásica 900kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m
- Estación N°2: subestación de distribución trifásica 200kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m

Adicionalmente se ha incluido todo el equipamiento eléctrico asociado para la operación óptima de las bombas y sus equipos complementarios.

Es necesario que el cliente indique el punto de alimentación para el suministro eléctrico, estableciendo la ubicación, el voltaje y la potencia disponible. Se observa en los diagramas de carga de la subestación Caylloma, que existe poca reserva del sistema, por lo que se debe coordinar un incremento de potencia contratada en el punto de suministro principal u otra opción como la instalación de un grupo electrógeno para poder atender la necesidad de energía de esta alternativa, así como futuros incrementos de carga.

2.16. Alternativa N°02

2.16.1. Descripción de alternativa

Esta alternativa propone trasladar el relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta los tajos en interior mina, en tres etapas mediante la instalación de dos estaciones de bombeo más una auxiliar. La N°1 se ubicará junto a la planta

concentradora, en el área de la explanta de doble cicloneo, en la cota 4,450 m s. n. m.; la estación auxiliar se ubicará en interior mina, en el Nivel 9, en la VTN 452N, en la cota 4,654 m s. n. m. La N°2 se ubicará en la VTN 452N, en la cota 4,654 m s. n. m. A continuación, se describen los aspectos principales de cada estación.

Estación N° 1

- Funciones principales: cicloneo de relave total, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 186.5 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento y acondicionamiento de relleno hidráulico: un *holding tank* de 785 m³ de capacidad (Ø 10x10 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 60 m³ de capacidad (Ø 4x4 m de altura).
- Longitud de bombeo: 2,403 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero SCH 80, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 64.8 m³/h – TDH (ADT)= 473 m
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación 1, por la superficie llega hasta la bocamina del Nivel 9, ingresa a interior mina y recorre las labores GAL 100E, SN 381E, BP 410E, VTN 452N, hasta llegar al pie de la CH 452N, Nivel 9; recorriendo un total de 2,403 m (inclinado). Al pie de la CH 452N, se ubicará la estación N°2.

Estación auxiliar para almacenar el relleno

- Funciones principales: recepción y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipos de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 29.84 kW (potencia instalada)
- Recepción y entrega de relleno hidráulico: un tanque agitador de 36 m³ de capacidad (3.6x3.6 m).

- Longitud de bombeo: 76 m (inclinado).
- Tipo de tubería: HDPE, SDR 11, Ø 5"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 64.8 m³/h – TDH (ADT)=74.5 m
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación auxiliar, de relleno hidráulico, al pie de la CH 452N, Nivel 9, sube hasta el borde superior del tanque de acumulación que se ubicará en esta chimenea y descarga el relleno hidráulico sobre este tanque; recorriendo un total de 76 m (inclinado).

Estación N°2

- Funciones principales: recepción, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipos de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 186.5 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento de relleno hidráulico: dos tanques de 300 m³ de capacidad (Ø 8x15 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 170 m³ de capacidad (Ø 6x6 m).
- Acondicionamiento del relleno hidráulico: un tanque de Ø 3.6x3.6 m con agitador.
- Longitud de bombeo: 2,000 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero, SCH 40, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 85.68 m³/h – TDH (ADT) =336 m
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas.
- Bombeo diario: 1,083 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación N°2 de relleno hidráulico, al pie de la CH 452N, Nivel 9; luego por el nivel 9 se distribuirá el relleno hidráulico a las zonal del LOM 1 (*ore shoot 1 y 2*), y LOM 2 (*ores shoot 3 y 4*), recorriendo una distancia total de 2,000 m (inclinado), en el caso más distante (LOM 2). (Inclinado).

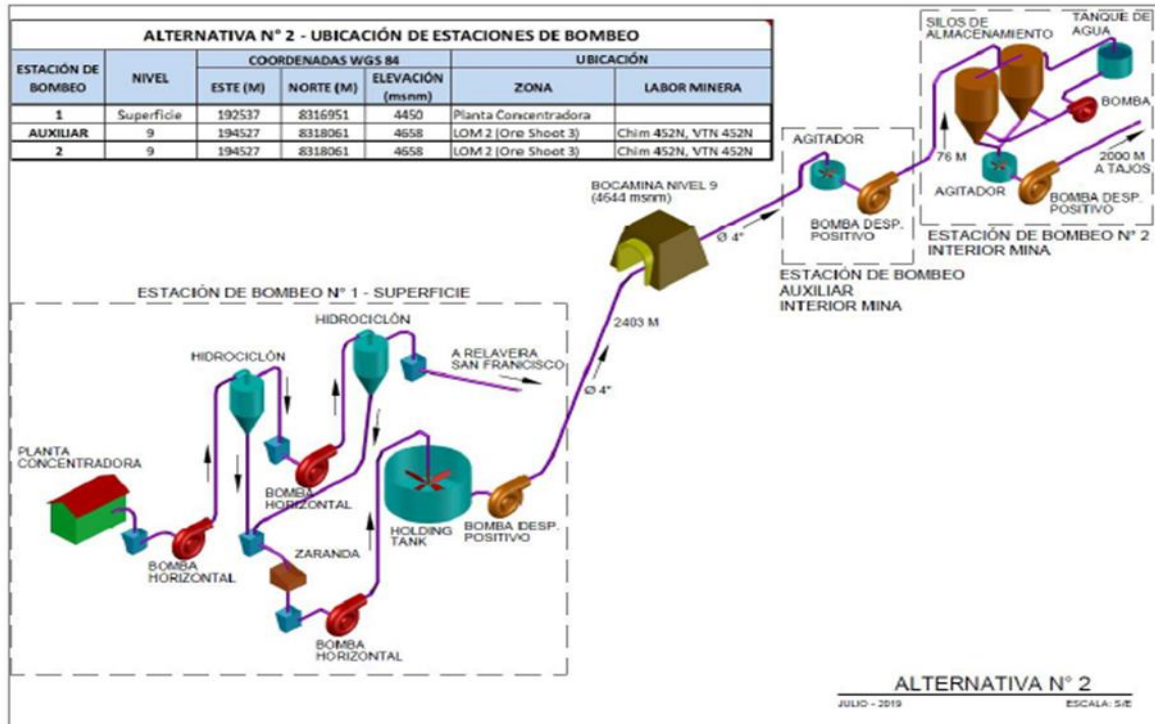


Figura 26. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°02

2.16.2. Estaciones de bombeo

A continuación, se detallan los equipos principales para la alternativa N°02

Tabla 21. Equipos electromecánicos para la alternativa N°02

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
	Bomba Piston Planta	1	167	187
	Tanque Agitador (Holding Tank)	1	30	37
	Bomba Centrifuga	1	11	15
	Bomba de sumidero	1	15	19
Estación de bombeo N°01 (Equipos Planta Concent.)	Bomba horizontal primaria	1	38	45
	Bomba horizontal primaria (stand by)	1	38	45
	Bomba horizontal secundaria	1	37	45
	Bomba horizontal secundaria (stand by)	1	37	45
	Bomba horizontal Arenas	1	19	25
	Bomba horizontal Arenas (stand by)	1	19	25

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
	Mono riel eléctrico	1	2	3.70
Estación de bombeo N°02 (Equipos Interior Mina)	Bomba Piston Int. Mina	1	157.1	186.5
	Bomba Piston Int. Mina	1	26.3	29.8
	Tanque Agitador Interior Mina	1	9.3	11.2
	Tanque Agitador Interior Mina	1	9.3	11.2
	Servicios Auxiliares	1	0	30.0
			519	644

2.16.3. Tuberías

A continuación, se detallan las longitudes, especificaciones técnicas de las tuberías seleccionadas en la alternativa N°02.

Tabla 22. Tuberías a implementar en alternativa N°02

Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)
Estación de Bombeo N°01	Tubería de acero ø4" SCH80 Gr. A	2403
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	250
	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	200
Estación de Bombeo N°02	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	2000
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	800
	Tubería de HDPE ø4" SDR 11	1000
Estación de Bombeo Auxiliar	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	72

2.16.4. Suministro eléctrico

Para el suministro eléctrico de esta alternativa, se considera la construcción de dos subestaciones en superficie y mina cada una, con las siguientes características:

- Estación N°1: subestación de distribución trifásica 600kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m.
- Estación N°2: subestación de distribución trifásica 400kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m.

Adicionalmente se ha incluido todo el equipamiento eléctrico asociado para la operación óptima de las bombas y sus equipos complementarios.

Es necesario que el cliente indique el punto de alimentación para el suministro eléctrico, estableciendo la ubicación, el voltaje y la potencia disponible. Se observa en los diagramas de carga de la subestación Caylloma, que existe poca reserva del sistema, por lo que se debe coordinar un incremento de potencia contratada en el

punto de suministro principal, u otra opción como como la instalación de un grupo electrógeno, para poder atender la necesidad de energía de esta alternativa, así como futuros incrementos de carga.

2.17. Alternativa N°03

2.17.1. Descripción de alternativa

Esta alternativa propone trasladar el relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta los tajos en interior mina en tres etapas mediante la instalación de tres estaciones de bombeo. La N°1 se ubicará junto a la planta concentradora, en el área de la explanta de doble cicloneo, en la cota 4,450 m s. n. m.; la estación de bombeo auxiliar, se ubicará en interior mina, en el Nivel 9, en la CAM 509S, en la cota 4,640 m s. n. m. La N°2 se ubicará en la CAM 509S, en la cota 4,640 m s. n. m. A continuación, se describen los aspectos principales de cada estación

Estación N° 1

- Funciones principales: cicloneo de relave total, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 223.8 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento y acondicionamiento de relleno hidráulico: un *holding tank* de 785 m³ de capacidad (Ø 10x10 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 60 m³ de capacidad (Ø 4x4 m de altura).
- Longitud de bombeo: 3,541 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero SCH 80, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 64.8 m³/h – TDH (ADT) = 585.5 m
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico, inicia en la estación de relleno hidráulico, por superficie llega hasta la bocamina del Nivel 9, ingresa a interior mina y recorre las labores GAL 100E, SN 381E, BP 410E, VTN 441N, baja

por la CHA 442N al nivel 10, en este nivel recorre las labores VTN 441E, RP 427N, BP 430E, CAM 510N, sube por el RB hasta la CAM 517E, RP 510N, CAM 509S, hasta llegar al pie de la CH 509N, Nivel 9; recorriendo un total de 3,598 m (inclinado). Al pie de la CH 509N, se ubicará la estación auxiliar.

Estación auxiliar para almacenar relleno

- Funciones principales: recepción, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipos de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 130.55 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento de relleno hidráulico: dos tanques de 300 m³ de capacidad (Ø 8x15 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 170 m³ de capacidad (Ø 6x6 m).
- Acondicionamiento del relleno hidráulico: un tanque de Ø 3.6x3.6 m con agitador.
- Longitud de bombeo: 1,350 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero, SCH 40, Ø 4"
- Caudal de bombeo y Altura dinámica total: 85.68 m³/h - TDH (ADT) = 244.1 m.
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas.
- Bombeo diario: 1,083 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación N°2 de relleno hidráulico, al pie de la CH 509N, Nivel 9, luego por el Nivel 9 se distribuye el relleno hidráulico a las zonas del LOM 1 (*ore shoot 1 y 2*), y LOM 2 (*ore shoot 3 y 4*), recorriendo una distancia total de 1,350 m (inclinado), en el caso más distante (LOM 1).

Estación N° 2

- Funciones principales: recepción, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipos de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 130.55 kW (potencia instalada)

- Almacenamiento de relleno hidráulico: dos tanques de 300 m³ de capacidad (Ø 8x15 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 170 m³ de capacidad (Ø 6x6 m).
- Acondicionamiento del relleno hidráulico: un tanque de Ø 3.6x3.6 m con agitador.
- Longitud de bombeo: 1,350 m (inclinado).
- Tipo de tubería: Acero, SCH 40, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 85.68 m³/h - TDH (ADT) = 244.1
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas.
- Bombeo diario: 1,083 t/d (*underflow*)

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación N°2 de relleno hidráulico, al pie de la CH 509N, luego por el Nivel 9 se distribuye el relleno hidráulico a las zonas del LOM 1 (*ore shoot 1y2*), y LOM 2 (*ore shoot 3 y 4*), recorriendo una distancia total de 1,350 m (inclinado), en el caso más distante (LOM 1).

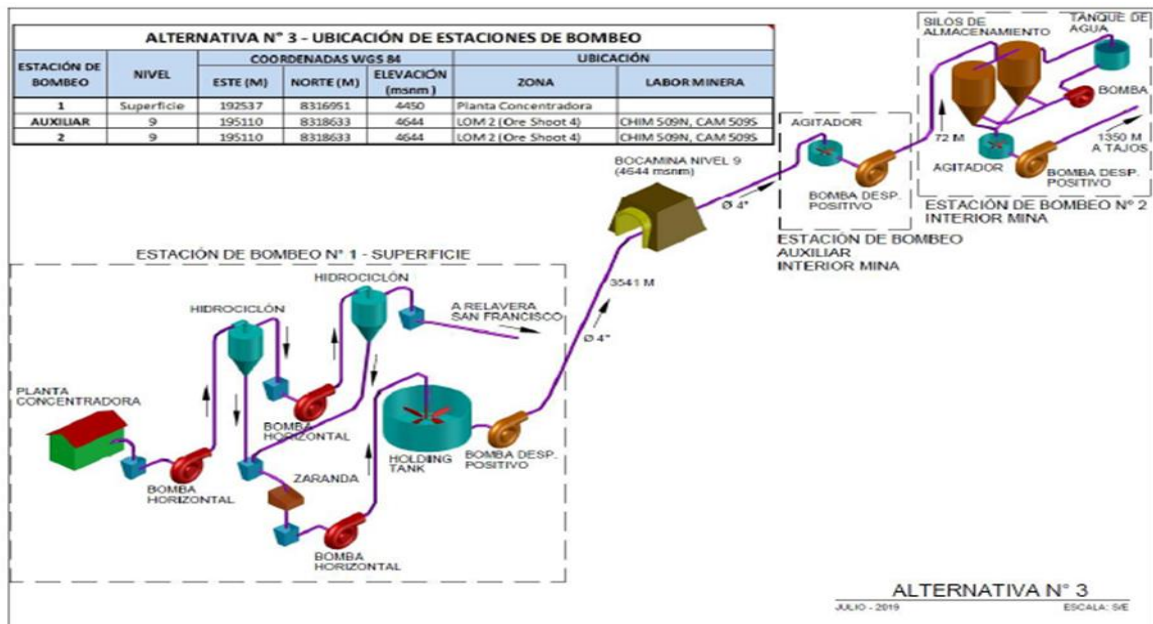


Figura 27. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°03

2.17.2. Estaciones de bombeo

A continuación, se detallan los equipos principales para la alternativa N°03.

Tabla 23. Equipos electromecánicos para la alternativa N°03

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
Estación de bombeo N°01 (Equipos Planta Concent)	Bomba Piston Planta	1	207	224
	Tanque Agitador (Holding Tank)	1	35	37
	Bomba Centrifuga	1	11	15
	Bomba de sumidero	1	15	19
	Bomba horizontal primaria	1	38	45
	Bomba horizontal primaria (stand by)	1	38	45
	Bomba horizontal secundaria	1	37	45
	Bomba horizontal secundaria (stand by)	1	37	45
	Bomba horizontal Arenas	1	19	25
	<hr/>			
Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
Estación de bombeo N°02 (Equipos Interior Mina)	Bomba horizontal Arenas (stand by)	1	19	25
	Mono riel eléctrico	1	2	3.7
	Bomba Piston Int. Mina	1	113.9	131
	Bomba Piston Int. Mina	1	26.2	30
	Tanque Agitador Interior Mina	1	7.3	11
	Tanque Agitador Interior Mina	1	7.3	11
	Servicios Auxiliares	1	0	30
				516

2.17.3. Tuberías

A continuación, se detallan las longitudes, especificaciones técnicas de las tuberías seleccionadas en la alternativa N°03.

Tabla 24. Tuberías a implementar en alternativa N°03

Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)
Estación de Bombeo N°01	Tubería de acero ø4" SCH80 Gr. A	3540
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	250
	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	200
Estación de Bombeo N°02	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1350
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	800
	Tubería de HDPE ø4" SDR 11	500
Estación de Bombeo Auxiliar	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	72

2.17.4. Suministro eléctrico

Para el suministro eléctrico de esta alternativa, se considera la construcción de dos subestaciones en superficie y mina cada una, con las siguientes características:

- Estación N°1: subestación de distribución trifásica 800kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600msnm
- Estación N°2: subestación de distribución trifásica 300kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600msnm

Adicionalmente se ha incluido todo el equipamiento eléctrico asociado para la operación óptima de las bombas y sus equipos complementarios.

Es necesario que el cliente indique el punto de alimentación para el suministro eléctrico, estableciendo la ubicación, el voltaje y la potencia disponible. Se observa en los diagramas de carga de la subestación Caylloma que existe poca reserva del sistema, por lo que se debe coordinar un incremento de potencia contratada en el punto de suministro principal, u otra opción como como la instalación de un grupo electrógeno, para poder atender la necesidad de energía de esta alternativa, así como futuros incrementos de carga.

2.18. Alternativa N°04

2.18.1. Descripción de alternativa

Esta alternativa propone trasladar el relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta los tajos en interior mina en tres etapas mediante la instalación de tres estaciones de bombeo. La N°1 se ubicará junto a la planta concentradora, en

el área de la explanta de doble cicloneo, en la cota 4,450 m s. n. m.; la estación auxiliar se ubicará en interior mina, en el Nivel 10, en la CAM 511E, en la cota 4,599 m s. n. m. La N°3 se ubicará en la CAM 511E, en la cota 4,599 m s. n. m. A continuación, se describen los aspectos principales de cada estación.

Estación N° 1

- Funciones principales: cicloneo de relave total, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 223.8 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento y acondicionamiento de relleno hidráulico: un *holding tank* de 785 m³ de capacidad (Ø 10x10 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 60 m³ de capacidad (Ø 4x4 m de altura).
- Longitud de bombeo: 3,325 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero SCH 80, Ø 4
- Caudal de bombeo y Altura dinámica total: 64.8 m³/h – TDH (ADT) = 521 m
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*)

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico se inicia en la estación N°1, por superficie llega hasta la bocamina del Nivel 9, ingresa a interior mina y recorre las labores GAL 100E, SN 381E, BP 410E, VTN 441N, baja por la CHA 442N al Nivel 10, en este nivel recorre las labores VTN 441E, RP 427N, BP 430E, CAM 505S, CAM 511E; llegando al pie de la CH 512N; recorriendo un total de 3,325 m (inclinado). Al pie de la CH 512N, se ubicará la estación auxiliar.

Estación auxiliar para almacenar relleno

- Funciones principales: recepción y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipos de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 30 kW (potencia instalada)
- Recepción y entrega de relleno hidráulico: un tanque agitador de 36 m³ de capacidad (3.6x3.6 m).

- Longitud de bombeo: 72 m (inclinado).
- Tipo de tubería: HDPE, SDR 11, Ø 5"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 64.8 m³/h – TDH (ADT) = 74.1 m,
- Tiempo de bombeo por día: 16 horas.
- Bombeo diario: 1,092 t/d (*underflow*)

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico se inicia en la estación auxiliar de relleno hidráulico, al pie de la CH 509N, Nivel 9, sube hasta el borde superior del tanque de acumulación que se ubicará en esta chimenea y descarga el relleno hidráulico sobre este tanque; recorriendo un total de 72 m (inclinado).

Estación N°2

- Funciones principales: recepción, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 130.55 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento de relleno hidráulico: dos tanques de 300 m³ de capacidad (Ø 8x15 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 170 m³ de capacidad (Ø 6x6 m).
- Acondicionamiento del relleno hidráulico: un tanque de Ø 3.6x3.6 m con agitador.
- Longitud de bombeo: 1,200 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero, SCH 40, Ø 4"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total: 85.68 m³/h - TDH (ADT)=223 m.
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas. Bombeo diario: 1,083 t/d (*underflow*).

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación N°2 de relleno hidráulico, al pie de la CH 512N, Nivel 10. Luego por el Nivel 10 se distribuye el relleno hidráulico a las zonas del LOM 1 (*ore shoot 1 y 2*), y LOM 2 (*ore shoot 3 y 4*) recorriendo una distancia total de 1,200 m (inclinado).

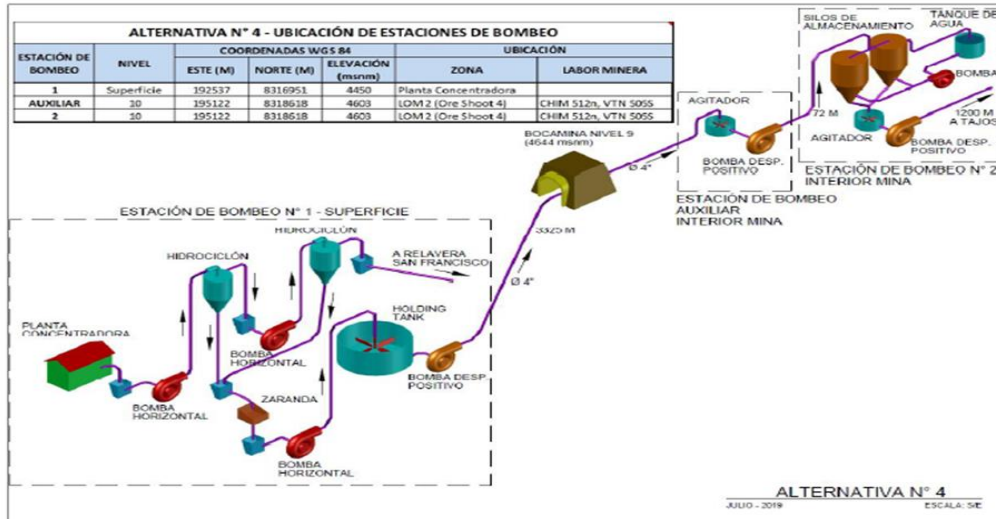


Figura 28. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°04

2.18.2. Estaciones de bombeo

A continuación, se detallan los equipos principales para la alternativa N°04.

Tabla 25. Equipos electromecánicos para la alternativa N°04

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
Estación de bombeo N°01 (Equipos Planta Concent.)	Bomba Piston Planta	1	183.80	223.80
	Tanque Agitador (Holding Tank)	1	35.00	37.00
	Bomba Centrifuga	1	11.00	15.00
	Bomba de sumidero	1	15.00	18.50
	Bomba horizontal primaria	1	38.00	45.00
	Bomba horizontal primaria (stand by)	1	38.00	45.00
	Bomba horizontal secundaria	1	37.00	45.00
	Bomba horizontal secundaria (Stand by)	1	37.00	45.00
	Bomba horizontal Arenas	1	19.00	25.00
Bomba horizontal Arenas (Stand by)	1	19.00	25.00	
Estación de bombeo N°02 EQUIPOS INTERIOR MINA	Mono riel eléctrico	1	2.00	3.70
	Bomba Piston Int. Mina	1	101.00	130.55
	Bomba Piston Int. Mina	1	26.20	29.84
	Tanque Agitador Interior Mina	1	9.72	11.18
	Tanque Agitador Interior Mina	1	9.72	11.18
	Servicios Auxiliares	1	0	30
			485	626

2.18.3. Tuberías

A continuación, se detallan las longitudes, especificaciones técnicas de las tuberías seleccionadas en la alternativa N°04.

Tabla 26. Tuberías a implementar en alternativa N°04

Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)
Estación de Bombeo N°01	Tubería de acero ø4" SCH80 Gr. A	3324
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	450
	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	1031
Estación de Bombeo N°02	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	900
	Tubería de HDPE ø5" SDR 13.5	300
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	600
Estación de Bombeo Auxiliar	Tubería de HDPE ø5" SDR 11	72

2.18.4. Suministro eléctrico

Para el suministro eléctrico de esta alternativa, se considera la construcción de una subestación en superficie, con las siguientes características:

- Estación N°1: subestación de distribución trifásica 600kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m.
- Estación N°2: subestación de distribución trifásica 320kVA - 15/0.46-0.23 kV - 4600 m s. n. m.

Adicionalmente se ha incluido todo el equipamiento eléctrico asociado para la operación óptima de las bombas y sus equipos complementarios.

Es necesario que el cliente indique el punto de alimentación para el suministro eléctrico, estableciendo la ubicación, el voltaje y la potencia disponible. Se observa en los diagramas de carga de la subestación Caylloma que existe poca reserva del sistema, por lo que se debe coordinar un incremento de potencia contratada en el punto de suministro principal u otra opción como como la instalación de un grupo electrógeno, para poder atender la necesidad de energía de esta alternativa, así como futuros incrementos de carga.

2.19. Alternativa N°05

2.19.1. Descripción de alternativa

Esta alternativa propone trasladar el relleno hidráulico desde la planta de relleno hidráulico hasta los tajos en interior mina en solo una etapa mediante la instalación de una estación de bombeo; la cual se ubicará junto a la planta concentradora en el área de la explanta de doble cicloneo, en la cota 4,450 m s. n. m. A continuación, se describen los aspectos principales de la única estación.

Estación N° 1

- Funciones principales: cicloneo de relave total, acumulación, acondicionamiento y bombeo de relleno hidráulico.
- Equipo de bombeo: una bomba de desplazamiento positivo de 447.60 kW (potencia instalada)
- Almacenamiento y acondicionamiento de relleno hidráulico: un *holding tank* de 785 m³ de capacidad (Ø 10x10 m de altura).
- Almacenamiento de agua: un tanque de 60 m³ de capacidad (Ø 4x4 m de altura).
- Longitud de bombeo: 4,525 m (inclinado).
- Tipo de tubería: acero SCH 40 - 160, Ø 4 - 5"
- Caudal de bombeo y altura dinámica total :85.68 m³/h - TDH (ADT) = 845 m.
- Tiempo de bombeo por día: 12 horas.
- Bombeo diario: 1,083 t/d.

El recorrido de la tubería de impulsión del relleno hidráulico inicia en la estación de relleno hidráulico, por superficie llega hasta la bocamina del Nivel 9, ingresa a interior mina y recorre las labores GAL 100E, SN 381E, BP 410E, VTN 441N, baja por la CHA 442N al Nivel 10, en este recorre las labores VTN 441E, RP 427N, BP 430E, recorriendo una distancia de 4,525 m.

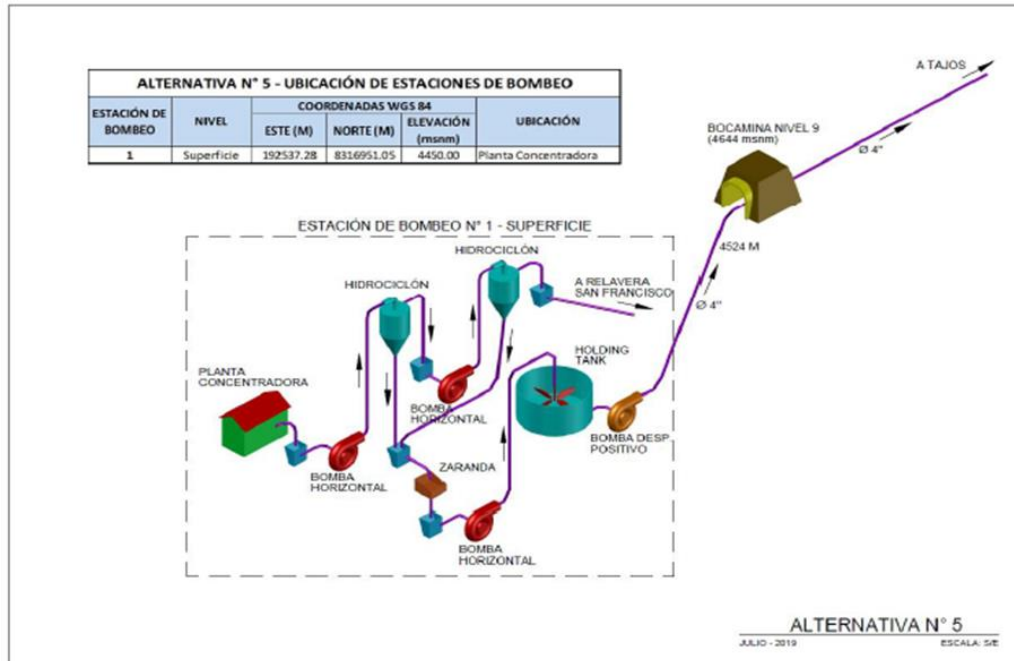


Figura 29. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°05

2.19.2. Estaciones de bombeo

A continuación, se detallan los equipos principales para la alternativa N°05.

Tabla 27. Equipos electromecánicos para la alternativa N°05

Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
Estación de bombeo N°01 (Equipos Planta Concent.)	Bomba Piston Planta	1	394	448
	Tanque Agitador (Holding Tank)	1	56	75
	Bomba Centrifuga	1	11	15
	Servicios Auxiliares	1		30
	Bomba de sumidero	1	15	19
	Bomba horizontal primaria	1	38	45
	Bomba horizontal primaria (Stand by)	1	38	45
	Bomba horizontal secundaria	1	37	45
	Bomba horizontal secundaria (Stand by)	1	37	45
	Bomba horizontal Arenas	1	19	25
Descripción	Tipo	Cantidad	Potencia Absorbida [kW]	Potencia instalada [kW]
	Bomba horizontal Arenas (Stand by)	1	19	25
	Mono riel eléctrico	1	2	3.7
			570	705

2.19.3. Tuberías

A continuación, se detallan las longitudes, especificaciones técnicas de las tuberías seleccionadas en la alternativa N°05.

Tabla 28. Tuberías a implementar en alternativa N°05

Descripción	Tipo de tubería	Longitud (m)
Estación de Bombeo N°01	Tubería de acero ø5" SCH160 Gr. A	599
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. B	3460
	Tubería de acero ø4" SCH40 Gr. A	1050
	Tubería de HDPE ø4" SDR 11	1000
	Tubería de HDPE ø5" SDR 13.5	500

2.19.4. Suministro eléctrico

Para el suministro eléctrico de esta alternativa, se considera la construcción de una subestación en superficie, con las siguientes características:

- Estación N°1: subestación de distribución trifásica 1000kVA - 15/4.16-0.46 kV - 4600 m s. n. m.

Adicionalmente se ha incluido todo el equipamiento eléctrico asociado para la operación óptima de las bombas y sus equipos complementarios, para este caso se considera que el arrancador del motor de la bomba principal es en media tensión y con variador de velocidad.

Es necesario que el cliente indique el punto de alimentación para el suministro eléctrico, estableciendo la ubicación, el voltaje y la potencia disponible. Se observa en los diagramas de carga de la subestación Caylloma que existe poca reserva del sistema, por lo que se debe coordinar un incremento de potencia contratada en el punto de suministro principal u otra opción como un grupo electrógeno, para poder atender la necesidad de energía de esta alternativa, así como futuros incrementos de carga.

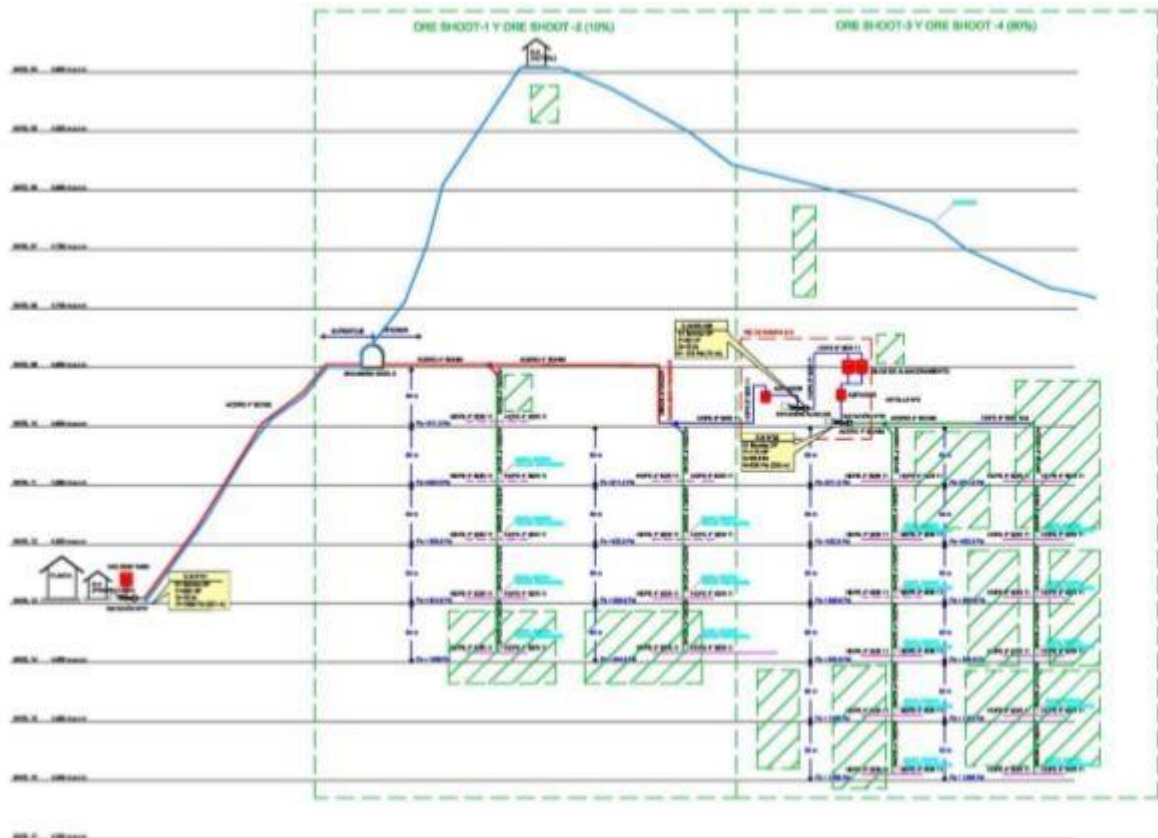


Figura 30. Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°05.

2.20. Definición de términos básicos

Anfo: mezcla de nitrato de amonio y óleo combustible utilizada en muchas minas como agente detonador.

Atacar: actuar sobre un mineral con ciertos reactivos químicos con el objeto de obtener elementos en solución.

Atacado: es utilizado en la parte sin carga superior del taladro y constituido de arena seca, detrito o similares. La finalidad del atacado es, por ejemplo, evitar que al momento de la detonación los gases se dirijan hacia arriba impulsando partículas de roca alrededor del collar (boca) del taladro.

Broca: extremidad cortante de un taladro, formada de un material muy duro, como diamante industrial o carburo de tungsteno.

Burden: distancia desde el barreno al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro.

Cara libre: se llama cara libre de labor a una zona o roca que se quiere volar, si comparamos con un cubo imaginario sería cada uno de los lados que están en contacto con el aire.

Carga de fondo: es la carga más potente que es empleada en el fondo del taladro, debido a que la roca es más resistente en ese punto.

Carga de columna: es la carga que va encima de la carga de fondo. Podría ser de menor potencia ya que la roca no es tan resistente en esta parte.

Costo de capital: es el gasto que realiza una empresa sea a través de la adquisición de nuevos activos fijos (equipos) o mediante el aumento del valor de los activos fijos ya existentes y que genera beneficios para una compañía.

Costo de operación: es el costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema.

Diámetro del taladro: es el diámetro del agujero que se va a perforar, además tiene forma de cilindro alargado.

Dilución: residuos de roca sin valor económico, inevitablemente retirados con el material mineralizado, que bajan el grado de mineral.

Factor de carga: es la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El factor de carga se indica mediante unidades de kg/m^3 o kg/t .

Fulminante común: es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo, en cuyo interior lleva una determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Longitud del taladro: es el largo del hueco perforado, además por una causa de la inclinación y la sobre perforación será más largo que la altura del banco.

Malla: es el diseño donde se distribuyen los taladros de una voladura teniendo en cuenta la relación de burden y espaciamiento y la dirección con la profundidad de taladros.

Margen de utilidad bruta: es la diferencia del ingreso con el costo de los bienes vendidos. Este resultado se divide entre los ingresos y se multiplica por 100 para llegar a un porcentaje final.

Mecha armada: es un sistema seguro de iniciación convencional de explosivos compuesta por accesorios tradicionales como el fulminante corriente, la mecha de seguridad y un conector ensamblados con máquinas neumáticas de alta precisión.

Mecha lenta: es un accesorio para voladura que posee capas de diferentes materiales que cubren el reguero de pólvora.

Mecha rápida: es un accesorio (cordón flexible) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable.

Mecánica de las rocas: es el estudio de las propiedades mecánicas de las rocas, incluyen las condiciones de tensión alrededor de las galerías y la capacidad de las rocas, y sobre las estructuras subterráneas de soportar estas tensiones.

Mineral: es todo compuesto químico inorgánico con propiedades particulares en cuyo origen no han intervenido los seres orgánicos y se encuentran en el interior o en la superficie de la tierra, tales como metales, piedras, etc.

Parámetros: se denomina así a las diferentes ratios obtenidos en la práctica, mediante la observación en el lugar de trabajo.

Perforación: es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es hacer huecos cilíndricos en la roca para alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos, o *blast hole*.

Proceso de voladura: Es un conjunto de tareas que comprende el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo.

Procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS): documento que contiene un conjunto de pasos de cómo llevar a cabo o desarrollar una tarea de manera correcta desde el comienzo hasta el final. Asimismo, resuelve la pregunta ¿cómo hacer el trabajo o tarea de manera correcta?

Relleno hidráulico: el sistema de relleno hidráulico es una solución atractiva para rellenar los espacios vacíos dejados en la explotación minera, está compuesto de relave y agua en distintas proporciones. La facilidad en el transporte y en la deposición de los sólidos hacen que sea un sistema técnica y económicamente viable.

Retorno neto de fundición (NSR): es una regalía minera que se basa en el valor de la producción o de los ingresos netos recibidos de una fundición o refinería.

Roca: cualquier combinación natural de minerales, también forman parte de la corteza terrestre.

Sobre perforación: es el exceso de longitud de un taladro.

Subterráneo: excavación natural o hechas por el hombre por debajo de la superficie terrestre.

Tanda: es el número de taladros de perforación realizados en una tarea normal de ocho horas al día.

Techo: bóveda de una galería subterránea.

Voladura: la voladura es un proceso tridimensional, donde las presiones generadas por explosivos confinados dentro del taladro perforados en roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos; fragmentación y desplazamiento.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

a) Método general

En forma general se empleará el método científico puesto que se entiende como científico a una serie de pasos sistemáticos; es decir, que existe una disciplina para realizar la investigación y empíricos; en otras palabras, se recogen y analizan datos que se aplican al estudio de un fenómeno; además de que es dinámica, cambiante y evolutiva. (7)

b) Métodos específicos

El método específico a emplear es el método experimental inductivo – deductivo. El cual consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o producir ciertos fenómenos hechos o principios que permitan establecer experiencias para formular la hipótesis, que permita a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas, que puedan verificarse en hechos concretos. (8)

Para lo cual se analizó e interpretó la siguiente información:

Se recopiló informes anteriores basados exclusivamente en el caso base del relleno hidráulico actual de la unidad minera Caylloma.

Se realizaron diversos trabajos de campo en la unidad minera Caylloma con el apoyo de personal especializado de la empresa SRK, quienes se ocuparon de la toma de data de campo.

Se llevó a cabo un trabajo de gabinete para efectuar los diferentes cálculos para el procesamiento de información para formular diferentes alternativas de relleno hidráulico y el caso base.

Se llegó a diferentes resultados obtenidos mediante el análisis del *capex* y *opex* de cada alternativa evaluada, lo cual permitió realizar un análisis económico y así se pudo definir el mejor valor presente neto de las alternativas propuestas en el relleno hidráulico.

3.1.2. Alcances de la investigación

El tipo de investigación es aplicada. Esta investigación tiene como propósito solucionar situaciones o problemas concretos e identificables; la cual se apoya de conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para diseñar soluciones. (8)

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

La investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se realizó durante un periodo de tres meses, se hizo un control y registro de las variables durante el estudio se visualizarán cambios a través del tiempo. En la investigación no se manipularán o tratarán de alterar a las variables. Solo nos enfocamos en investigar y observar los parámetros técnicos económicos, específicamente en la evaluación técnica económica conceptual de un nuevo sistema de relleno hidráulico para la reducción de costos en la unidad minera Caylloma de minera Bateas S. A. C.

GNO: 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece al sistema de gestión de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma que componen todo el circuito de relleno desde la planta de relleno hacia las distintas labores minadas.

3.3.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, intencionado y por conveniencia. La muestra pertenece a la minera Bateas SAC.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la actualidad la investigación científica tiene una diversidad de técnicas de recolección de datos que está relacionado al método y tipo de investigación a realizar.

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación
- ✓ Revisión bibliográfica
- ✓ Recopilación de datos en campo
- ✓ Manejo de Softwares

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Software para cálculos Microsoft Excel 2010
- ✓ Libros
- ✓ Bibliografía de internet
- ✓ PC
- ✓ Tablas estadísticas
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de investigación, mostrando el nuevo sistema de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma.

4.1.1. Análisis de alternativas de relleno hidráulico propuestos

En base a la información procesada en el capítulo II, se analiza las ventajas y desventajas de cada una de ellas:

a) Alternativa 1

1) Ventajas

- ✓ El relleno se podría seguir haciendo de la misma forma como se realiza actualmente, variando la forma de llegada.

- ✓ El relleno llegaría como pulpa a una determinada densidad y para distribuirlo se necesitaría un acondicionador para uniformizar el fluido.

2) Desventajas

- ✓ Es necesario utilizar una bomba de alta potencia para que llegue a la parte alta de la mina, lo cual tiene un mayor *capex*, en el costo de la bomba y su instalación, así como un mayor costo operativo por la energía consumida.

- ✓ Un mayor costo de inversión por la instalación de una bomba de desplazamiento positivo, frente al sistema con volquetes. Sin embargo, frente a otros planteamientos, podría ser la de menor costo.
- ✓ Requeriría más permisos y mayor control frente a los posibles impactos ambientales.

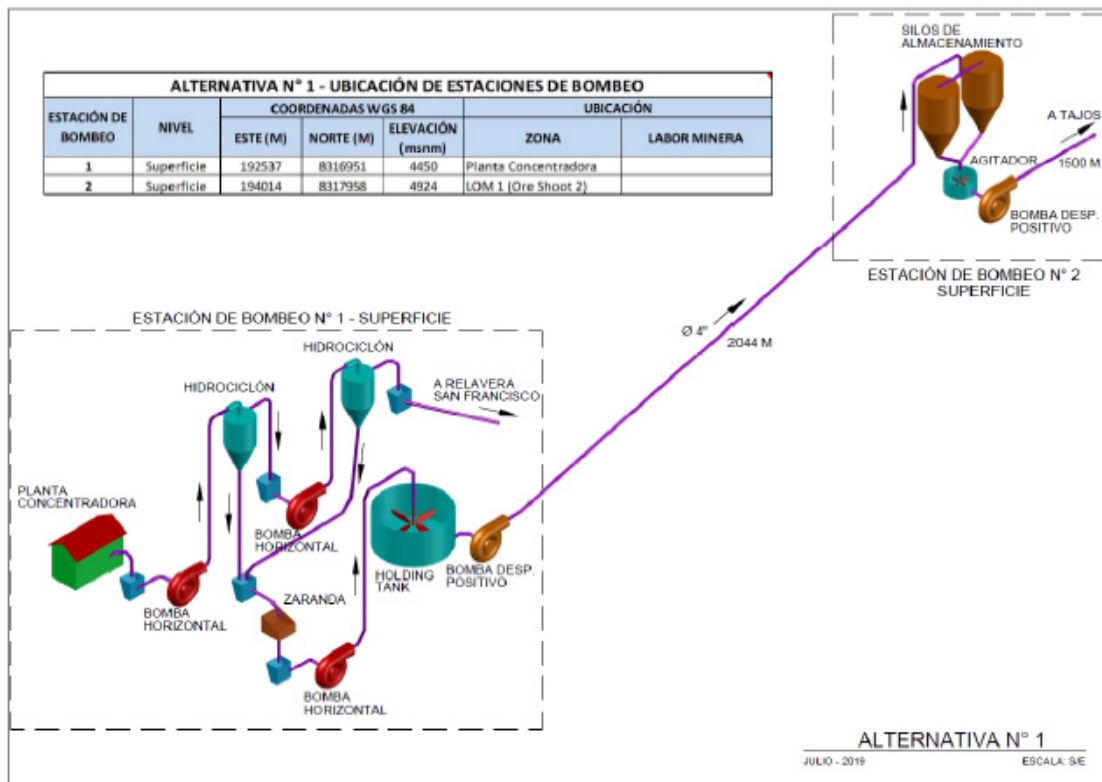


Figura 31. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°01.
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

b) Alternativa 2

1) Ventajas

- ✓ El relleno podría ser de mayor densidad, de acuerdo a lo que permitan los equipos que se instalarían y a la distancia de los tajos a rellenar.
- ✓ Debido a la velocidad con que se rellenarían se podría disponer de los tajos rápidamente, esto permitiría ciclar adecuadamente la explotación, imprimiéndole mayor rapidez a la producción, que influiría en el costo de producción, compensando el mayor *capex*.

- ✓ Menor cantidad de agua en interior mina, debido a un mayor porcentaje de sólidos del relleno hidráulico.
 - ✓ La instalación de una segunda bomba permite balancear la energía necesaria entre las dos bombas principales disminuyendo la necesidad de una bomba de gran potencia en planta de procesos.
- 2) Desventajas
- ✓ El mayor *capex*, por tener dos bombas de desplazamiento positivo y por la instalación de tuberías de acero.
 - ✓ Tiene también un incremento en el costo operativo por la mayor energía consumida.

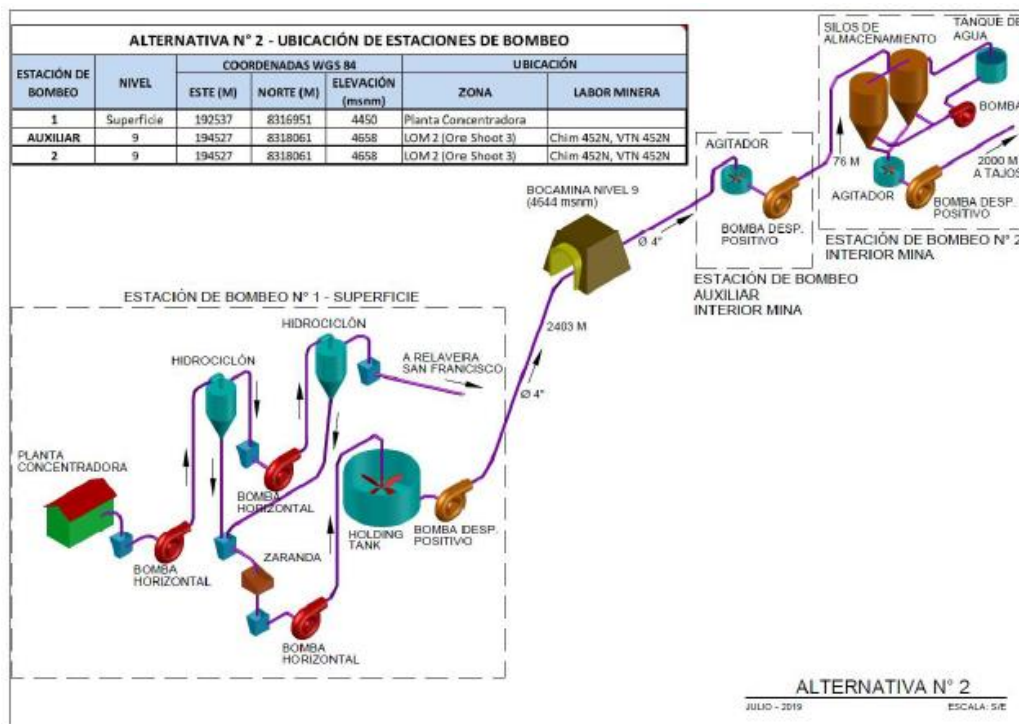


Figura 32. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°02
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

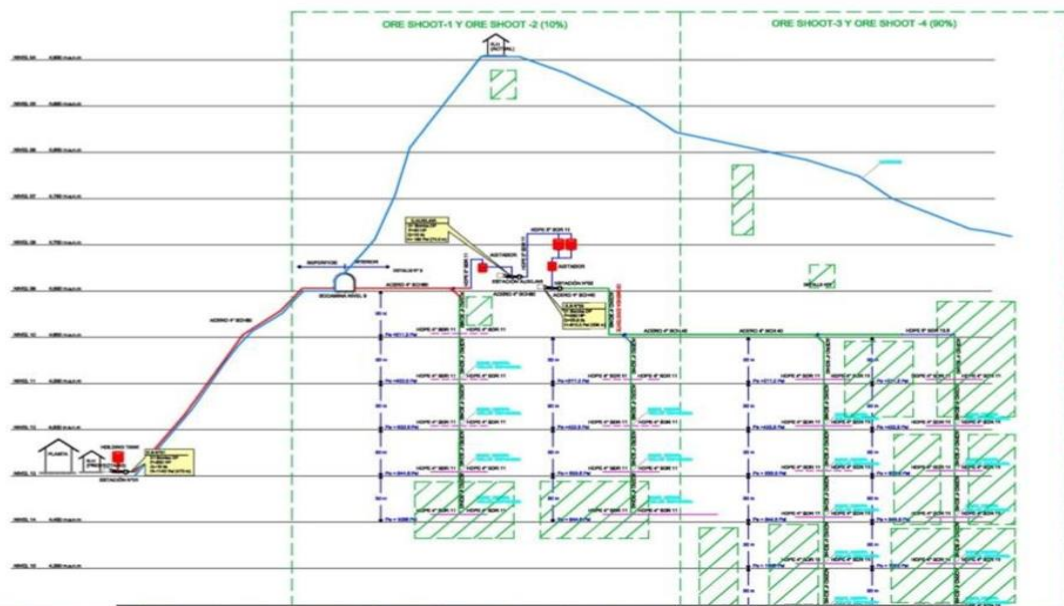


Figura 33. Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°02
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

c) Alternativa 3

1) Ventajas

- ✓ El relleno podría ser de mayor densidad, de acuerdo a lo que permitan los equipos que se instalarían
- ✓ La segunda estación por su mayor cercanía a la zona principal del LOM, podría rellenar los tajos con mayor densidad.
- ✓ La velocidad con que se rellenarían permitiría disponer de los tajos con mayor rapidez, permitirían ciclar adecuadamente la explotación, imprimiéndole mayor rapidez a la producción, que influiría en el costo de producción, compensando el mayor *capex*.
- ✓ Menor cantidad de agua en interior mina debido a un mayor porcentaje de sólidos del relleno hidráulico.

c) Desventajas

- ✓ Un mayor *capex*, por tener dos bombas de desplazamiento positivo y por la instalación de tuberías de acero.
- ✓ Tiene también un mayor costo operativo por la mayor energía consumida.

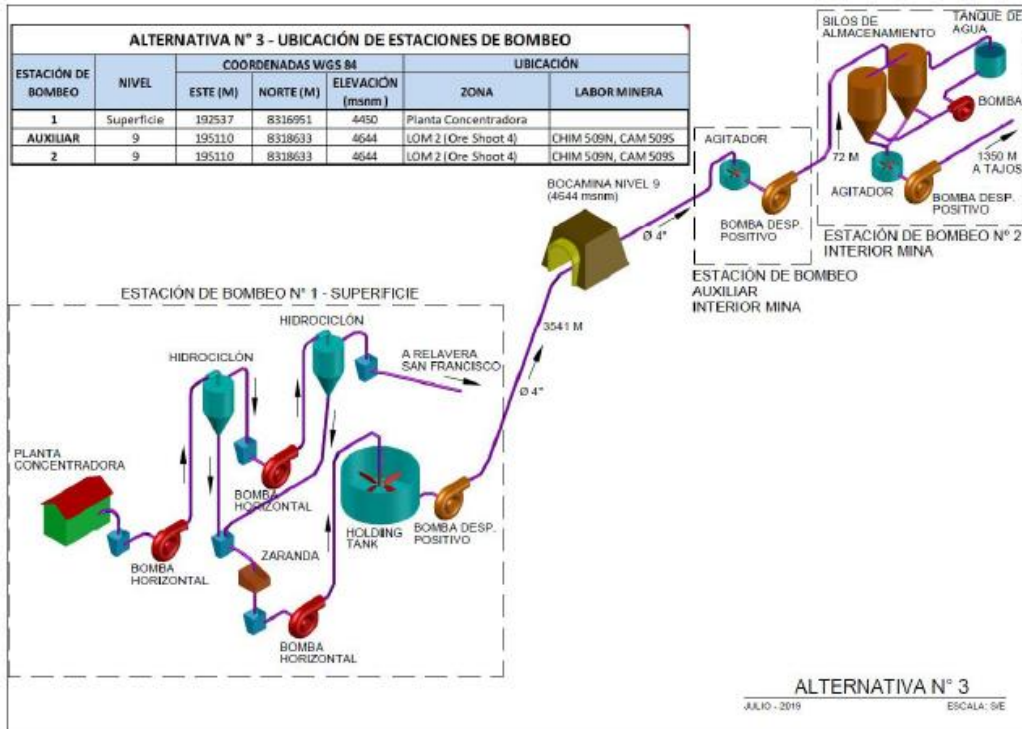


Figura 34. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°03
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

d) Alternativa 4

1) Ventajas

- ✓ El *capex* podría ser menor que en la alternativa N°2; debido a que, se utilizarían dos bombas de desplazamiento positivo, pero que serían más económicas por ser de menor potencia.
- ✓ El acceso de la línea de distribución de relaves no se elevaría por encima del Nivel 9 y en un punto estratégico se ubicaría una segunda bomba de desplazamiento positivo para la distribución del relleno.
- ✓ Las zonas altas de la mina deberán ser rellenadas con detrítico.
- ✓ La segunda estación por su mayor cercanía a la zona principal del LOM, podría rellenar los tajos con mayor densidad.

- ✓ La velocidad con que se rellenarían y se podría disponer de los tajos permitirían ciclar adecuadamente la explotación, imprimiéndole mayor rapidez a la producción, que influiría en el costo de producción, compensando el mayor *capex*.
 - ✓ Menor cantidad de agua en interior mina debido a un mayor porcentaje de sólidos del relleno hidráulico.
- 2) Desventajas
- ✓ Utilizar dos métodos de relleno, seguir con los volquetes para las zonas altas y el bombeo para zonas medias y bajas de la mina.
 - ✓ Un mayor *capex*, por tener dos bombas de desplazamiento positivo y por la instalación de tuberías de acero.
 - ✓ Tiene también un incremento en el costo operativo por la mayor energía consumida.

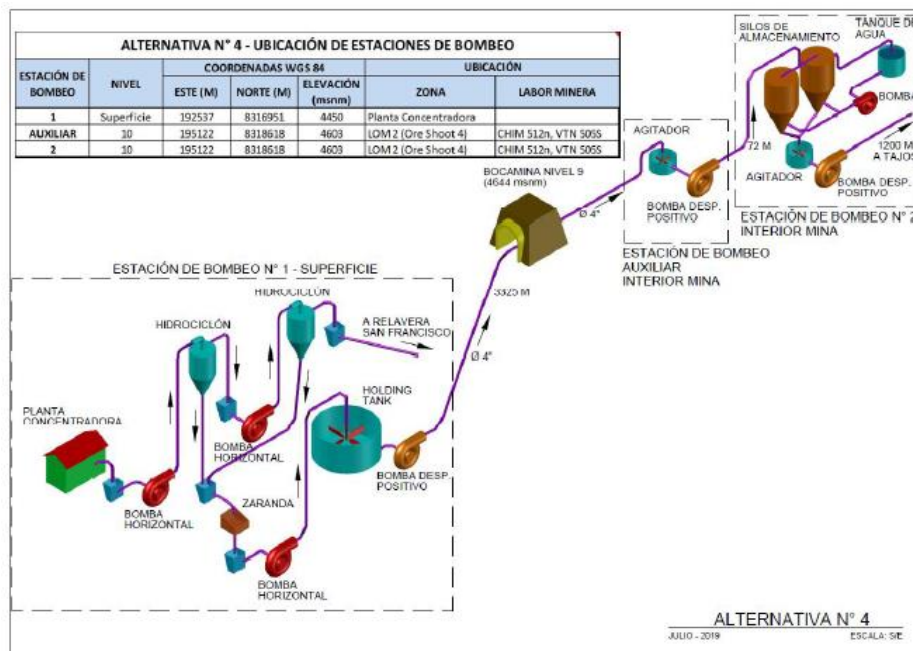


Figura 35. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°04
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

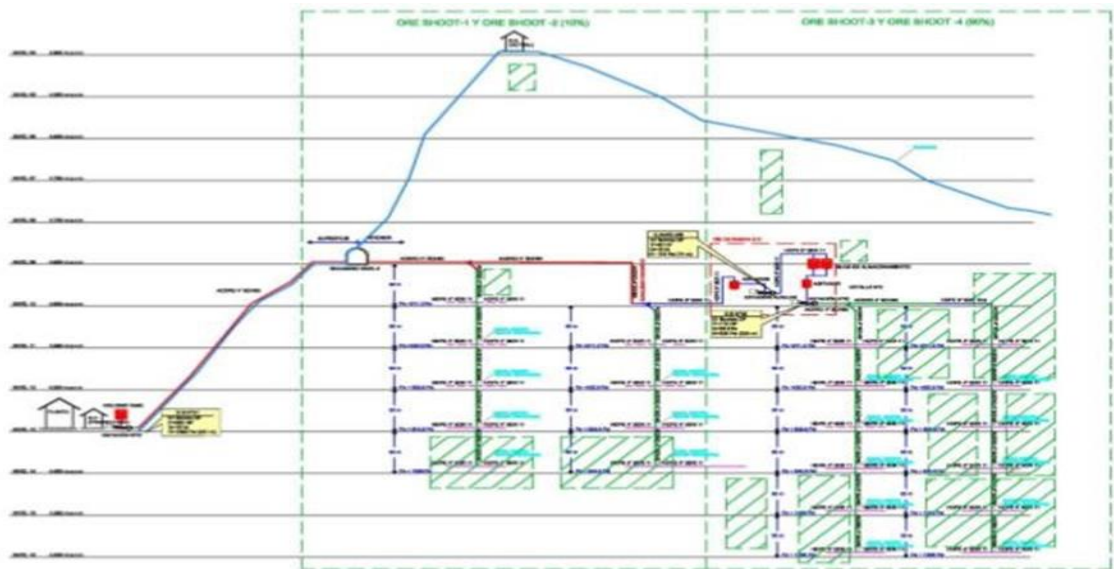


Figura 36. Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°04
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

e) Alternativa 5

1) Ventajas

- ✓ Las zonas altas de la mina deberán ser rellenas con detrítico.
- ✓ Una sola estación de bombeo.
- ✓ Un menor consumo de energía, por tener una sola bomba para el relleno.

2) Desventajas

- ✓ La bomba de desplazamiento positivo estaría en operación para la función de relleno, por lo cual no habría posibilidad de almacenar relleno en interior mina, y en el caso de colmarse la capacidad del tanque de almacenamiento en planta, el relleno deberá ser enviado a la cancha San Francisco.
- ✓ Limitaciones en la densidad de relleno debido a la lejanía de la bomba, respecto a las zonas a rellenas.

- ✓ Mayores riesgos, pues un problema en la línea de relleno podría impedir cumplir con los programas de relleno.
- ✓ Necesidad de almacenar el relleno en planta.
- ✓ Una sola estación de bombeo, por lo cual la bomba en planta será susceptible de las variaciones de relleno en mina, obligándola a trabajar en un régimen más severo. Para una bomba de esa potencia no es muy conveniente un régimen de esa naturaleza.
- ✓ Necesidad de tuberías de mayor resistencia, a la salida de la planta concentradora.
- ✓ Al tener una sola bomba para el relleno hidráulico dependemos de la bomba por un tema de confiabilidad, para este caso más adelante se tendría que evaluar la adquisición de una segunda bomba como *stand by* lo que conllevaría un incremento adicional de la alternativa N°05 alcanzando un *capex* de 6,405,914 de dólares.

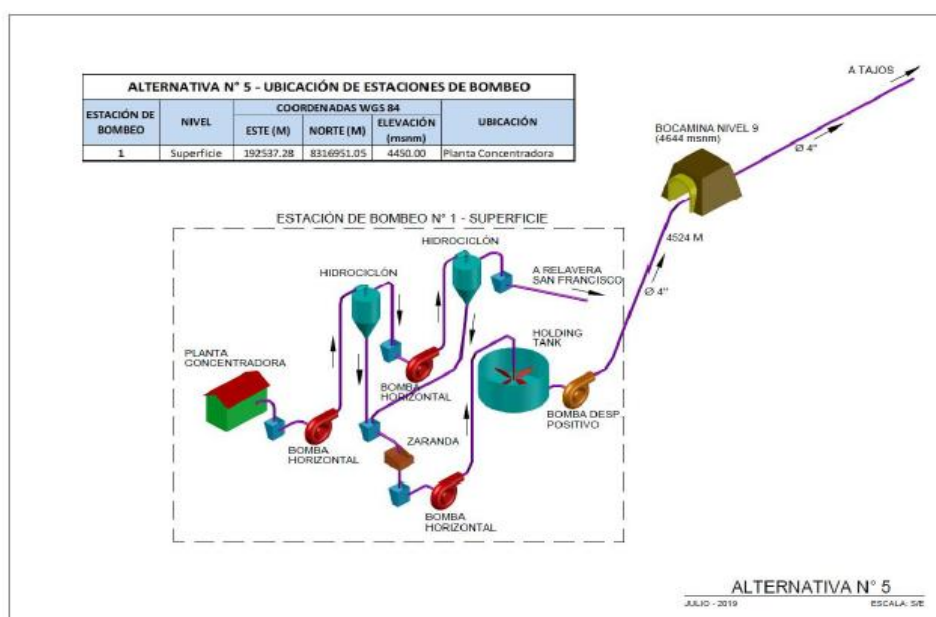


Figura 37. Esquemático del sistema de relleno hidráulico alternativa N°05
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

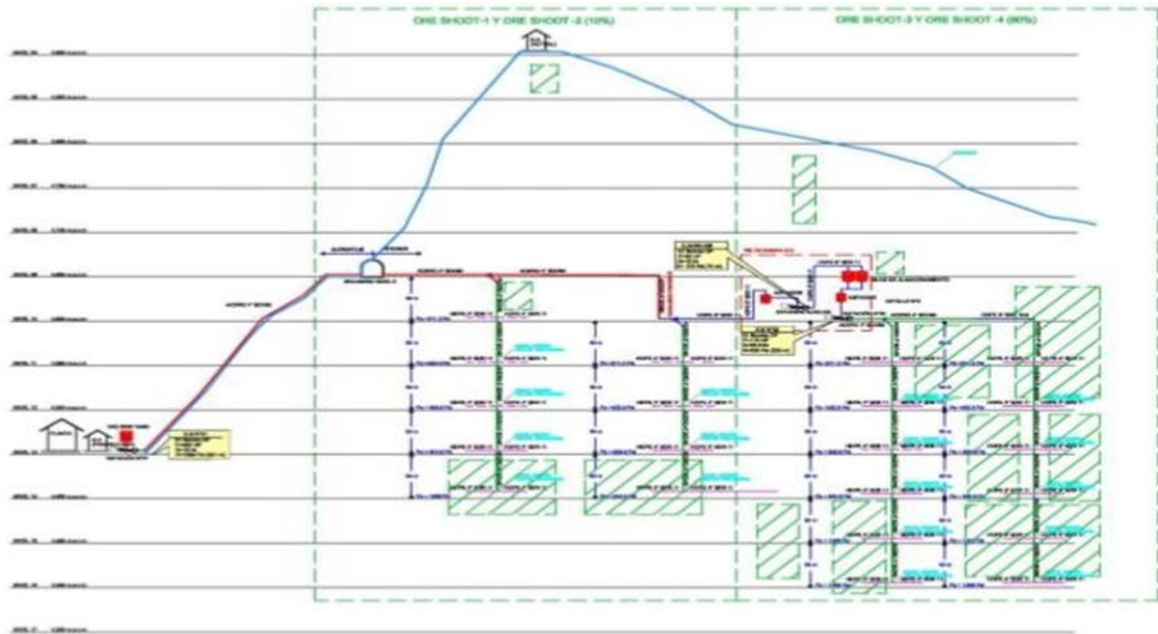


Figura 38. Distribución preliminar de relleno hidráulico en interior mina alternativa N°05.
Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

4.1.2. Análisis económico de alternativas de relleno

4.1.2.1. Hidráulico propuestos

Se realizó la evaluación económica de las cinco alternativas propuestas respecto al sistema actual de relleno (caso base).

En el caso base, el costo no incluye el traslado del relleno hidráulico desde la relavera 2 hasta la planta de relleno hidráulico, no es comparable con los costos de las alternativas.

- ✓ La alternativa conceptual que genera mejores condiciones económicas en la selección de relleno hidráulico es la 5.
- ✓ El *capex* más alto fue de USD \$6´441,436 (alternativa 02) y el de menor monto de inversión es de USD \$5´190,135 (alternativa seleccionada 05).
- ✓ El *opex* en la alternativa 05 fue de US\$ 659,751, siendo el de la alternativa base (actual de mina) de USD \$1´706,484.

- ✓ El costo total por metro cúbico de relleno hidráulico generado y colocado en mina fue de USD \$3.34/m³ en la alternativa seleccionada (05) y de USD \$17.32/m³ en el caso base (actual de mina).

- ✓ El costo de energía por día de la alternativa elegida (05) fue de USD \$500.88 / día y en el caso base fue de USD \$166.92 /día, en este escenario, el costo no incluye el traslado del relleno hidráulico desde la relavera 2 hasta la planta de relleno hidráulico, por lo que no es comparable con los costos de las alternativas.

- ✓ Finalmente, si bien es cierto que el valor presente neto es negativo en el caso de las alternativas propuestas y el caso base, estas pueden ser optimizados en una evaluación de mayor detalle. La alternativa 05, es la que se adecúa a las características operacionales de la unidad minera Caylloma.

Tabla 29. Evaluación económica del sistema de relleno hidráulico propuestos

Item	Descripción	Descripción	Potencia Instalada (kW)	Potencia Absorbida (kW)	Relave Underflow generado (tpd)	Costos Operativos y Mantenimiento (US\$/m ³)	Total (US\$/m ³)	Costo de energía por año (US\$)	OPEX (US\$)	CAPEX (US\$)	VPN (US\$)
1	Caso Base	1 Estacion de Bombeo (METSO, ESPLASA y Auxiliar)	277	133	539	8.33	17.32	60,927	1,706,484	-	-9,642,013
2	Alternativa N°01	2 estaciones de Bombeo y equipos de planta	642	509	1,079	2.68	3.59	181,267	708,987	5,539,562	-9,545,494
3	Alternativa N°02	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	644	519	1,079	2.20	3.14	184,939	618,473	6,441,436	-9,935,948
4	Alternativa N°03	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	625	516	1,079	2.54	3.50	189,098	690,391	6,367,372	-10,268,234
5	Alternativa N°04	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	626	485	1,079	2.14	3.05	178,370	601,412	6,254,242	-9,652,355
6	Alternativa N°05	1 Estacion de Bombeo y equipos de Planta	705	570	1,079	2.42	3.34	182,820	659,751	5,190,135	-8,917,874

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

Tabla 30. Costos por metro cubico de relleno hidráulico (generado y colocado en mina)

Item	Descripción	Descripción	Potencia Instalada (kW)	Potencia Absorbida (kW)	Relave Underflow generado (tpd)	Densidad específica	Volumen (m ³ /año)	Energía (Kwh/año)	\$/kWh	Costo de energía por día (US\$)
1	Caso Base	1 Estacion de Bombeo (METSO, ESPLASA y Auxiliar)	277	133	539	1.97	98,550	909,360.00	0.067	166.92
2	Alternativa N°01	2 estaciones de Bombeo y equipos de planta	642	509	1,079	1.97	197,268	2,705,472.00	0.067	496.62
3	Alternativa N°02	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	644	519	1,079	1.97	197,268	2,760,282.00	0.067	506.68
4	Alternativa N°03	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	625	516	1,079	1.97	197,268	2,822,352.00	0.067	518.08
5	Alternativa N°04	3 estaciones de Bombeo y equipos de planta	626	485	1,079	1.97	197,268	2,662,234.43	0.067	488.68
6	Alternativa N°05	1 estacion de Bombeo y equipos de Planta	705	570	1,079	1.97	197,269	2,728,656.00	0.067	500.88

Fuente: Departamento de Planeamiento de minera Bateas S. A. C.

4.1.3. Análisis de los criterios de evaluación de alternativas

4.1.3.1. De relleno hidráulico propuestos

Se ha elaborado una matriz de evaluación de alternativas, para el caso base, sistema actual de relleno hidráulico y las alternativas planteadas por el presente estudio, para instalar un sistema de bombeo que transporte el relleno, para su uso en los tajos, especialmente priorizándose la atención del planeamiento tipo LOM (largo plazo) en los *ore shots* 3 y 4. La evaluación se realiza desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental.

a) Criterio de Evaluación Técnico

- ✓ El número de bombas desplazamiento positivo se califica como una mejor opción el contar con un mayor número de bombas, entendiéndose que el contar con una bomba de este tipo en interior mina, se podrá atender las necesidades de relleno con una mayor densidad, con menores riesgos, con facilidad para la limpieza de las tuberías que transportan el relleno.
- ✓ Sobre el número de estaciones de bombeo se califica como una mejor opción, la que cuenta con menos estaciones de bombeo, puesto que eso está relacionado al número de personas que se necesitan para operarlas.
- ✓ En cuanto a la longitud de la línea de impulsión, que permiten llegar a la zona principal del LOM, se califica como la mejor la que menos longitud tenga.
- ✓ Se establece la potencia que se necesitará la alternativa para hacer llegar el relleno a los tajos del LOM, considerando sólo los equipos principales.
- ✓ Para los equipos comerciales se establece la cantidad de HPs que se instalará, calificándose como mejor la que tenga una menor cantidad de HPs. Se considera también solo los equipos principales.
- ✓ Necesidad de obras mineras, se establece conceptualmente la mayor o menor cantidad de obras mineras, sean estas excavaciones, laboreo, tendido de tuberías etc., en interior mina, la que se percibe como de menor necesidad de este tipo de obras, obtiene la mayor calificación.

- ✓ Con relación a la densidad, la que puede llegar el relleno a los tajos, se establece entonces, conceptualmente, la posibilidad de la alternativa de llegar al LOM, con una buena densidad. Se evalúa entonces, la cercanía, la capacidad de almacenamiento. La alternativa que tiene mejores posibilidades recibe la calificación más alta.
- ✓ La facilidad de realizar el mantenimiento a las estaciones de bombeo, también se califica en función a la ubicación, superficie o mina, y a la lejanía a los talleres, en función a la rápida atención de los problemas eventuales de los equipos.
- ✓ La comunicación entre los tajos y la planta de distribución del relleno, así como la rapidez con la que pueden ser atendidos los requerimientos se califica, conceptualmente, basados en la experiencia de los especialistas en las labores mineras.
- ✓ La necesidad de supervisión de las diferentes etapas del relleno, como preparación, bombeo a mina, relleno en mina, la participación de una o dos unidades jerárquicas de la organización se califica en la supervisión, se evalúa si la actividad de distribución se encuentra repartida entre planta y mina, o solo mina, siendo la más conveniente si solo es supervisada por mina.
- ✓ El costo anual en consumo de energía también es calificando cuantitativamente, calificándose como la mejor la que tenga el menor consumo pronosticado.
- ✓ Los requerimientos de almacenamiento de relleno en interior mina se califica asignándose el mayor valor a la alternativa que no requiere dicho almacenamiento en interior mina.
- ✓ Los requerimientos de almacenamiento en superficie, también se califican conceptualmente, asignándose mayor calificación a la alternativa que requiera menor almacenamiento, siendo esta función de las horas de funcionamiento del equipo de bombeo.

- ✓ La atención cercana a las operaciones en tajos, se califica en función a la cercanía de la estación de distribución de relleno, siendo la que obtiene la mejor puntuación la que este cercana a los tajos del LOM principal.

b) Criterio de Evaluación Económico

- ✓ El monto del *capex*, asignándose mayor valor al menor *capex*.
- ✓ De la misma forma se califica el *opex*, la alternativa que tiene el costo operativo más bajo tiene la mayor calificación.
- ✓ Se ha efectuado el cálculo del VPN para 10 años y con una tasa de descuento del 12 %, calificándose los resultados al que tenga el menor valor absoluto.
- ✓ Respecto al tiempo de retorno de la inversión se ha establecido las ventajas de un tiempo de retorno menor, para lo cual se debe analizar el verdadero costo operativo del relleno actual, pues en la información que se nos ha proporcionado, es posible no se detallen una serie de costos que no son considerados como parte del costo del relleno como el consumo eléctrico en planta, personal, combustible de camiones, mantenimiento de vías, etc.

c) Criterio de Evaluación Ambiental

- ✓ Necesidad de obras de contingencia en superficie ante situaciones de emergencia como rotura de tuberías.
- ✓ Impacto de la ejecución de obras en superficie.
- ✓ Producción de impactos por la operación de relleno.
- ✓ Mayor polución por la operación del relleno

4.1.4. Matriz de evaluación de alternativas de relleno

4.1.4.1. Hidráulico propuestos

En los siguientes cuadros se muestran la matriz de evaluación de alternativas de relleno hidráulico propuestos y el caso base.

Tabla 31 : Matriz de evaluación de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

criterio de Evaluación	Caso Base Sistema actual	Alternativa N° 1	Puntaje	Alternativa N° 2	Puntaje	Alternativa N° 3	Puntaje	Alternativa N° 4	Puntaje	Alternativa N° 5	Puntaje
Descripción General de la alternativa	Relaves se ciclonean en Cancha 3, los gruesos se decantan y luego se envían a planta de distribución en la cota 4924, con volquetes, desde donde son distribuidos con bombas centrífugas y por gravedad.	Se reevalúa sistema propuesto por Golder, bomba de desplazamiento positivo en la planta, envía el relleno a actual planta de distribución en la cota 4,925 msnm. Desde este punto se rellena con las tuberías existentes, hasta los puntos a los que puede llegar por gravedad.		Dos bombas de desplazamiento positivo, una en la planta de procesos y la segunda en el nivel 9, sobre el Ore Shoot 3, a 580 m del Ore Shoot 4.		Dos bombas de desplazamiento positivo, una en la planta de procesos y la segunda en el nivel 9, sobre el LOM principal.		Dos bombas de desplazamiento positivo, una en la planta de procesos y la segunda en el nivel 10, sobre el LOM principal.		Una bomba de desplazamiento positivo en la planta, con la que se haría el relleno. Llega directamente al LOM principal.	
Técnico											
N° de bombas de desplazamiento positivo	0	1	5	2	10	2	10	2	10	1	5
N° de estaciones de bombeo	2	2	8	2	8	2	8	2	8	1	10
Condiciones de Ubicación:											
Longitud de la Línea de Impulsión	De planta a mina, no cuenta con línea de impulsión.	3543.7	8	4403	8	4890.5	4	4525	6	4524.9	6
Potencia a utilizar	133	349	9	350	9	347	9	311	10	394	8
Potencia a instalar	277	410	9	403	10	484	8	384	10	448	9
Necesidad de obras mineras		No requiere	9	Requiere obras para 2a. EEBB	5	Requiere obras para 2 EEBB	5	Requiere obras para 2 EEBB	5	No requiere	10
Funcionabilidad del sistema	No muy funcional, se traslada con volquetes.	Dificultad para operar, aunque Bateas la conoce.	8	Una bomba almacena y con otra se rellena	10	Una bomba almacena y con otra se rellena	10	Una bomba almacena y con otra se rellena	10	Con una bomba se rellena	5
Densidad del relleno a tajos	Variable	Mas alto posible	8	Mas alto posible	8	Mas alto posible	8	Aun mas alto posible	10	Limitado por la potencia de la bomba	4
Mantenimiento de estaciones de bombeo	Menor, por tener equipos menores	Menor dificultad	8	Mayor dificultad	7	Mayor dificultad	7	Mayor dificultad	7	Menor dificultad	10
Coordinación de operación (comunicación) EEBB2-Tajo	No muy efectivas.	Algo de mayor dificultad	7	Menor dificultad	8	Menor dificultad	9	Menor dificultad	10	Mayor dificultad	5
Supervisión de operaciones sobre EEBB2 que rellena	Requiere mayor supervisión	Algo mayor	6	Menor	10	Menor	10	Menor	10	Mayor	8
Consumo de energía	60,927	181,267	9	184,939	8	189,098	7	178,370	10	182,820	9
Alimentación en media tensión equipos principales.		Se necesita una Subestación en planta	10	Se necesita dos subestaciones en Planta y Mina	8	Se necesita dos subestaciones en Planta y Mina	8	Se necesita dos subestaciones en Planta y Mina.	8	Se necesita una subestación en Planta de características especiales	9
Tamano de tanque en mina	No cuenta con tanque, almacenan en tolva, luego requiere usar agua para repulpearlo	No requiere	10	Para 24 horas de relleno	6	Para 24 horas de relleno	6	Para 24 horas de relleno	6	No necesita	10

CONCLUSIONES

1. La alternativa conceptual que genera mejores condiciones económicas en la selección de relleno hidráulico es la alternativa 05.
2. El *capex* más alto fue de USD \$6´441,436 (alternativa 02) y el de menor monto de inversión es de USD \$5´190,135 (alternativa seleccionada 05).
3. El *opex* en la alternativa 05 fue de USD \$659,751, siendo el de la alternativa base (actual de mina) de USD \$1´706,484.
4. El costo total por metro cúbico de relleno hidráulico generado y colocado en mina fue de USD \$3.34/m³ en la alternativa seleccionada (05) y de USD \$17.32/m³ en el caso base (actual de mina).
5. El costo de energía por día de la alternativa elegida (05) fue de US \$ 500.88 / día y en el caso base fue de US \$ 166.92 /día, en este escenario, el costo no incluye el traslado del relleno hidráulico desde la relavera 2 hasta la planta de relleno hidráulico, por lo que no es comparable con los costos de las alternativas.
6. Si bien es cierto que el valor presente neto (VPN) es negativo en el caso de las alternativas propuestas y el caso base, estos pueden ser optimizados en una evaluación de mayor detalle. La alternativa 05, es la que se adecúa a las características operacionales de la unidad minera Caylloma.
7. Se mantienen los costos altos para el *capex* de todas las alternativas. Sin embargo, los costos operacionales (*opex*), en general son bajos, pero creemos que, en la siguiente etapa de ingeniería, es necesario incluir costos que escapan del alcance del estudio, como beneficios del relleno en la producción.

8. Desde el punto de vista económico, la alternativa N°5 es la que se recomendaría: sin embargo, desde el punto de vista técnico, no es conveniente exponer una bomba de la potencia de planta, a las variaciones frecuentes de la operación de relleno. Esta conclusión se ha visto reforzada, por la necesidad de utilizar un motor de mayor potencia en la alternativa N°5.
9. Desde el punto de vista técnico, la alternativa N°04 es la que se recomendaría; debido a que, obtiene el mayor puntaje de la evaluación de los criterios de diseño.
10. Es ventajoso tener relleno almacenado dentro de mina, debido a que incrementaría la velocidad de relleno que se puede requerir, acelerando el ciclo de minado.
11. No se ha incluido en la evaluación, el requerimiento de un grupo electrógeno. Un generador de 1 MVA, como el que se necesitaría para operar el sistema puede costar entre USD \$350,000 a 500,00 dólares.
12. Luego de los cambios efectuados como la revisión de los cálculos, costos, etc., se reitera hasta cierto punto las conclusiones del primer informe, por lo tanto se percibe como satisfactorio, pues el planeamiento de obras en mina, así como el almacenamiento de relleno al interior de la mina significan costos de inversión (*capex*), pero que facilitarían las operaciones de relleno en mina, mejorando el ciclo de producción y por lo tanto reduciendo los costos de mina, que justificaran la inversión a realizar en el sistema.
13. Independiente de este requerimiento las conclusiones directas son: La alternativa N°1, respecto a las demás alternativas, requiere 240% de obras de contingencia por mayor longitud de nueva tubería de impulsión en superficie.

14. En interior mina existen labores que pueden adecuarse (ampliación, sostenimiento), para las instalaciones propuestas en el proyecto para las alternativas N°2, N°3, y N°4.
15. La alternativa N°1 y N°5, no requieren obras mineras.
16. El resultado del estudio lo percibimos como no satisfactorio, pues el planeamiento de obras en mina, así como el almacenamiento de relleno al interior de la mina significan costos *capex*, pero no se han evaluado los sustentos económicos, es decir la influencia en la producción de un buen sistema de relleno hidráulico para sustentar la necesidad de invertir sumas como las establecidas.
17. Consideramos que es importante se continúe evaluando un sistema de bombeo de relleno hidráulico puesto que tiene inmerso una serie de ventajas, que no han sido evaluadas en este nivel conceptual del estudio.
18. Para el suministro de energía a las estaciones de relleno hidráulico se plantea la construcción de subestaciones eléctricas independientes con la finalidad de garantizar la operatividad y confiabilidad del suministro eléctrico.
19. En el caso de las bombas de desplazamiento positivo se ha determinado que sus arrancadores sean con variadores de velocidad y filtros de armónicos, para el resto de los equipos se plantea arrancadores electromecánicos convencionales.
20. Los equipos mayores en los casos de bombas de desplazamiento positivo, tanques, agitadores, bombas de agua, bombas centrifugas, fueron asumidos de proyectos desarrollados por SRK y por la experiencia de los ingenieros en plantas de relleno hidráulico.

21. Para los equipos de interior mina se deberá realizar un análisis transporte de los equipos y verificar la ubicación de acuerdo a la alternativa seleccionada en el caso de la alternativa N°2, N°3, N°4.
22. Las tuberías seleccionadas son de 4" SCH 80 Gr A, para las alternativas N°01, N°02, N°03 y N°04, ya que soportan las presiones en las descargas de las bombas. Para la alternativa N°05 se utilizará tubería de 5" SCH160 Gr.A, debido a la elevada presión alcanzada por el sistema hasta llegar a la bocamina del Nivel 9. A partir del ingreso por el nivel 9 se podría continuar con tubería de 4" SCH 40 Gr.B; sin embargo, para una siguiente etapa de ingeniería y con la alternativa seleccionada se deberá seleccionar con mayor precisión un posible cambio de material cercanas a la descargas evaluando la instalación de tuberías de HDPE en SDR 9,11,13.5 de acuerdo a la gradiente hidráulica.
23. Según el *opex* del caso base, estaría por debajo en los siguientes años si Bateas considera cualquiera de las alternativas, el retorno de la inversión sería aproximadamente entre el ocho a doce años de operación entre cualquier alternativa, esto nos confirma la vida útil de la mina según los datos de LOM, pasaría entre los quince a veinte años de operación y fácilmente cubrirá la inversión inicial.
24. Se opta por la compra de una bomba de desplazamiento positivo de una capacidad que puede transportar entre 18 - 23 l/s y a una presión de 100 a 120 Bar, ya que dicha bomba puede continuar sus operaciones en alguna otra mina de la corporación Fortuna Silver, y así dar la versatilidad de comprar una bomba para operaciones posteriores.

RECOMENDACIONES

1. Se considera que el relleno hidráulico es importante para las operaciones mineras, pues su eficiencia permitiría lograr menores costos en la producción de mina. Entonces se recomienda considerar la evaluación cualitativa, antes que la cuantitativa y continuar con la alternativa N° 4, para las ingenierías posteriores.
2. Es necesario estudiar a mayor profundidad las alternativas N°4 y N°5 para mejorar sus estimados de costos, con mayor conocimiento de la unidad minera se puede establecer los costos reales en interior mina que están involucrados a fin de que el *capex* del proyecto sea más real.
3. En un siguiente nivel del estudio, se debe establecer el lugar de la segunda estación de bombeo según la disponibilidad de labores mineras adecuadas, a fin de reducir los costos de ejecución de labores mineras *ad hoc*.
4. La empresa ha comunicado la restricción de potencia disponible en el sistema eléctrico principal, en especial porque la capacidad del transformador de la subestación Caylloma 6/7.5MVA 66±1%/15kV se encuentra trabajando a plena capacidad, y se hace necesario usar grupos electrógenos de respaldo en horas de máxima carga. Se recomienda realizar un estudio del sistema eléctrico de la unidad minera Caylloma, analizando el flujo de carga, la estabilidad, modificación de la topología de la red, cortocircuito y protecciones, para establecer la viabilidad de un incremento de la potencia disponible y/o contratada en la subestación Caylloma, teniendo en cuenta que se podría tener una potencia disponible en la línea de 66kV por la paralización de la mina Ares y existiría la posibilidad de repotenciar y poner en servicio un transformador de 3MVA 66±1%/15kV, el cual estaría ubicado en la subestación Caylloma como respaldo.

5. En una siguiente etapa de ingeniería, confirmando la alternativa seleccionada por Bateas se realizaría una selección de tuberías de HDPE y se seleccionarían de acuerdo con la gradiente hidráulica y presiones para cada tubería.
6. Los precios de los equipos mayores fueron estimados por proyectos anteriores y experiencia por profesionales expertos, para una siguiente etapa, se debe realizar hoja de datos y especificaciones técnicas y solicitar la propuesta para la alternativa seleccionada.
7. Para la siguiente etapa de ingeniería del proyecto, es necesario realizar la evaluación de las bombas de desplazamiento positivo que se requiera según la alternativa que seleccione Bateas, para poder conocer los costos de mantenimiento y de operación, los costos asumidos por SRK son precios referenciales de tipo *Budget* y de proyectos anteriores.
8. Se recomienda utilizar anillos disipadores de energía en las bajadas de tuberías en las alternativas propuestas con el propósito de reducir las presiones.
9. En el caso que Bateas seleccione la alternativa N°4 la inversión se puede realizar en fases por la inversión inicial del sistema de bombeo N°1 que se encuentra en la planta concentradora, y posteriormente en una segunda fase se realizaría el sistema de bombeo de interior mina y el sistema de bombeo auxiliar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHOQUEHUANCA CHIRINOS, Marco Antonio. *Aplicación de relleno hidráulico en el método corte y relleno ascendente zona Ánimas- Mina Bateas*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad San Agustín, 2015, 120 pp.
2. RÍOS RÍOS, Fernando. *Aplicación de relleno hidráulico para el sostenimiento de los tajos de la veta Ánimas, de la mina Bateas, unidad San Cristobal*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Piura: Universidad Nacional de Piura. 2015, 108 pp.
3. CABEZAS ASMELLÓN, Percy Mauro. *Aplicación de relleno para acelerar el ciclo de minado en la veta principal – NV.310 – empresa administradora Chungar S. A.C. (EACH) unidad minera Animón*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2016, 120 pp.
4. SANTIVÁÑEZ RÍOS, Marco Antonio. *Sistema de relleno hidráulico - U.E.A. Cerro de Pasco*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2009.
5. HUAMÁN MONTES, Lazaro Wilder. *Aplicación de relleno hidráulico en la mina Jimena de compañía minera Poderosa S. A*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Mayor de San Marcos, 2009, 118 pp.
6. RODRIGUEZ REYNA Ninan Deyvi. *Optimización del sistema de relleno hidráulico mediante la implementación de una tercera línea en la red de tubería de relleno hidráulico en la empresa Consorcio Minero Horizonte S. A*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017 85 pp.
7. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, María. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9
8. VILLEGAS VILLEGAS, Leonardo, MARROQUIN PEÑA, Roberto, DEL CASTILLO NARRO, Vladimiro, SANCHEZ QUIN, Rogil. *Teoría y praxis de la investigación científica*. Perú: Editorial San Marcos E. I. R. Ltda, 2019. ISBN: 978-612-302-483-3
9. BUNGE, Mario. *La investigación científica: Su estrategia y su filosofía*. Argentina: Siglo XXI Editores. 2004. ISBN: 968-23-2225-1

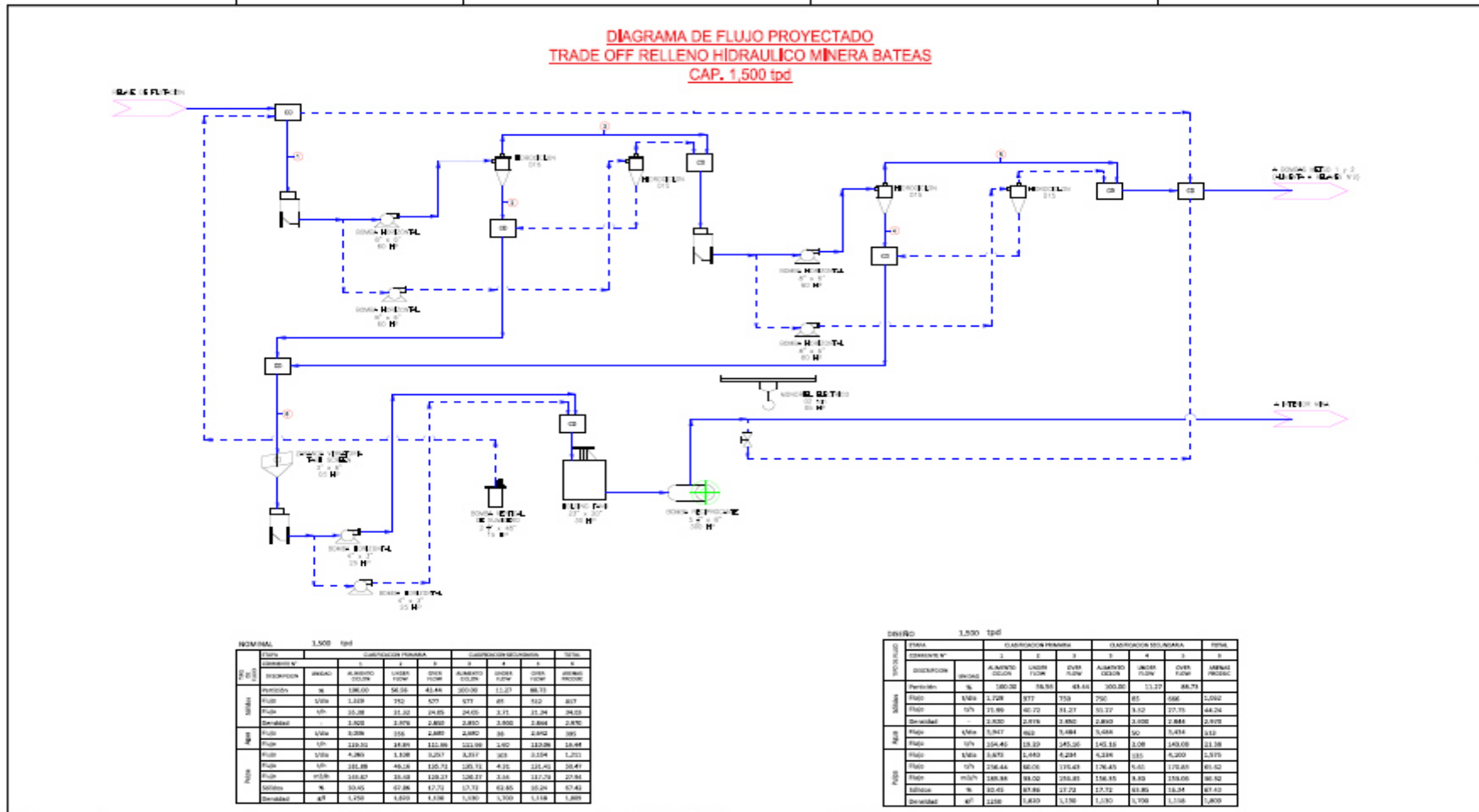
ANEXOS

Anexo 1:
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 332. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición operacional	
			Sub-Dimensiones	Indicadores
<p>VI:</p> <p>Evaluación técnica económica conceptual de un nuevo sistema de relleno hidráulico.</p>	<p>Se define al relleno hidráulico como el material (relave + agua) que es transportado en forma de pulpa por tuberías de distintos diámetros, hacia las distintas áreas que han sido explotadas para ser rellenas y poder estabilizar el macizo rocoso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características geológicas. • Propiedades del macizo rocoso. • Diseño del sistema de relleno hidráulico. 	<p>Valoración geológica del yacimiento.</p> <p>Valoración geomecánica.</p> <p>Valoración del diseño actual de relleno hidráulico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características del yacimiento, mineralogía, leyes. • RMR, GSI, RQD, etc. • Diámetro de tubería, velocidad crítica, densidad, etc.
<p>VD:</p> <p>Variables Técnicas y Económicas para la Reducción de costos.</p>	<p>La reducción de costos permite un análisis técnico y económico del diagrama de flujo de relleno hidráulico actual y generar nuevas alternativas conceptuales desde el diseño técnico, asociado con la variable económica.</p>	<p>Plan de producción de relleno hidráulico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perfil de transporte de alternativas de relleno hidráulico. • Estructura de Costos. 	<p>Valoración del plan de producción.</p> <p>Valoración de alternativas de relleno hidráulico.</p> <p>Valoración económica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de transporte de relleno hidráulico. • Reducción distancias de relleno hidráulico. • Reducción de costos de relleno hidráulico.

Figura 40. Diagrama de flujo del sistema de relleno hidráulico proyectado en la unidad minera Caylloma



Anexo 3: Alternativas estaciones de bombeo

Figura 41. Estaciones de bombeo de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

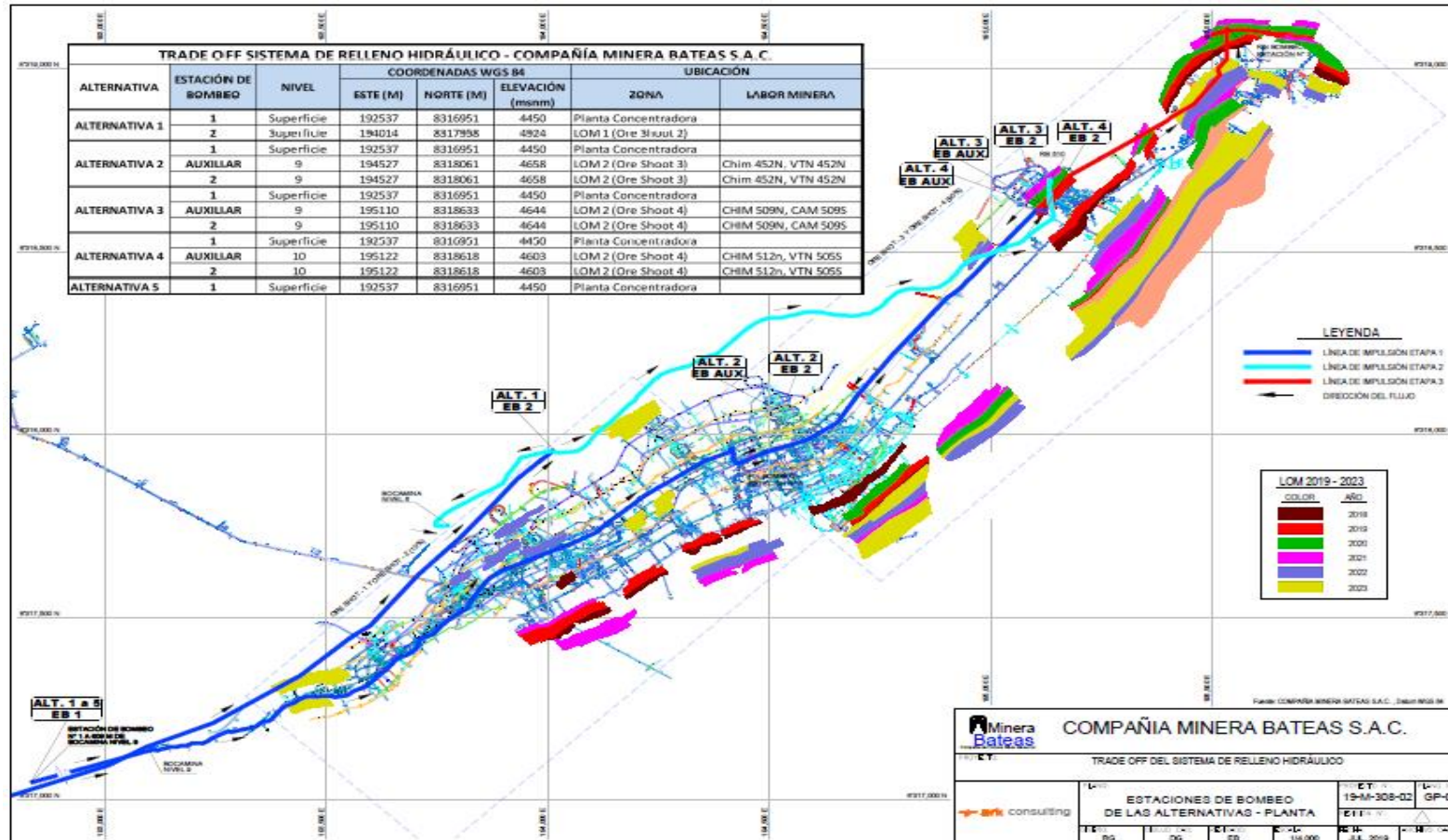


Figura 42. Sección de las estaciones de bombeo de alternativas de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

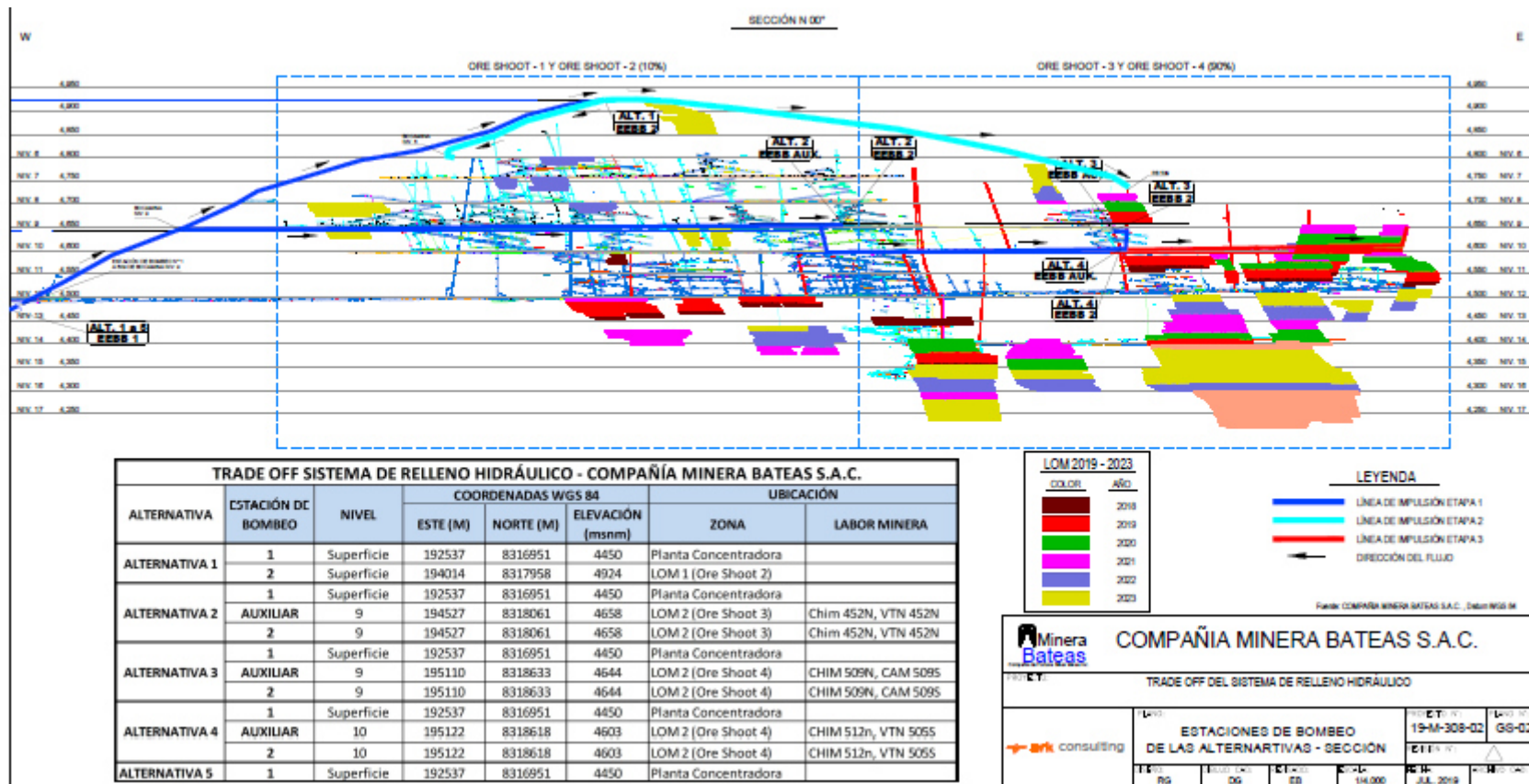


Figura 43. Alternativa 02 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

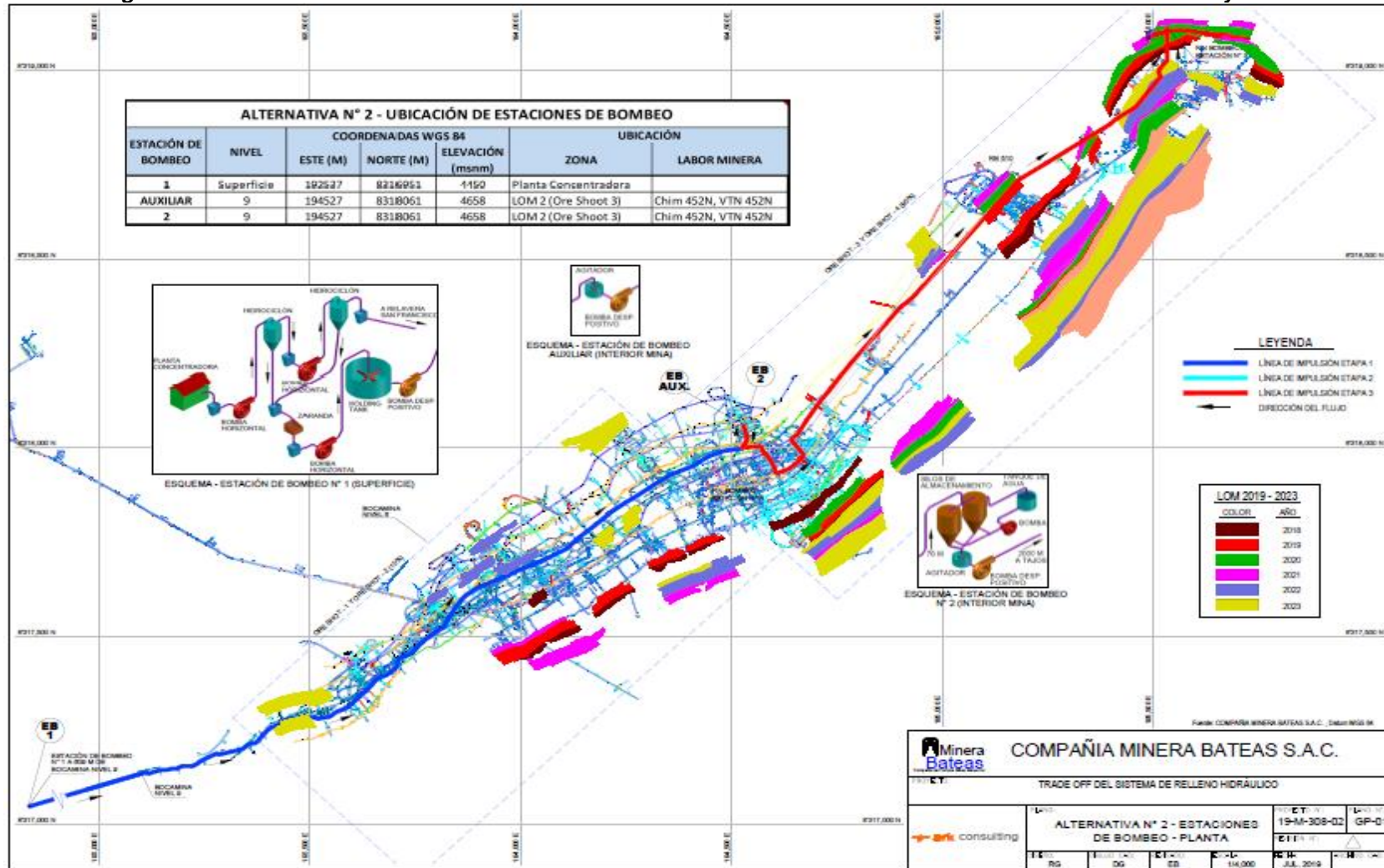


Figura 44. Alternativa 03 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

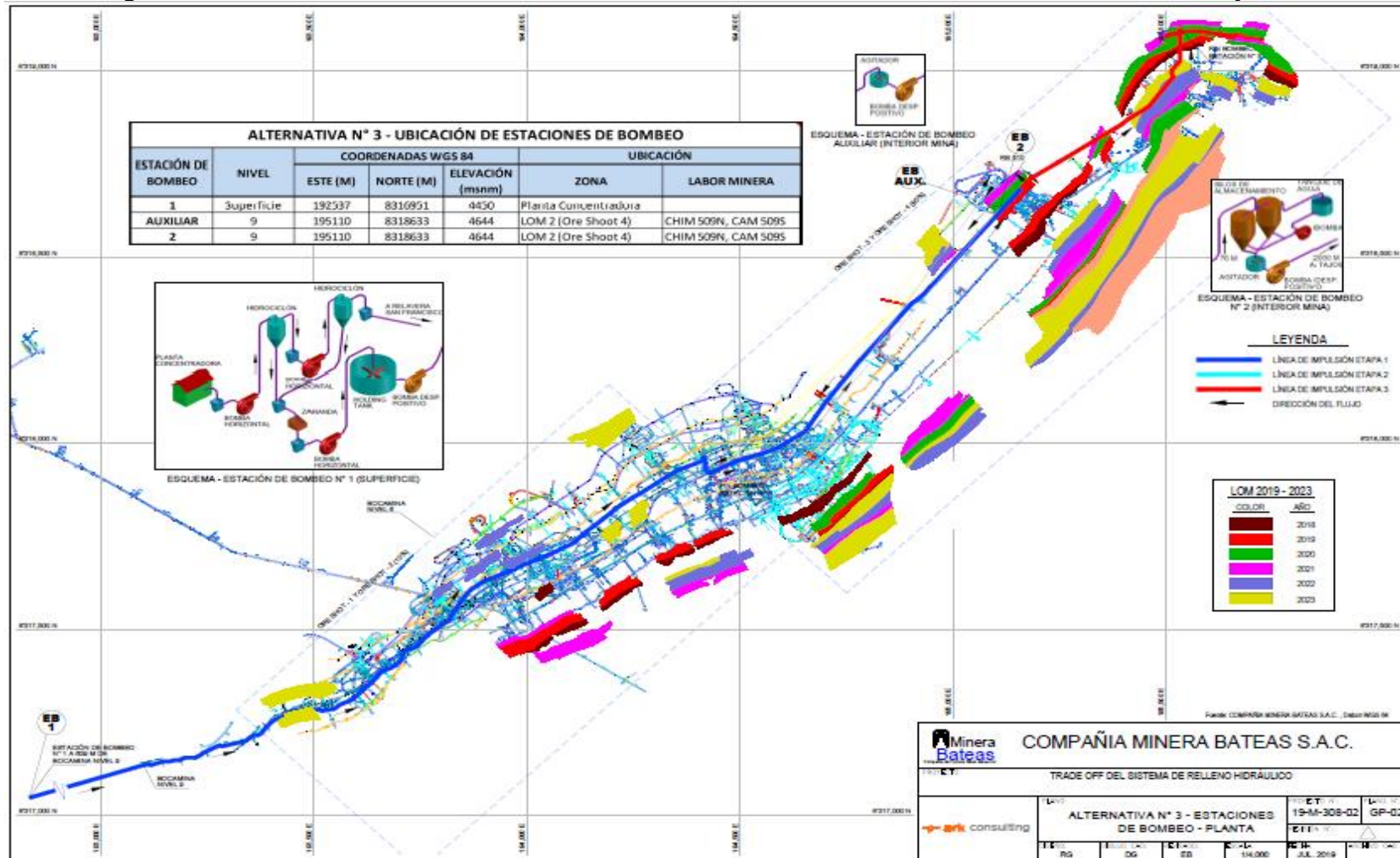


Figura 45. Alternativa 04 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

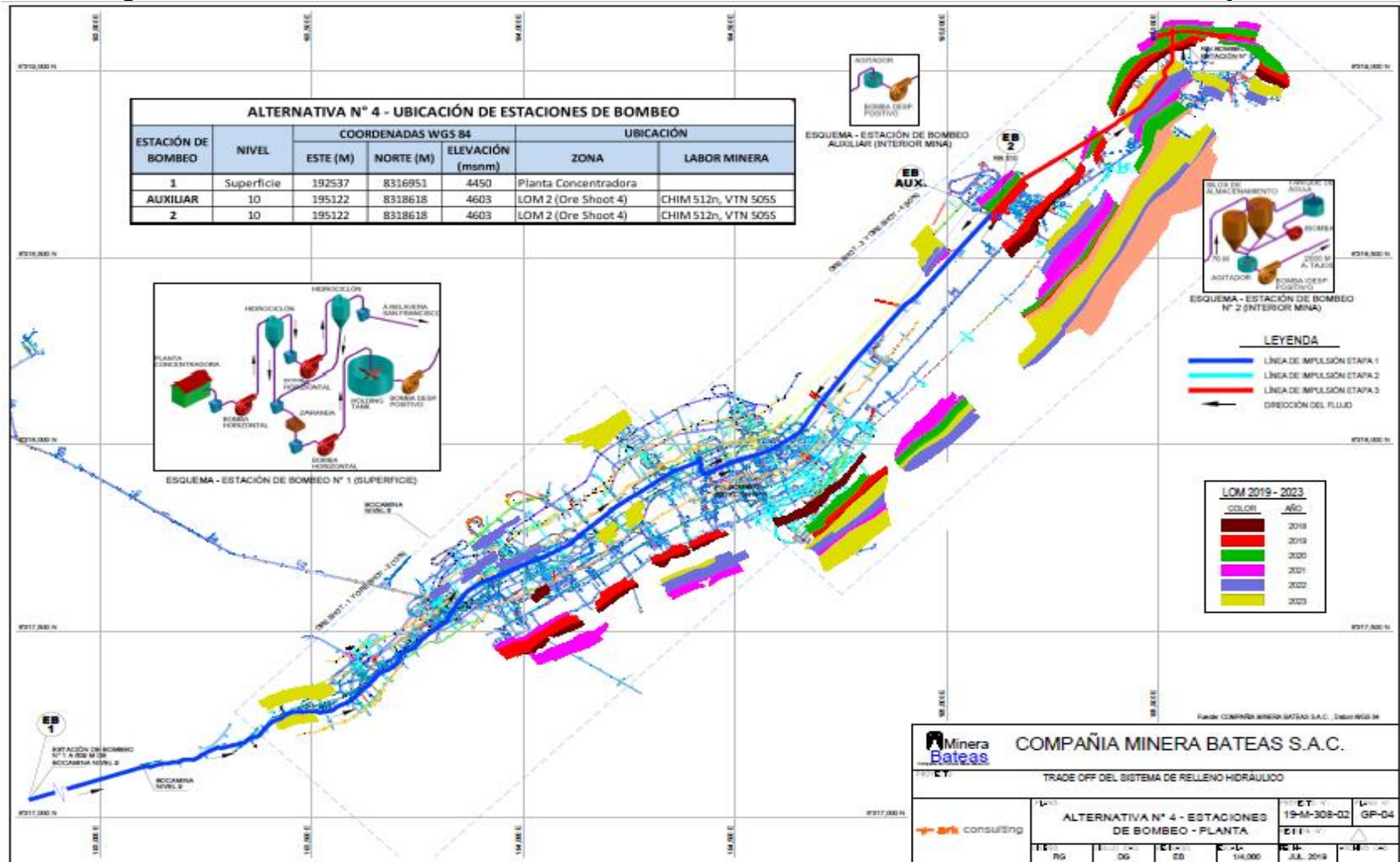


Figura 46. Alternativa 05 – ubicación de estación de bombeo de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma

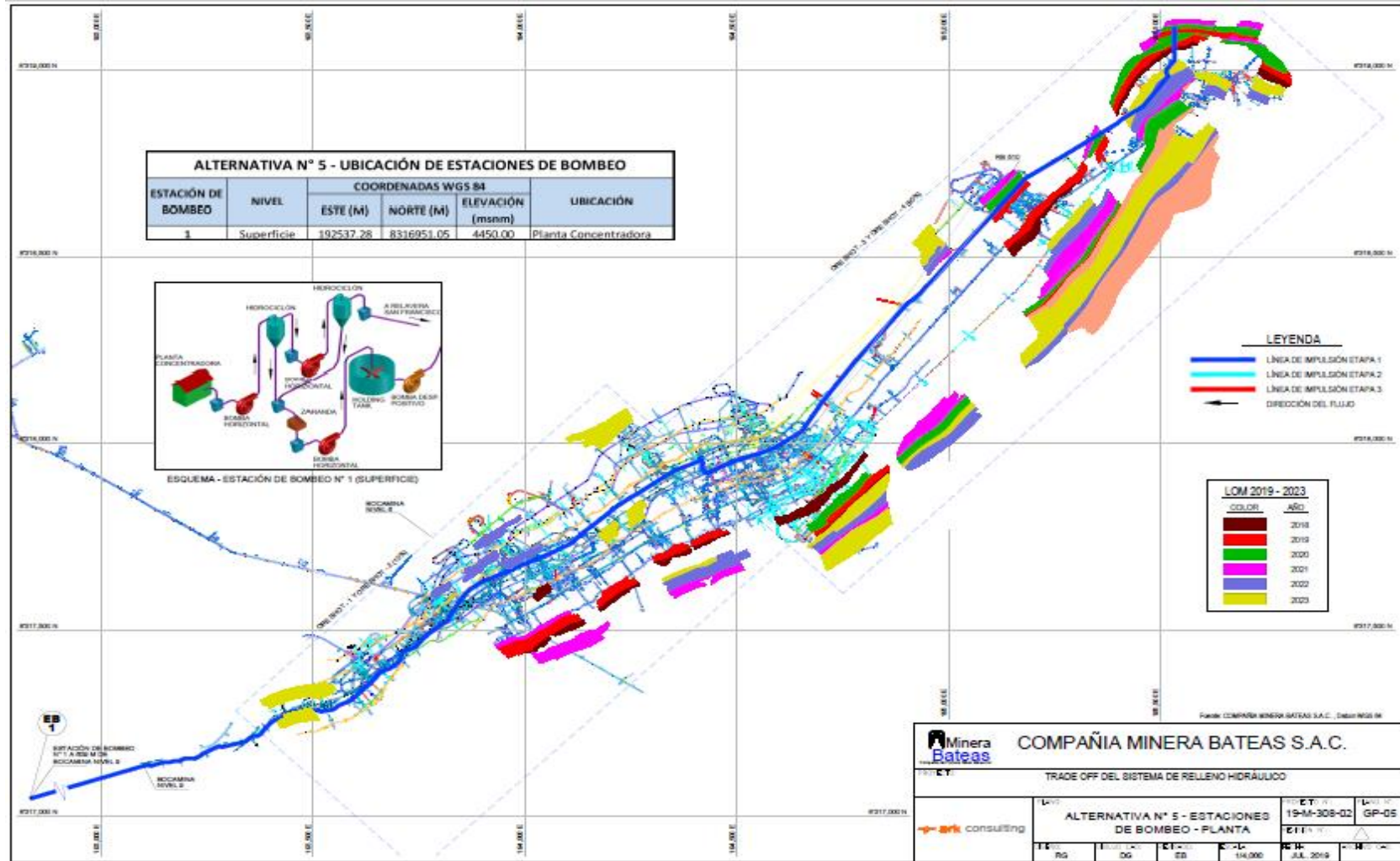


Figura 47. Alternativa 01 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma

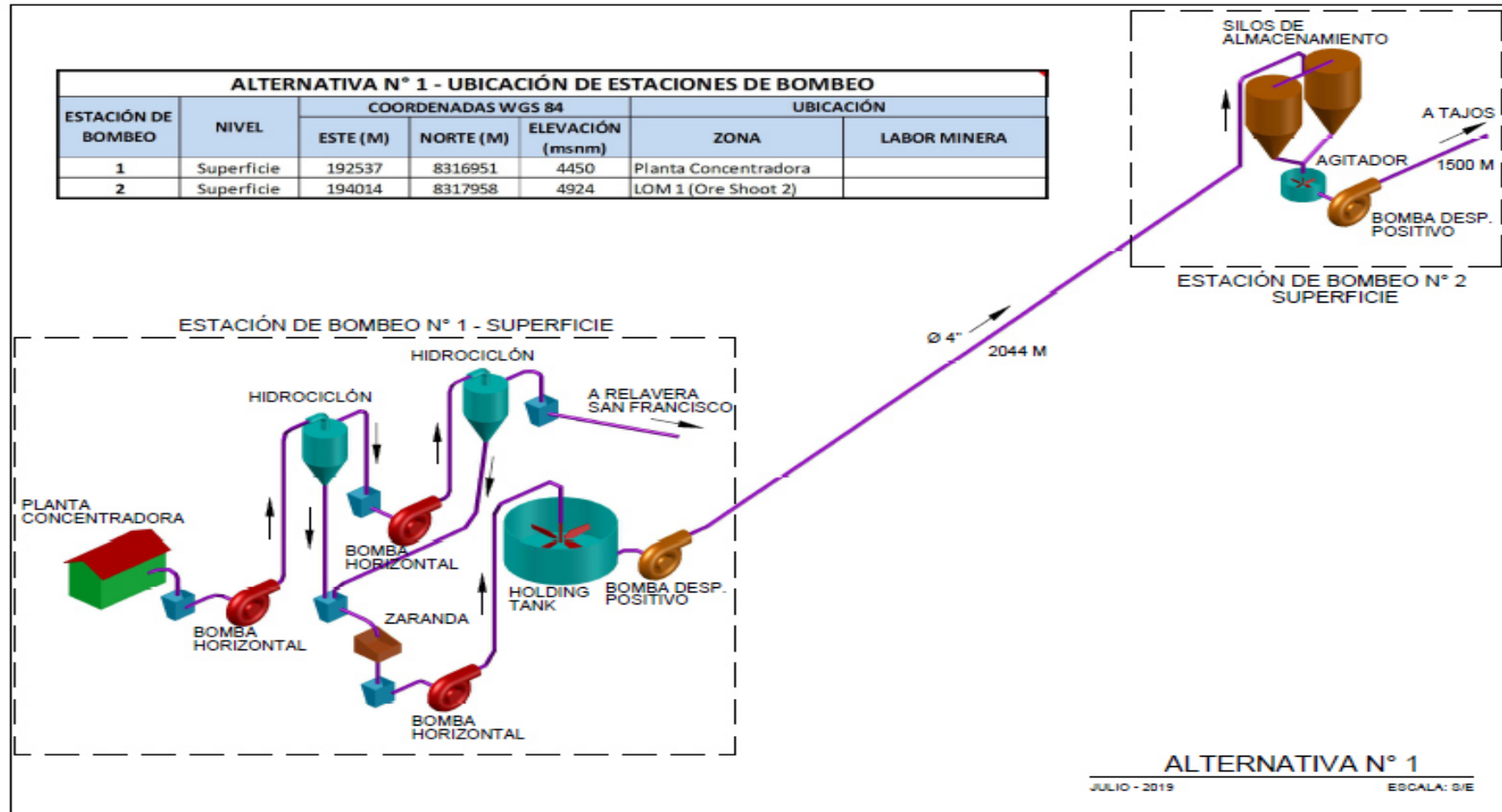


Figura 48. Alternativa 02 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma

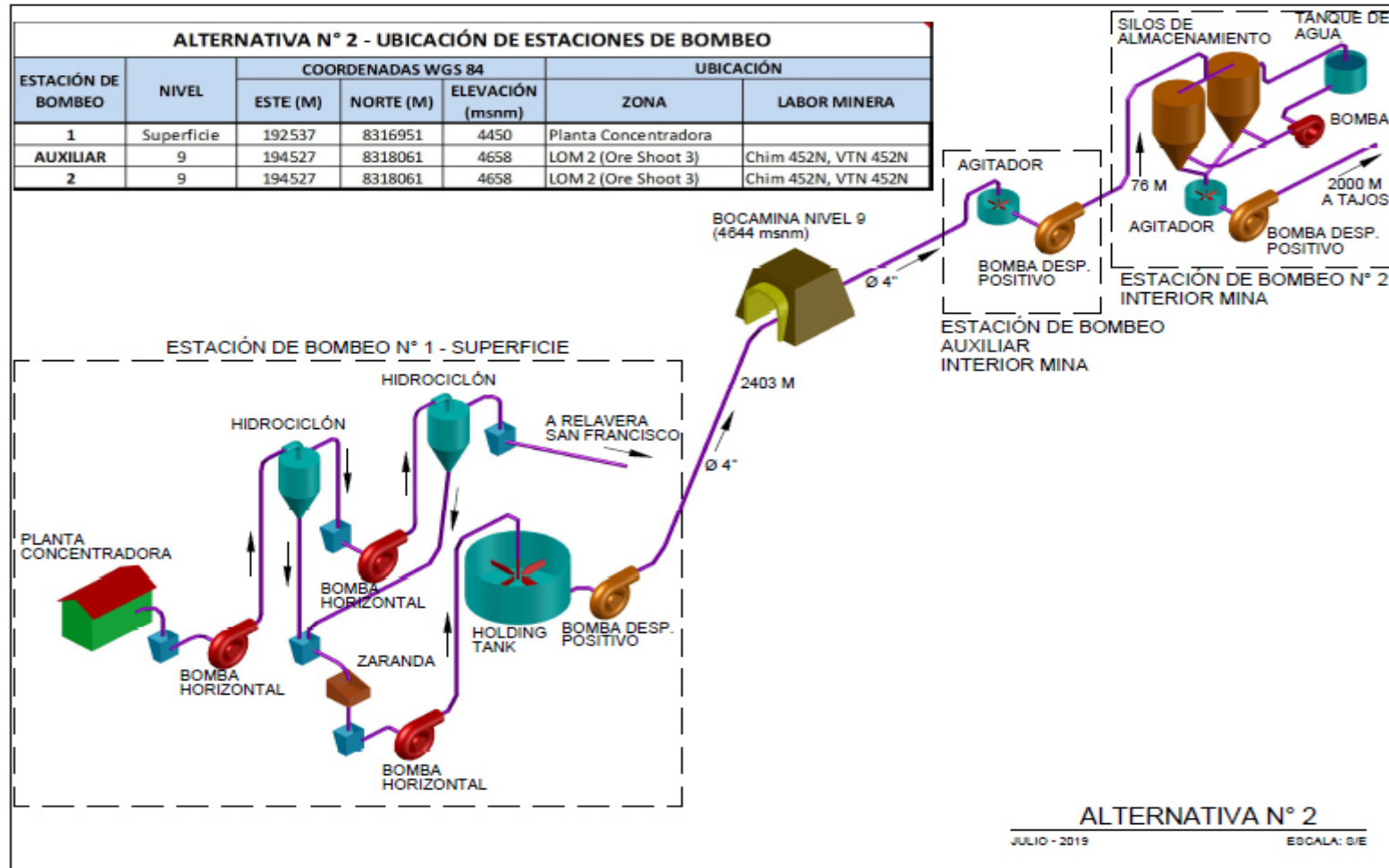


Figura 49. Alternativa 03 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma

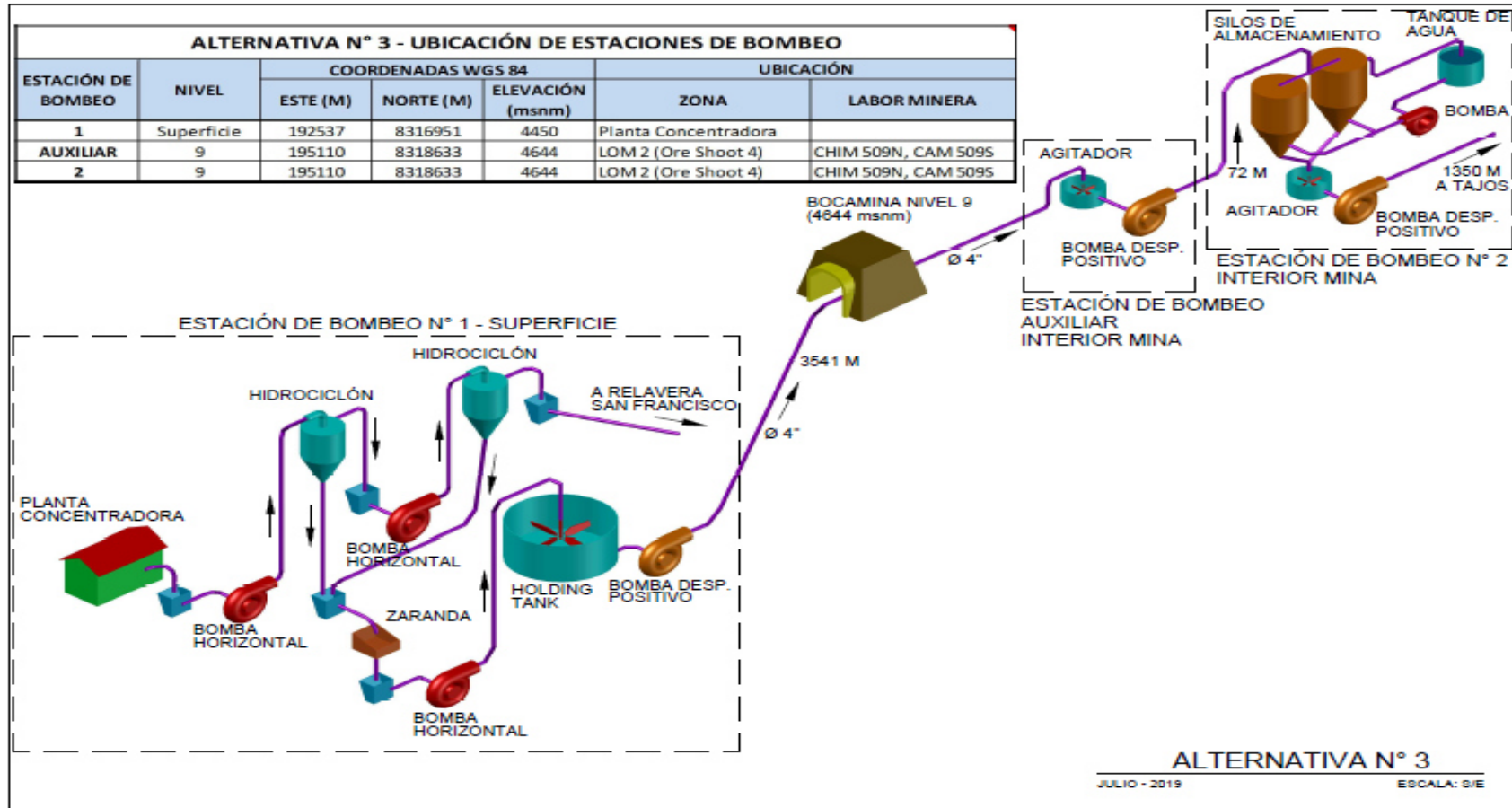


Figura 50. Alternativa 04 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma

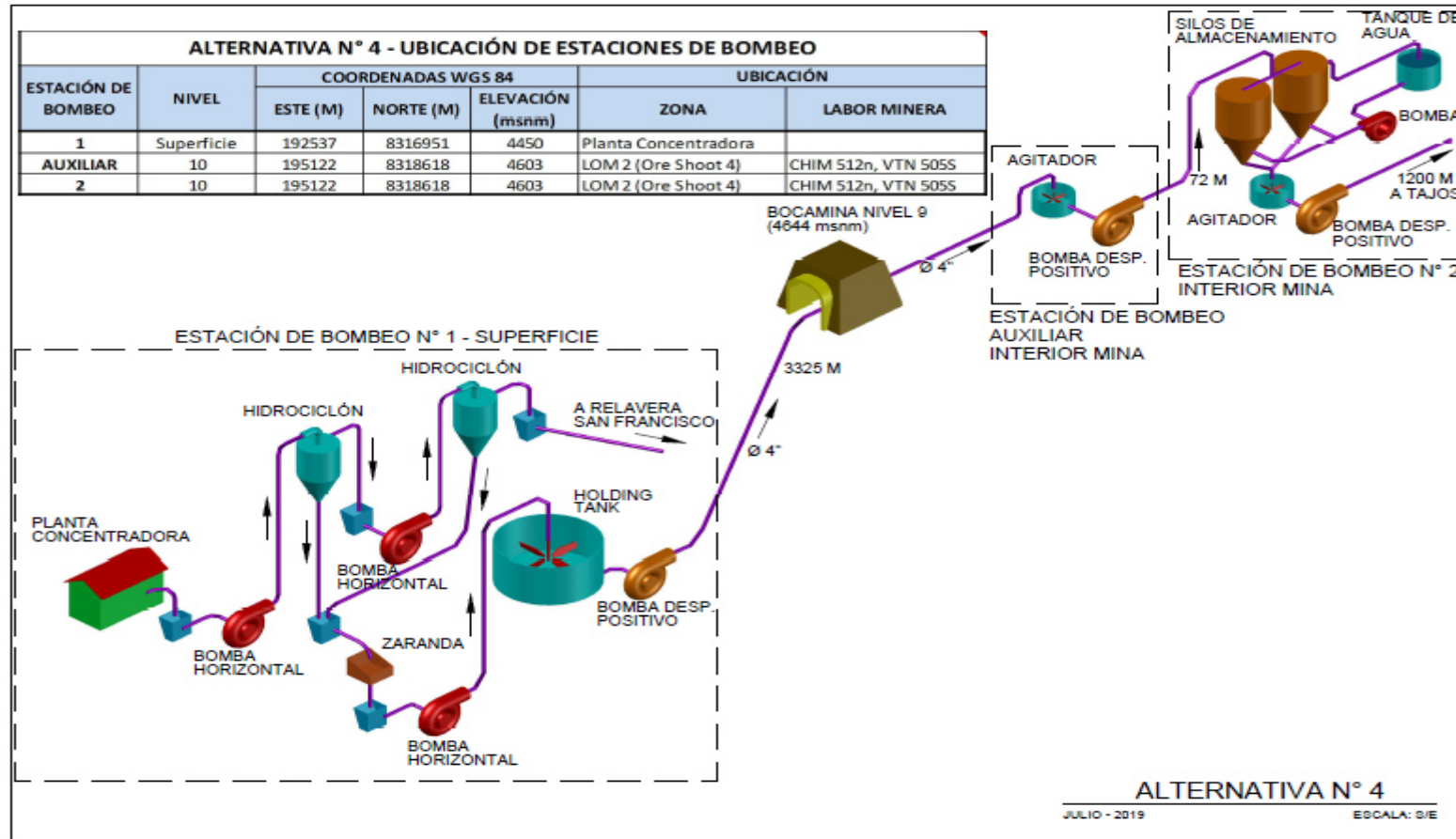
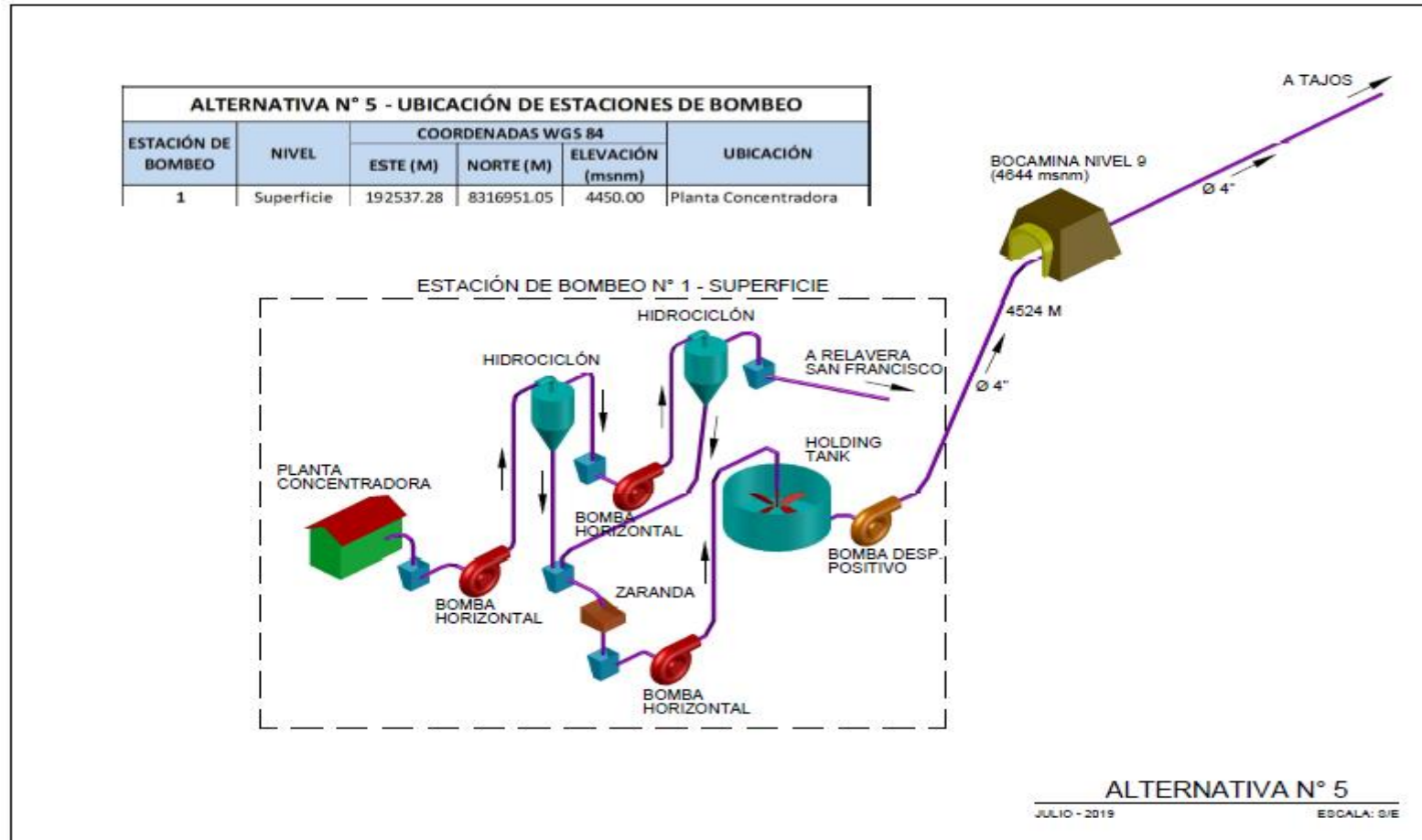


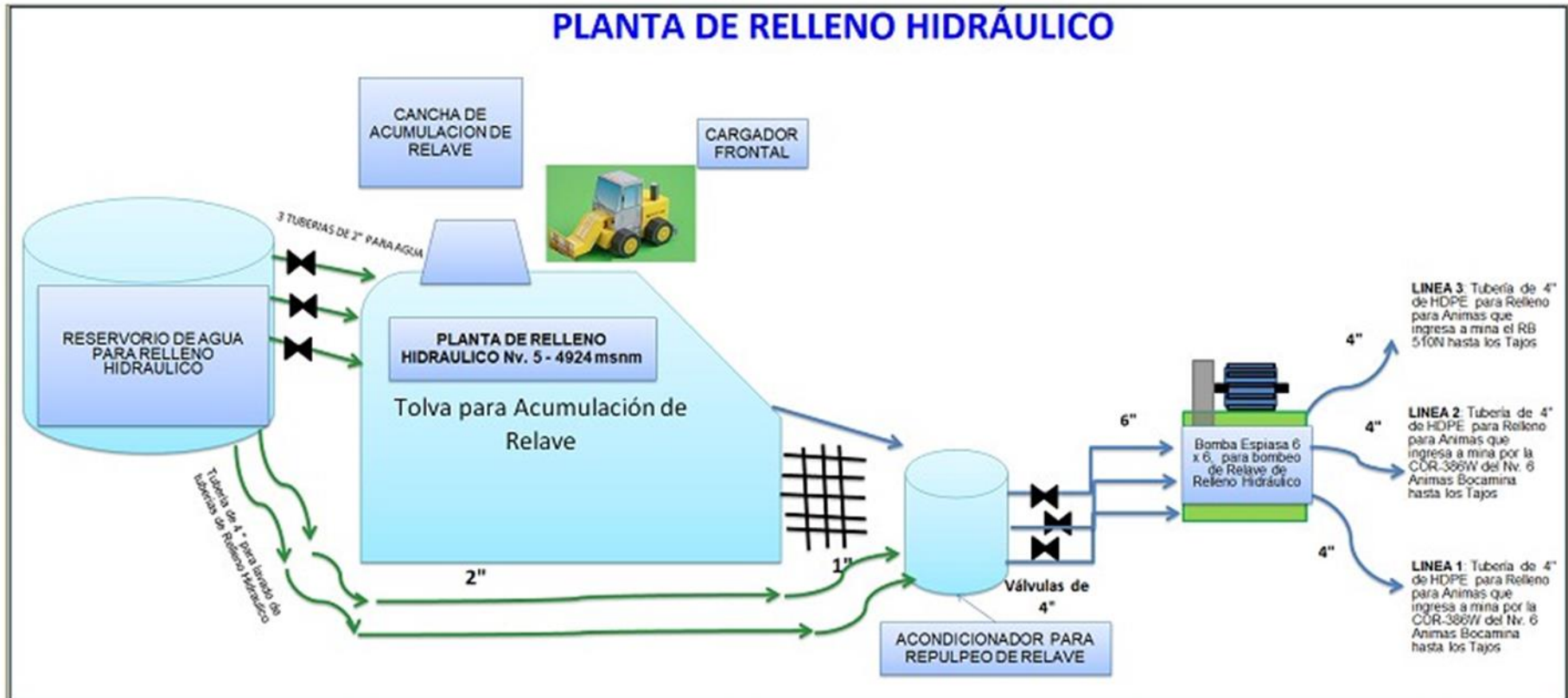
Figura 51. Alternativa 05 – ubicación de estación de bombeo en la unidad minera Caylloma



Anexo 4:

Diagrama de flujo e isométrico de planta de relleno hidráulico

Figura 52. Diagrama de flujo e isométrico de planta de relleno hidráulico en la unidad minera Caylloma



Anexo 5:

Diagrama de flujo de la planta de concreto

Figura 53. Diagrama de flujo de la planta de concreto en la unidad minera Caylloma

