

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado
en la unidad minera Ticlio - Volcan**

Alex Gregory Jaco Flores

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. Benjamín Ramos Aranda

AGRADECIMIENTO

El proyecto de investigación fue realizado en base mucho esfuerzo, por tal razón en primer lugar quiero agradecer el apoyo de la compañía minera Volcán S.A.A. por facilitarme la información del área de planeamiento y también por impartir su experiencia de muchos años de estudio.

De manera especial expresarle mi agradecimiento y gratitud al Ing. Benjamín Ramos Aranda por el asesoramiento transmitiéndome conocimiento y facilitándome información en el proceso de la investigación que no habría podido culminar sin su ayuda.

Asimismo, agradecer sinceramente el aporte desinteresado de compañeros de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental.

El autor

DEDICATORIA

A mi familia y en particular a mis padres por ser mi apoyo incondicional en mi formación personal, profesional y por haberme inculcado valores y principios.

A los docentes de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental por sus grandes aportes académicos.

ÍNDICE

Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice.....	v
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Resumen.....	xi
Capítulo I Planteamiento del estudio.....	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1 Planteamiento del problema	15
1.1.2 Formulación del problema	16
1.2 Objetivos	16
1.3.1 Limitaciones	17
1.3.1.1 Limitaciones tecnológicas	17
1.3.2 Viabilidad del estudio	17
Capítulo II Marco teórico.....	20
2.1 Antecedentes de la investigación	20
2.2 Bases teóricas.....	22
2.3 Generalidades de la unidad minera <i>Ticlio-Volcan</i>	28
2.3.1 Ubicación.....	28
2.3.2 Accesibilidad	28
2.3.3 Clima y vegetación	29
2.3.4 Reseña histórica.....	29
2.4 Geología.....	31
2.4.1 Geología regional	31
2.4.2 Geología local	32
2.4.3 Geología económica.....	36
2.5 Diseminados	40
2.6 Geomecánica.....	41
2.6.1 Aspectos estructurales	41
2.6.2 Distribución de discontinuidades	44
2.6.3 Clasificación de la masa rocosa de la unidad minera <i>Ticlio</i>	45

2.6.4	Zonificación geomecánica de la masa rocosa.....	45
2.6.5	Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones	46
2.6.6	Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento	46
2.6.7	Excavaciones permanentes	46
2.6.8	Excavaciones temporales	48
2.6.9	Tajeos	48
2.7	Reservas minerales	49
2.7.1	Método y cálculo de reservas minerales	49
2.7.2	Mineral económicamente explotable.....	52
2.7.3	Inventario de recursos por tipo de estructuras	52
2.7.4.	Reservas y recursos mineros	53
2.8	Método de minado	53
2.8.1	Corte y relleno ascendente “ <i>Over Cut and Fill</i> ” (<i>Breasting</i>).....	53
2.8.2	Forma de explotación zona Ariana y Rp 714	55
2.9	Análisis del macizo rocoso – zona Ariana y RP- 714.....	64
2.9.1	Geomecánica del macizo rocoso. Zona Ariana.....	64
2.9.2	Tipo de sostenimiento zona Ariana.....	65
2.9.3	Geomecánica del macizo rocoso. Rp 714.....	65
2.10	Definición de términos básicos.....	66
	Capítulo III Metodología.....	70
3.1	Tipo de investigación.....	70
3.2	Nivel de investigación.....	70
3.3	Diseño de investigación.....	70
3.4	Población y muestra.....	71
3.4.1	Población.....	71
3.4.2	Muestra	71
3.5	Técnicas de recolección de datos	72
3.6	Procedimiento de recolección de datos.....	72
	Capítulo IV Análisis e interpretación de resultados.....	73
4.1	Sistema de drenaje	73
4.2	Comprobación del problema	79
4.2.1	Aspectos estructurales	81
4.3	Clasificación de la masa rocosa.....	82
4.4	Zonificación geomecánica de la masa rocosa	83

4.5 Condiciones de agua subterránea	85
4.6 Unidades geomecánicas.....	85
4.7 Costo de minado actual	87
4.8 Tiempos de perforación en la zona de profundización.....	91
Conclusiones.....	92
Referencias bibliográficas	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	19
Tabla 2. Rutas de acceso a la unidad minera Ticlio	28
Tabla 3. Principales sistemas de discontinuidades	44
Tabla 4. Criterio para la clasificación de la masa rocosa	45
Tabla 5. Calidad de la masa rocosa por sectores	45
Tabla 6. Sostenimiento para labores permanentes	48
Tabla 7. Sostenimiento para labores temporales (3.5 m – 4.5 m).....	48
Tabla 8. Dimensiones máximas de tajeos – longitud	49
Tabla 9. Mineral económicamente explotable	52
Tabla 10. Inventario de recursos minerales por tipo de estructuras	52
Tabla 11. Reservas y recursos mineros de mina Ticlio	53
Tabla 12. Ficha técnica de equipo de perforación.....	56
Tabla 13. Número de taladros perforados/cargados estándar 4.0 m x 4.0 m..	57
Tabla 14. Distribución de carga explosiva.....	57
Tabla 15. Datos técnicos preparación	62
Tabla 16. Criterio para la clasificación de la masa rocosa	64
Tabla 17. Recomendados para el sostenimiento por tipo de roca.....	64
Tabla 18. Tipo de sostenimiento zona de Ariana	65
Tabla 19. Tipo de sostenimiento zona RP 714.....	66
Tabla 20. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 4” con presencia de agua	74
Tabla 21. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 4” sin presencia de agua	75
Tabla 22. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 6” con presencia de agua	76
Tabla 23. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 6” sin presencia de agua	77
Tabla 24. Sistemas típicos de discontinuidades.....	81
Tabla 25. Valores de resistencia compresiva de la roca intacta.....	83
Tabla 26. Delimitación de los dominios geomecánicos	83
Tabla 27. Resistencia compresiva uniaxial.....	83
Tabla 28. Resultados software PHASE2 en material detrítico	84
Tabla 29. Resultados software PHASE2 en caja techo/piso	84

Tabla 30. Resultados software PHASE2 en mineral	85
Tabla 31. Costo de alquiler de bombas según HP	87
Tabla 32. Tiempos del ciclo de minado con bomba de 15hp	88
Tabla 33. Tiempos del ciclo de minado con bombas propuestas	89
Tabla 34. Costo por avance de metro lineal con bomba de 15 hp	89
Tabla 35. Beneficio por sistema propuesto	90
Tabla 36. Costo por avance de metro lineal con bombas propuestas	90
Tabla 37. Análisis de costo 1	90
Tabla 38. Análisis de costo 2	91
Tabla 39. Cuadro de tiempos	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas características	25
Figura 2. Curva de pérdidas de fricción del sistema.....	27
Figura 3. Ubicación de la unidad minera Ticlio-Volcan.....	29
Figura 4. Imagen transversal de la geología regional.....	32
Figura 5. Columna estratigráfica unidad minera Ticlio	34
Figura 6. Gráfico estructural discontinuidades – sftware Dips.....	44
Figura 7. Diagrama de estimación de reservas	51
Figura 8. Esquema método de minado over cut and fill (breasting) - acceso a la zona de Ariana	54
Figura 9. Esquema método de minado over cut and fill (breasting) – acceso a la zona Ariana	55
Figura 10. Secuencia gráfica de explotación zona de Ariana.....	55
Figura 11. Equipo de perforación	56
Figura 12. Malla de perforación estándar 4.0 m x4.0 m	57
Figura 13. Scoop fabricado por la empresa Caterpillar rg 1600 de 6 yd ³	58
Figura 14. Volvo fmx 440 6x4r.....	60
Figura 15. Seccion tipica de labores tipo arco preparación.....	62
Figura 16. Sistema integrado de gestión.....	63
Figura 17. Resumen del sistema de bombeo de la unidad minera Ticlio	73
Figura 18. Requerimiento de bombas HP con tubería de 4"	78
Figura 19. Requerimiento de bombas HP con tubería de 6"	78
Figura 20. Resumen de tiempos de perforación roca media en la UM Ticlio ...	79
Figura 21: Resumen de tiempos de perforacion roca suave en la UM Ticlio....	79

RESUMEN

La presente investigación apunta a la influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado en la unidad minera *Ticlio-Volcan*, mediante técnicas modernas en el diagrama unifilar de la unidad minera, resultando una herramienta valiosa para afrontar los costos generados en el aumento de caudal en las zonas de profundización, elevando así los costos de preparación y desarrollo. Es por ello que, la presente investigación desarrolla un análisis en las zonas de Ariana y Rampa 714. En la unidad minera *Ticlio* con la finalidad de ser analizado y estudiado el sistema de bombeo y la implicancia que tiene en el proceso diario en las labores de preparación y desarrollo.

Para el estudio del sistema de bombeo se discurre las condiciones del tipo de terreno en la zona de profundización, tales como investigación geomecánica, redes de tuberías (unifilar) tanto en pozas secundarias y principales, proyectándonos en el esquema general de ingeniería que se tendría que aplicar.

La capacitación constante del personal involucrado tanto de servicios auxiliares como la del área de planeamiento, impactará en el desarrollo de las actividades diarias de forma normal y sin inconvenientes, generando que no se pierdan horas hombre ni horas equipo, optimizando así los KPI de la unidad minera.

Los resultados muestran que un eficiente sistema de bombeo conlleva a una incidencia positiva generando un 24.3% mayor de rentabilidad en la valorización mensual, disminución de tiempo en el ciclo de minado, asimismo contribuye a tener una mayor estabilidad del macizo rocoso.

Palabras clave: diagrama unifilar, caudal

ABSTRACT

The present investigation points to the influence of the pumping system in the mining cycle in the Ticlio-Volcan mining unit, using modern techniques in the single-line diagram of the mining unit resulting in a valuable tool to face the costs generated in the increase in flow in the areas of deepening, thus raising the costs of preparation and development. That is why this research develops an analysis in the areas of Ariana and Rampa 714. In the Ticlio mine in order to be analyzed and studied the pumping system and the implication it has in the daily process in the preparation and development.

For the study of the pumping system, the conditions of the type of terrain in the deepening zone are run, such as geomechanical research, pipe networks (single-line) in both secondary and main ponds, projecting ourselves in the general engineering scheme that would have to be Apply.

The constant training of the personnel involved in both auxiliary services and that of the planning area, will impact on the development of daily activities in a normal way and without inconvenience, generating that no man hours or equipment hours are lost, thus optimizing KPI of the mining unit

Keywords: single line diagram, flow rate

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tendrá como objetivo analizar la influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado en la unidad minera *Ticlio-Volcan*, presentándose como trabajo de tesis a la escuela académico profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental para poder obtener el título profesional de Ingeniero de Minas.

Se desarrolla la influencia que tiene el sistema de bombeo en las operaciones unitarias en el ciclo de minado, analizando la evacuación del agua de interior de mina a superficie, para desarrollar las operaciones diarias de forma normal y sin inconvenientes, las pozas de bombeo tanto secundarias como estacionarias, se tendrán que repotenciar y verificar en el diseño de planeamiento o ingeniería de la mina, se contemple bombas de mayor capacidad y así tener un mejor soporte, teniendo como objetivo optimizar y generar soluciones acorde con el desarrollo de las operaciones de la unidad minera *Ticlio-Volcan*.

La estructura de la tesis está compuesta por cinco capítulos, conclusiones y recomendaciones.

En el primer capítulo se explican el planteamiento y la formulación del problema, adicionalmente los objetivos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables.

En el segundo capítulo se detallan el marco teórico, los antecedentes del problema, bases teóricas y las definiciones de los términos importantes de la investigación.

En el tercer capítulo se explican la metodología que se empleó en la investigación y se describe el alcance y diseño de la investigación, población y muestra, técnica e instrumentos que se utilizaron para realizar la recolección de datos.

Finalmente, en el cuarto capítulo se describen los resultados que se obtuvieron en la investigación; tales como la influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado, influencia de la presencia de agua en la estabilidad del macizo rocoso, asimismo la incidencia del sistema de bombeo en los costos de operación y la relación de la presencia de agua con el tiempo de perforación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

El trabajo de investigación demuestra uno de los factores principales del elevado costo que se presenta al utilizar un sistema de bombeo en minería, la historia de la minería subterránea ha estado marcada y condicionada por un problema muy concreto: la inundación de rampas, labores de desarrollo, preparación y producción a medida que estos avanzan a profundidad. Por lo tanto, el agua puede llegar a convertirse en un problema importante en el diseño de una explotación minera. De aquí la gran importancia de diseñar un buen sistema de bombeo, que en definitiva es la eliminación del agua en la mina.

Debido a esta problemática se desarrolló y ejecutó el análisis de la influencia que tiene la presencia de agua en las operaciones unitarias. En la unidad minera *Ticlio* de la compañía minera *Volcan S.A.A.* cuyo propósito es la de reducir el tiempo de paralización de las operaciones en las rampas 714 y Ariana, siendo estas las rampas de profundización de la mina. Utilizando las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y energía, se realizó el cálculo del sistema de bombeo.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

- ¿Cómo influye el sistema de bombeo en el ciclo de minado en las operaciones diarias en la unidad minera *Ticlio-Volcan*?

Problemas específicos

- a. ¿Cómo influye la presencia de agua en las condiciones geomecánicas de las labores de profundización en la unidad minera *Ticlio-Volcan*?
- b. ¿Cómo influye el sistema de bombeo en los costos de operación en la unidad minera *Ticlio-Volcan*?
- c. ¿Cómo influye la presencia de agua en el tiempo de perforación en las labores de profundización en la unidad minera *Ticlio-Volcan*?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar la influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado en las operaciones diarias en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia de la presencia de agua en las condiciones geomecánicas en las labores de profundización en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.
- b. Determinar el costo que representa el sistema de bombeo en los costos de operación en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.
- c. Determinar cuánto influye la presencia de agua en el tiempo de perforación en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.

1.3 Justificación e importancia

En la minería subterránea el procedimiento más usado para evacuar agua de mina producto de las operaciones diarias, es con las bombas sumergibles según el caudal que se presente en las labores. El diseño óptimo del sistema de bombeo permitirá lograr la continuidad de las labores de producción, desarrollo y avances en la mina. Para el diseño óptimo del sistema de bombeo se requiere del correcto equilibrio hidráulico del sistema haciendo uso de las ecuaciones de

conservación de acopio, energía y cantidad de inclinación. Los errores en el cálculo del diseño del sistema de bombeo ocasionarán graves consecuencias a las operaciones de la mina como inundaciones o pérdida de labores. Al sobredimensionar un sistema de bombeo se tendrían equipos trabajando a menores eficiencias ocasionando pérdidas económicas; en el caso contrario se tendrían sistemas sin la capacidad suficiente para drenar el agua, generarían pérdidas económicas por paralización de las operaciones y en muchos casos pérdidas de activos. Las limitaciones de este trabajo será la falta de estudios de hidrogeología para poder saber el aumento de caudal de agua en zonas de profundización para generar un adecuado plan de contingencia, teniendo las líneas y diámetros adecuados para una operación normal y constante en la unidad minera *Ticlio*.

1.3.1 Limitaciones

1.3.1.1 Limitaciones tecnológicas

En el presente trabajo de investigación se tuvieron restricciones tecnológicas, por la falta de equipos de medición de caudales de agua y la falta de implementación de software de sistema de bombeo.

1.3.2 Viabilidad del estudio

El presente estudio es viable porque permitió la evaluación del sistema de ventilación y las condiciones medio ambientales de las labores subterráneas, teniendo un sistema de ventilación adecuado se optimizan las operaciones mineras y un rendimiento eficiente de los trabajadores.

1.4 Hipótesis de la investigación

1.4.1 Hipótesis general

- La optimización del sistema de bombeo influye en el aumento del cumplimiento de los avances lineales según la programación mensual en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.

1.4.2 Hipótesis específicas

- a. La presencia de agua influye en la desestabilidad de las condiciones geomecánicas en las labores de profundización en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.
- b. El sistema de bombeo repercute en los costos de operación en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.
- c. La presencia de agua influye en el incremento del tiempo de perforación en las labores de profundización en la unidad minera *Ticlio-Volcan*.

1.5 Variables

1.5.1 Variables independientes

Sistema de bombeo de mina

Indicadores

- a. Litros/segundo (l/s)
- b. PU de las bombas de avance y bombas estacionarias (US\$)
- c. Vida útil de las bombas sumergibles en rampas de profundización. (h/US\$)

1.5.2 Variable dependiente

Influencia en el ciclo de minado

Indicadores

- a. Costo de explotación (US\$/m)
- b. Costo de alquiler (US\$/horas)
- c. Tiempo de vida de las bombas

1.6 Matriz de operacionalización de variables

A continuación, se presenta de manera detallada el cuadro de operacionalización de las variables.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
		Indicadores
VI: Sistema de bombeo de mina	Es una actividad dentro de la industria minera que consiste en la evacuación de las filtraciones de agua en las labores subterráneas empleando un sistema definido que permita optimizar el proceso.	a. Litros/segundo (l/s) b. PU de las bombas de avance y bombas estacionarias (US\$) c. Vida útil de las bombas sumergibles en rampas de profundización. (h/US\$)
VD: Influencia en el ciclo de minado	Es el grado de repercusión de un sistema de bombeo en el ciclo de minado propio de la actividad minera tales como: costos y tiempo.	a. Costo de explotación (US\$/m) b. Costo de alquiler (US\$/horas) c. Tiempo de vida de las bombas.

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Méndez, en su investigación titulada “*Sistema de bombeo de agua de mina para un caudal de 1000 l/s altura estática de 150 m en el nivel 3990 U.E.A. Uchucchacua de la Cía. de minas Buenaventura S.S.A.*” realizada en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú, menciona que (1):

Debido a esta problemática se desarrolló y ejecutó el diseño del sistema de bombeo para un caudal de 1000 l/s y para una altura estática de 150 m. En la mina *Uchucchacua* de la Cía. de minas Buenaventura S.A.A. cuyo propósito es la de reducir el tiempo de paralización de las operaciones en el nivel 3990 y el avance de las rampas de profundización de la mina, asimismo diseñar el sistema de bombeo óptimo, para controlar el peligro de inundaciones en el nivel 3990 y de las rampas de profundización mediante el drenaje de agua de mina en un caudal de 1000 l/s para una altura estática de 150 m. en la mina *Uchucchacua* de la Cía. de minas Buenaventura S.A.A.

Llegando a la conclusión que la selección del diámetro adecuado de la tubería de descarga y del tipo apropiado de las válvulas de control automático de bomba, válvulas anticipadoras de onda, válvulas ventosas y su conveniente disposición tienen una gran influencia en el rendimiento de las bombas y en el costo de la

instalación, asimismo la operación en paralelo de las cuatro bombas de 250 l/s cada una nos permite obtener un caudal de drenaje del nivel 3990 al nivel 4120 de 1000 l/s. (1)

Jáuregui, en su investigación titulada "*Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura*" realizada en la facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú (2); tuvo como objetivo exponer la factibilidad de la reducción de los costos operativos en una empresa minera, aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de minado como la perforación y voladura, asegurando de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. Éxito que se logra con un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones y que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en lo concerniente a la aplicación de estándares óptimos de trabajo en la operación. Se concluye que la implementación y aplicación continua de estos estándares de trabajo aseguran una operación económicamente más rentable, permiten tener un orden y estandarización de las operaciones e intensifica la seguridad en los trabajos. Sumándose a ello un "cambio" y compromiso del personal por mejorar el desempeño de su trabajo. El desarrollo de este trabajo expone inicialmente la situación de una mina ejemplo donde no existe un adecuado sistema de productividad, control y reducción de costos operativos de mina y de optimización de las operaciones de minado en función a estándares objetivos de trabajo, obteniéndose un primer diagnóstico de la situación mediante la supervisión y control en campo de las operaciones y la revisión de los presupuestos existentes de las operaciones y proyectos. La segunda etapa consiste en la propuesta de estándares objetivos de trabajo en función a estudios y pruebas ingenieriles relacionados al método de explotación de minado, la perforación y voladura idónea, el análisis de costos, la mecánica de rocas y a la seguridad laboral, considerando a todas las etapas del trabajo en mina como procesos que integran un solo sistema en el cual las operaciones de perforación y voladura son el núcleo básico del sistema. Finalmente, se exponen los beneficios que se obtienen con la implementación y el control continuo de los estándares adecuados de trabajo, beneficios reflejados en una reducción de los costos

directos operativos y en general de todos los costos de las diversas áreas que integran una mina, acotándose como una de las conclusiones que, es la vital importancia que representa la capacitación continua al personal en las técnicas de perforación y voladura y, sobre todo, el rol que juegan estas como el núcleo de todo el sistema, del mismo modo la importancia de la motivación y retroalimentación al personal que ejecutan este núcleo sobre los avances que se obtienen. (2)

Rodríguez, en su investigación titulada "*Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en Volcan compañía minera S.A.A. unidad San Cristóbal*" realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú, (3) tuvo el propósito de buscar el mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en el periodo de setiembre del 2013 a marzo del 2014. La investigación se centró en el sistema de bombeo con tres bombas en paralelo instaladas en el nivel 1020, con potencia de 750 HP cada una y con fallas de funcionamiento continuo. Mejorar esta realidad es la finalidad de este estudio.

La metodología consiste en evaluar al sistema anterior de bombeo, las condiciones hidráulicas y de operación. Luego se revisaron los reportes mensuales de consumo de energía eléctrica, caudal y mantenimiento, para iniciar con el diseño del nuevo sistema de bombeo, con la finalidad de comparar los resultados y establecer las mejoras obtenidas.

Como resultado se tienen tres bombas instaladas en serie, con una potencia del motor eléctrico de 350 HP cada una. (3)

2.2 Bases teóricas

Un sistema de bombeo es la suma de energía cinética y potencial a un líquido con el propósito de moverlos de un punto a otro. El sistema, a través del cual el líquido es bombeado, ofrece resistencia al flujo por varias razones.

El flujo a través de las tuberías y válvulas se ve impedido por la fricción, la altura de elevación es una resistencia adicional. La selección y optimización del

sistema de bombeo se centra en una bomba centrífuga que deberá ser capaz de entregar un caudal especificado del fluido a través del sistema en el que se usa.

Esta capacidad de caudal requerida debe ser especificada junto con la altura total necesaria para superar la resistencia del caudal y cumplir con los requisitos de presión de los componentes del sistema. El caudal generalmente se mide en litros por segundo (l/s) o en galones por minuto (gpm) y la altura total del sistema (Altura Dinámica Total) se mide en metros (m) o en pies (ft). La presión del sistema y la resistencia del flujo, que son características del sistema y una correcta estimación de la cantidad y calidad del agua a evacuar determinarán la correcta selección de la bomba.

Teniendo presente estos aspectos se diseñará un sistema de bombeo óptimo y eficiente teniendo en cuenta el aspecto de inversión inicial y de operación a lo largo de toda la vida útil del sistema de bombeo. (4)

Hidromezclas lateríticas

Presentan características no newtonianas debido a sus propiedades físico-químicas y al contenido de sólidos requerido para su procesamiento industrial, que ocasionan problemas de transportación por su alta viscosidad a causa de la sedimentación dentro de las tuberías, lo cual demanda una mayor carga de bombeo y, por consiguiente, un elevado consumo energético. Durante las mediciones realizadas para diferentes concentraciones de sólidos se demostró que las hidromezclas provocan un gasto energético cuando se incrementa el tiempo de bombeo por no corregirse la potencia eléctrica y la velocidad de giro al cambiar las propiedades geológicas de la pulpa. (4)

Principio de Bernoulli

En puntos a lo largo de una línea horizontal de flujo, las regiones de mayor presión tienen una menor velocidad del fluido, y las regiones de menor presión tienen una mayor velocidad del fluido.

Conceptualmente, podría ser más simple pensar acerca del principio de Bernoulli como el hecho de que un fluido que mana de una región de mayor

presión a una de menor presión se acelerará debido a la fuerza neta sobre la dirección de movimiento.

La idea de que las regiones donde el fluido se mueve más rápido tendrán menor presión puede parecer extraña. Seguramente, un fluido que se mueve rápidamente y golpea debe aplicar mayor presión en un cuerpo que un fluido que se mueve lentamente, sí, es cierto. Pero ahora se habla de dos presiones diferentes. La presión a la que se refiere el principio de Bernoulli es la presión interna que el fluido ejerce en todas direcciones durante el flujo, incluyendo la que ejerce sobre la tubería. Esta es diferente de la presión que un fluido ejerce sobre algo si se pone en su camino y detiene su movimiento.

Se observa que el principio de Bernoulli no dice que un fluido que se mueve rápidamente no puede tener presiones significativamente altas. Solo dice que, la presión en una región más lenta de ese mismo sistema que fluye debe tener una presión más alta que la región que se mueve más rápido.

La ecuación de Bernoulli es esencialmente una manera matemática de expresar el principio de Bernoulli de forma más general, tomando en cuenta cambios en la energía potencial debido a la gravedad. Se deriva esta ecuación en la siguiente sección, pero antes de hacerlo se observa cómo es la ecuación de Bernoulli, desarrollando una idea de lo que dice y se ve cómo se puede usarla.
(4)

Curva característica de la bomba

Teniendo la información de los datos de placa de la bomba se deben consultar los catálogos o información técnica del fabricante para obtener las curvas características de la bomba centrífuga; dichas curvas son aquellas que relacionan las variables que intervienen en el funcionamiento de esta. La Figura 1 muestra las curvas características de una bomba. Las curvas características de las bombas presentan datos similares independientemente del fabricante y en general incluyen: la curva de carga vs. caudal (trazada para diferentes diámetros de impulsor y a velocidad constante), la curva de NPSH vs. caudal, la curva de eficiencia vs caudal (o curvas de isoeficiencia), y la curva de potencia

vs. caudal. En caso de no contar con la información técnica del fabricante de la bomba que se desea evaluar, se podrán utilizar curvas de referencia que contengan características similares de la bomba, es decir: diámetro y tipo de impulsor, velocidad, tamaño, etc. (4)

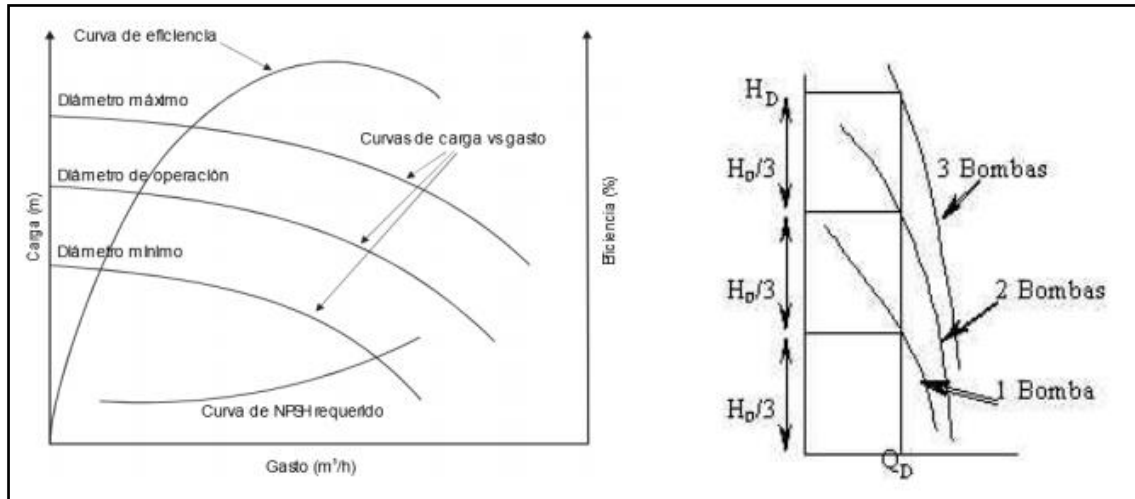


Figura 1. Curvas características
Fuente: fluidos.eia.edu.co

Carga estática total

La carga estática total se determina conociendo la altura geométrica del nivel del líquido entre los recipientes de succión y descarga y la línea de centros de la bomba, así como las presiones en esos mismos puntos. (4)

$$H_{EST} = H_D \pm H_S + \frac{P_D - P_S}{\gamma}$$

Donde:

HEST: Carga estática total o altura geodésica

HD: Altura de descarga

HS: Altura de succión

PD: Presión en el recipiente de descarga

PS: Presión en el recipiente de succión

Y: Peso específico del fluido

Carga dinámica total

La carga dinámica total representa las pérdidas de presión, las cuales se originan por la fricción del fluido en las tuberías, válvulas, accesorios y otros

componentes como pueden ser intercambiadores de calor u otros. Estas pérdidas varían proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad del caudal.

También varían de acuerdo con el tamaño, tipo y condiciones de las superficies de tubos y accesorios y las características del líquido bombeado. (4)

$$H_{DIN} = h_{fp} + h_{fs}$$

Donde:

HFP: pérdidas de carga en las tuberías.

HFS: pérdidas en los accesorios.

Cálculo de pérdidas de carga en tuberías: las pérdidas de carga en tuberías también se llaman pérdidas primarias, se determinan mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

h_{fp}: pérdida de carga en tuberías (m)

D: diámetro de la tubería (m)

L: longitud de la tubería (m)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

f: factor de fricción (adimensional)

V: velocidad del fluido (m/s)

π: constante adimensional (3.1416)

El cálculo del factor de fricción "f" se realiza mediante el diagrama de Moody o las ecuaciones de Colebrook-White o Karman-Prandtl o Poiseuille, que dependen del número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa (ε / D). Donde ε es la rugosidad absoluta que depende del tipo de material de las tuberías.

$$R_e = \frac{\rho \cdot D \cdot V}{\mu}$$

Cálculo de pérdidas de carga en accesorios: estas se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$h_{fs} = \frac{k.V^2}{2.g} = \frac{8.k.Q^2}{g.\pi^2.D^4}.$$

Donde:

h_{fs}: pérdida de carga en accesorios (m)

V: velocidad del fluido (m/s)

Q: caudal (m³/s)

D: diámetro de la tubería (m)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

k: coeficiente de resistencia (adimensional)

El factor “k” es adimensional y su valor depende del tipo de accesorio y diámetro del mismo; que define la pérdida de altura de velocidad en un accesorio. Generalmente los fabricantes proporcionan su factor k, de lo contrario se debe elaborar experimentalmente un gráfico para diferentes caudales. Curva de carga por fricción es la que se representa por la ecuación siguiente.

$$H_{DIN} = \frac{8}{g.\pi^2.D^4} \left(\frac{f.L}{D} + k \right) Q^2.$$

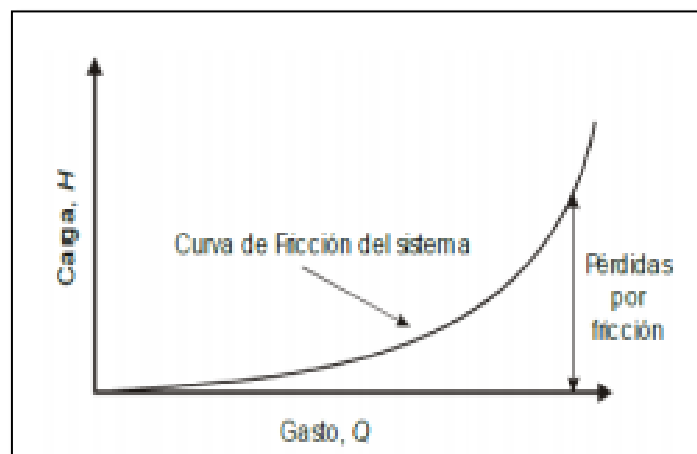


Figura 2. Curva de pérdidas de fricción del sistema
Fuente: fluidos.eia.edu.co

2.3 Generalidades de la unidad minera *Ticlio-Volcan*

2.3.1 Ubicación

La unidad de *Ticlio* se encuentra en los alrededores de las coordenadas geográficas 11° 39' latitud Sur y 76° 28' longitud Oeste, los denuncios están ubicados en los parajes *Anticona*, *Yanashinga*, *Yuracocha* y pampa *Taulish* en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes, muy cerca a la divisoria continental. Políticamente pertenece al distrito de *Morococha*, provincia de Yauli, departamento de Junín; distrito de *Chicla*, provincia de *Huarocharí*, departamento de Lima.

Presenta un aspecto topográfico abrupto y accidentado con pendientes muy fuertes que culminan en mesetas suaves (pampa *Taulish*), debido a la presencia de los nevados ya mencionados que forman parte de las zonas más elevadas de la cordillera Occidental. La altitud varía de 4450 m s.n.m. a 5000 m s.n.m.

Es accesible desde Lima por la carretera central hasta el km 132.5 (abra de Anticona) y por vía férrea con el ferrocarril central hasta la estación de *Ticlio*. De estos dos lugares se tiene aproximadamente entre 2 y 3 km para llegar hasta el campamento de la mina San Nicolás.

2.3.2 Accesibilidad

Es accesible desde Lima por la carretera central hasta el km 132.5 (abra de Anticona) y por vía férrea con el ferrocarril central hasta la estación de *Ticlio*.

Tabla 2. Rutas de acceso a la unidad minera *Ticlio*

RUTAS	KM	TIEMPO	VIAS DE ACCESO
Huancayo - La Oroya - Mina Ticlio	163	2 h, 40 min	Carretera central asfaltada, 400 m (aprox)de carretera afirmada hasta la mina
Lima - San Mateo - Mina Ticlio	133	2 h, 10 min	(aprox)de carretera afirmada hasta la mina
Cerro de Pasco - La Oroya - Mina Ticlio	170	2 h, 45 min	Carretera central asfaltada, 400 m (aprox) de carretera afirmada hasta la mina

Fuente: elaboración propia

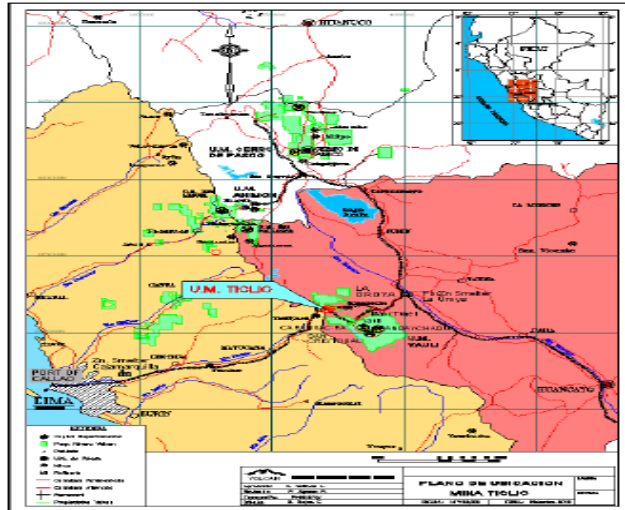


Figura 3. Ubicación de la unidad minera Ticlio-Volcan
Fuente: Departamento de Geología unidad minera Ticlio

2.3.3 Clima y vegetación

Las condiciones climáticas que se presentan en el área son variadas; pues la altitud juega un papel importante en el clima y vegetación; el clima es frígido durante todo el año con presencia de lluvias y nevadas durante todo el año y de forma esporádica.

La vegetación va de la mano con los m s.n.m entre 4000 y 5000 predominando el ichu, musgos y pequeños arbustos.

Siendo la fauna prácticamente cero y bastante restringida donde la vegetación es mayor, teniendo auquénidos (llamas, ovinos, aves y patos).

2.3.4 Reseña histórica

Inicialmente las operaciones de *Volcan* se circunscribieron a la unidad minera *Ticlio*, un conjunto de 30 concesiones otorgadas por el Estado Peruano, y cuyo mineral extraído era vendido a la concentradora *Marh Túnel*, en esa época, propiedad de la empresa de capitales estadounidenses Cerro de Pasco *Copper Corporation*, que fue expropiada por el gobierno militar a comienzos de la década de 1970. Fue en la década de 1990, en un contexto de reformas económicas aplicadas por el gobierno de entonces, orientadas a promover la inversión privada en las empresas públicas, cuando *Volcan* expandió sus operaciones mediante la adquisición de áreas mineras y sus correspondientes activos. La

visión del directorio y el liderazgo del Dr. Roberto Letts, fueron fundamentales para el crecimiento de la compañía. En 1997, mediante subasta pública internacional, *Volcan Compañía Minera S.A.A.* adquirió de Centromin Perú la empresa minera *Mahr Túnel S.A.*, propietaria de las operaciones mineras *Mahr Túnel*, San Cristóbal y *Andaychagua*, y de las plantas *Mahr Túnel* y *Andaychagua*. El monto de la transacción ascendió a USD 128 millones más un compromiso de inversión de USD 60 millones, el cual se cumplió en el tercer año. Un año después se llevó adelante un proceso de fusión de ambas empresas, empresa minera *Mahr Túnel S.A.* y *Volcan Compañía Minera S.A.*, y se creó *Volcán Compañía Minera S.A.A.*

Posteriormente, en 1999, *Volcan* adquirió de Centromin Perú, mediante subasta pública internacional, la empresa minera *Paragsha S.A.C.* por USD 62 millones más un compromiso de inversión de USD 70 millones y asumiendo una deuda de USD 20 millones que tenía Centromin con el sistema financiero. Esta operación incluyó la unidad minera Cerro de Pasco y ocho pequeñas centrales hidroeléctricas, Baños I, II, III y IV y *Chicrín* I, II, III y IV, las cuales generaban en conjunto 7.5 megavatios. Como resultado de esta adquisición, *Volcan* se convirtió en la compañía productora de zinc más importante del Perú.

En el 2000, *Volcan* adquirió la empresa administradora *Chungar S.A.C.* y la empresa explotadora de *Vinchos Ltda. S.A.C.*, las que eran propietarias de las minas *Animón* y *Vinchos*, respectivamente, por un precio de USD 20 millones en efectivo más 16 millones de acciones Clase B de *Volcan*. Esta adquisición incluyó las centrales hidroeléctricas *Francoise* y San José II, las cuales generaban en conjunto 2.2 MW. En el 2004 se iniciaron las operaciones en la mina de plata *Vinchos*. Durante el 2006, *Volcan* adquirió la empresa minera Santa Clara y *Llacsacocha S.A.*, propietaria de la mina Zoraida. Un año después adquirió la compañía minera El Pilar, propietaria de la mina El Pilar, contigua a la mina y tajo de Cerro de Pasco. En el 2009, la empresa administradora *Chungar S.A.C.* amplió la capacidad de la central hidroeléctrica Baños IV, lo que permitió a *Volcan* sumar en ese entonces un total de 13 MW de potencia instalada.

La Junta General de Accionistas de *Volcan* Compañía Minera S.A.A. aprobó la reorganización simple de la unidad minera Cerro de Pasco. Como resultado, esta división pasó a llamarse Empresa Administradora Cerro S.A.C. y se convirtió en una subsidiaria de *Volcan* Compañía Minera S.A.A. El objetivo de la reorganización era conseguir que cada unidad minera gestione de forma independiente las mejoras en sus resultados operativos a través de la reducción de costos y la búsqueda del crecimiento.

2.4 Geología

2.4.1 Geología regional

La mina Ticlio se ubica en la parte nor-oeste del domo de Yauli, estructura de la cordillera occidental en el Perú central. El domo de Yauli se ha formado por compresión regional SW-NE junto con el vulcanismo y los eventos de intrusión al más reciente de los cuales sigue la mineralización hidrotermal. Se extiende longitudinalmente por 35 kilómetros desde *Suitucancha* hasta el norte de *Ticlio* y transversalmente por 10 a 15 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N40°W, es asimétrico, su flanco oriental buza entre 30° y 40° mientras que su flanco occidental lo hace entre 45° y 70°. El DY transversalmente es un gran *anticlinorium* formado por tres anticlinales, el anticlinal de *Pomacocha* en el lado oeste, el de San Cristóbal-*Morococha* en la parte central y el de *Ultimátum* en el flanco este

La secuencia estratigráfica de la zona consiste en filitas del Paleozoico del grupo Excelsior que se han identificado en los niveles inferiores de la mina Morococha, rocas volcánicas permo-triásicas del Grupo Mitu, calizas triásico-jurásicas del grupo Pucará y rocas sedimentarias del Cretáceo como las areniscas y lutitas del grupo *Goyllarisquizga*, las calizas del grupo *Machay* que afloran al norte del abra Anticona, también es evidente la presencia de horizontes calcáreos de color gris claro que posiblemente sean calizas *Jumasha*. Al oeste en las partes altas de Casapalca afloran las capas rojas *Casapalca* del terciario, que se caracterizan por intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas rojizas, suprayaciendo a las capas rojas se tiene el conglomerado Carmen de areniscas y lutitas.

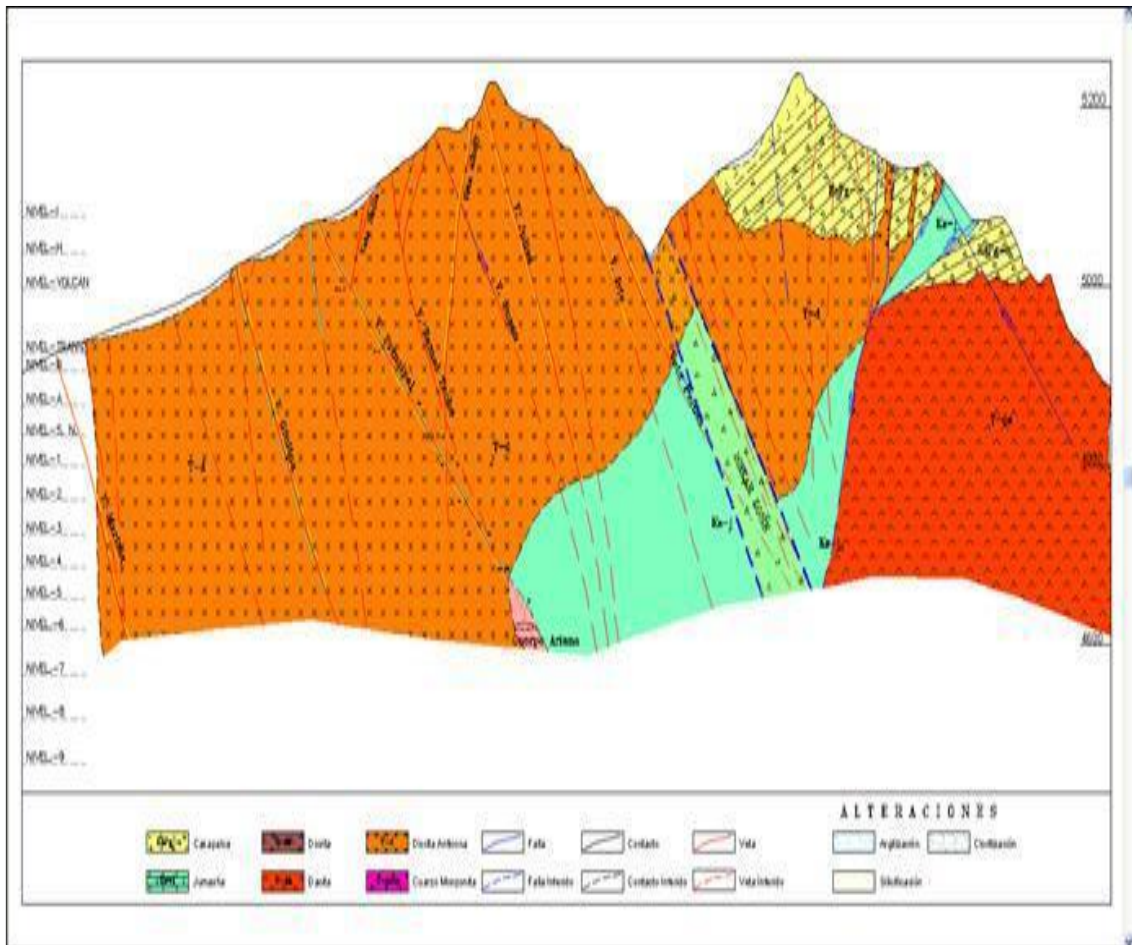


Figura 4. Imagen transversal de la geología regional
Fuente: Departamento de Geología unidad minera Ticlio

2.4.2 Geología local

2.4.2.1 Litología y estratigrafía

Grupo *Goyllarisquizga* (Cretáceo): representado por una secuencia de areniscas y lutitas que constituyen un conglomerado rojo expuesto al Este del yacimiento. Se identificaron horizontes basálticos amigdaloides y diabásicos intercalados en la secuencia de areniscas y lutitas rojas, cuarcitas y capas de caliza gris. Esta secuencia varía hacia el tope de una caliza masiva de color gris azulado a una caliza fosfática gris oscuro que es la base del grupo *Machay*.

Grupo *Machay* (Cretáceo): compuesto por calizas que afloran al Norte del abra Anticona (Ticlio) de color gris oscuro con resto de fósiles en la base, sobreyaciendo una caliza de color claro y algunos horizontes lutáceos y fosfáticos continúan hasta el techo.

Formación *Jumasha*: sobreyacen concordantemente a la formación *Pariatambo*, está compuesta por capas medias a gruesas de calizas, calizas dolomíticas, dolomitas de coloración gris claro a blanquecino y gris amarillento; al contacto con la diorita en esta zona forma un pequeño skarn de Fe, algunos niveles presentan débil marmolización con presencia de wollastonita. Esta formación ha sido cortada por estructuras tensionales de rumbo N 50° a 65° E y buzamiento de 60° a 80° SE; estructuralmente, afectan a la diorita Anticona y permiten la mineralización como parte de un sistema de vetas en *Ticlio*. Se observa cerca al campamento de Ticlio estas estructuras formando remanentes marmolizados con rumbo NW a S-SE, con afloramientos de pequeños remanentes de caliza que pertenecen posiblemente a la formación *Jumasha*; se hallan también moderadamente marmolizados y sobreyacen a los intrusivos dacíticos y dioríticos, los cuales están brechados en el contacto y bordeado por aglomerados volcánicos (Formación Carlos Francisco); a esta formación se le asigna una edad perteneciente al Cretáceo inferior. (8)

Formación *Casapalca* (terciario): representado por las capas rojas y conglomerado Carmen, que afloran al oeste del yacimiento. Las capas rojas se caracterizan por intercalaciones de lutitas y areniscas limolíticas, limolitas y limolitas calcáreas y calizas de coloración rojiza (8); los ambientes calcáreos han sido skarnificados con débil a moderada intensidad por los intrusivos dacíticos y dioríticos, cuyo resultado son niveles de *hornfels* con calco-silicatos y epidota.

Presenta también una secuencia volcánica, compuesta por aglomerados, tufos y brechas volcánicas. Por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se le asigna una edad entre el Cretáceo superior (Santoniano) y el Eoceno Medio.

Formación Carlos Francisco: representada por una potente serie de rocas volcánicas, que se dividen en 3 miembros: los volcánicos *Tablachaca* que sobreyacen al conglomerado Carmen, en una sucesión de rocas volcánicas constituidas por tufos, brechas, conglomerados, aglomerados y rocas *porfiríticas* con afloramientos al oeste del yacimiento. Existen afloramientos de los volcánicos Carlos Francisco y los tufos *Yauliyacu* cuyas características no son reconocidas en la unidad minera *Ticlio*.

Formación Río Blanco: en las partes más altas y ocupando la mayor extensión de los denuncios (Norte del Yacimiento), se dispone una potente serie de volcánicos bien estratificados, de constitución andesita, que corresponde a los volcánicos *Pacococho* y que se manifiestan en el área sobreyaciendo a la diorita *Anticona*.

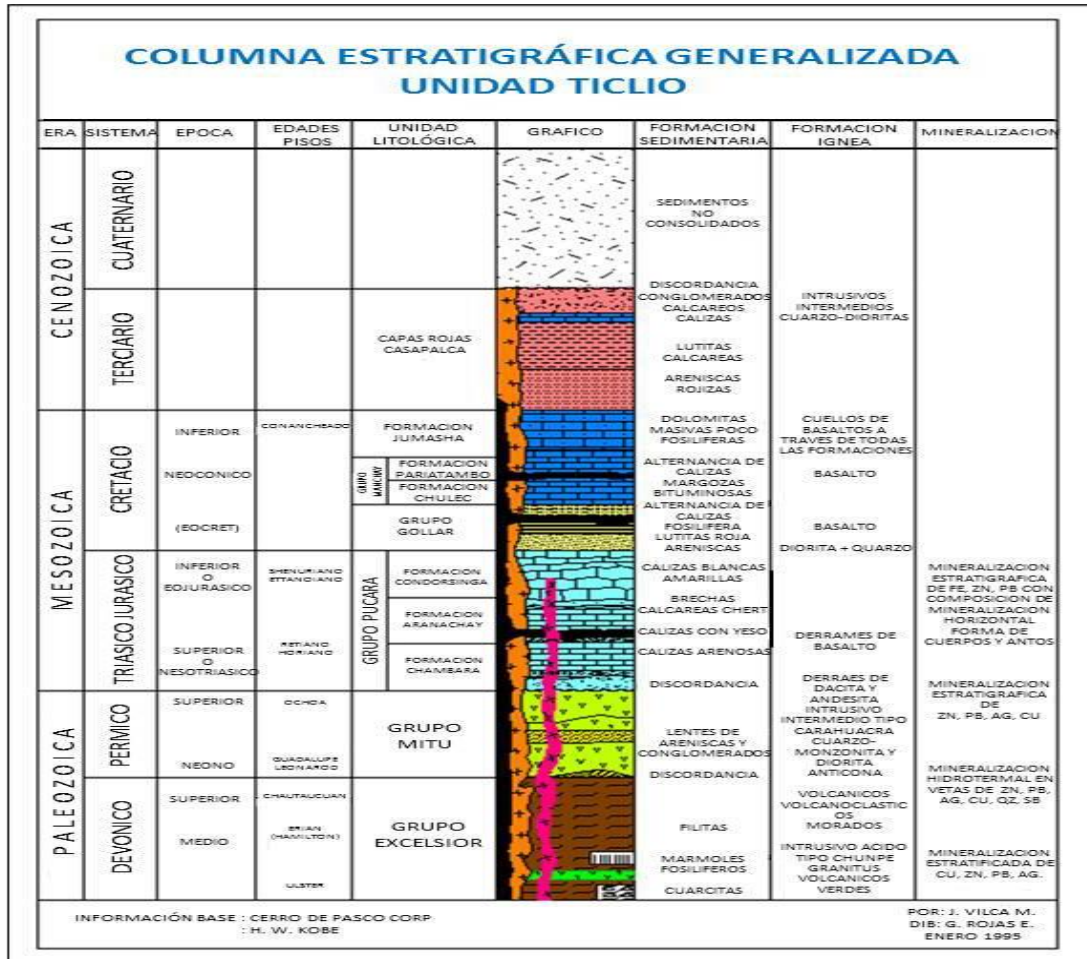


Figura 5. Columna estratigráfica unidad minera Ticlio
Fuente: Departamento de Geología unidad minera Ticlio

2.4.2.2 Rocas intrusivas

Diorita *Anticona*: constituye un “Stock” que se extiende entre *Morococho* y *Anticona* con una dirección general hacia el nor-este. Hacia el este, ha sido intruido en varios lugares por el Pórfido cuarzo monzonita de *Morococho* y *Ticlio*.

Estas rocas constituyen la intrusión Miocénica más antigua existente en el domo de Yauli y aún no está relacionada a ningún tipo de mineralización polimetálica, excepto por la formación de *hornfels* y pequeños cuerpos de magnetita en las calizas huéspedes. Esta ausencia de mineralización en *skarn* y

su asociación a minerales de naturaleza hidratados sugiere la ausencia de fluidos durante el emplazamiento del cuerpo intrusivo de diorita hace 14.11 ± 0.04 Ma. (9)

La diorita Anticona es color verde oscuro, textura porfírica, mesócrata, con una matriz compuesta de plagioclasas, cuarzo y óxidos; los fenocristales consisten en plagioclasas, biotita y hornblenda; como minerales accesorios se incluye al apatito y el circón. Las plagioclasas en algunas zonas están parcialmente alteradas a *illita-esméctica*, algo caolinizado y esporádicamente epidotizadas.

La diorita Anticona contiene numerosos *xenolitos* negros foliados que pueden variar en diámetro desde unos pocos centímetros hasta un metro, ellos están generalmente compuestos de ensambles microgranulares de plagioclasas, epidota, corindón, cuarzo, turmalina, arcillas y pirita. (1)

Cuarzo monzonita *Ticlio* (pórfido de *Ticlio*): aflora en la parte norte, nor-este y Este del campamento. Es una apófisis alargada de rumbo NW-SE e intruyen a la diorita Anticona. En la parte Norte del campamento, intruye a los carbonatos de la formación *Jumasha*.

2.4.2.3 Alteraciones

Las alteraciones en el área de estudio obedecen a dos tipos de eventos, las relacionadas a los cuerpos intrusivos y las relacionadas a alteraciones hidrotermales. Las primeras se manifiestan en grado y amplitud variables en función de la naturaleza de la roca encajante y la dimensión de los intrusivos. Las intrusiones terciarias que se manifiestan en la parte NW del anticlinal de *Morococha*, intruyen generalmente a las rocas carbonatadas del *Pucará*, formación *Goyllarisquizga*, formaciones *Chulec*, *Pariatambo* y la formación *Casapalca*. La alteración de los carbonatos varía, desde el desarrollo del mármol hasta una débil skarnificación, en halos que van desde unos pocos metros hasta varias decenas de metros; el desarrollo de *skarn* está marcado por la aparición de epidota, clorita y en menor proporción granates y magnetita; esta alteración no ha generado mineralización de metales base que son *exoskarns* secos; la

mayor exposición se ubica al N y NE del monte *Meiggs*, cerca de la antigua planta de la unidad minera *Ticlio*.

En los intrusivos, predomina una débil a moderada alteración propilítica, con formación de clorita, epidota y pirita; También se observa, en diferente grado de intensidad, argilización y silicificación asociadas a la mineralización polimetálica. En el pórfido de *Ticlio* se ha podido observar vetillas con k *feld*-magnetita-cuarzo, ensamble que suele presentarse como parte de la alteración potásica en los sistemas tipo pórfido de Cu.

2.4.3 Geología económica

Ticlio es un yacimiento hidrotermal con características del tipo filoneano, desarrollado en vetas, cuerpos mineralizados de reemplazamiento; en rocas calcáreas (contacto intrusivo Diorita –caliza *Jumasha*, cuerpo Ariana); brechas calcáreas silicificadas (extremo SW, nivel 5, túnel *Huacracocho*), mantos en calizas *Jumasha* (M. Adrián) y pequeños cuerpos de pirita al sur del yacimiento, todos originados por relleno de fracturas preexistentes en rocas dioríticas, andesíticas y en calizas *Jumasha*. Se ha identificado un pequeño afloramiento mineralizado a manera de cuerpo en la parte norte de *Ticlio*, además de impactos de estructuras mineralizadas tabulares en las calizas *Jumasha* (exploración superficial), de las cuales se pretende definir la continuidad.

Entre las vetas de mayor importancia se puede mencionar la veta principal, ramal techo, techo, ramal techo 1, Julissa y Yanina. Se han identificado con los trabajos de campo las vetas Giuliana, Iris, Silvia, Pelusa y Blanca y finalmente la veta Andrea reconocida a partir del afloramiento en superficie.

El rumbo general predominante de las vetas es nor-este a sur-oeste, con potencias de 10 cm, a 2.00 m. La extensión variable con longitudes que alcanzan hasta 1200 m como es la veta principal. En este tipo de vetas se observa buena cantidad de lazos sigmoides que han sido explotados en forma incompleta y zonas de cizallamiento de buena potencia. Presentan un ensamble mineralógico de esfalerita-galena-galena argentífera-rodocrosita-pirita-cuarzo y escasa disseminación de *chalcopirita*.

2.4.3.1 Cuerpo mineralizado Ariana

El cuerpo Ariana es una estructura mineralizada de forma lenticular o husiforme en la horizontal emplazada en el contacto caliza *Jumasha* (caja piso)-intrusivo diorítico Anticona (caja techo) que se define claramente como cuerpo a partir del nivel 6 (cota 4620) hacia niveles inferiores.

La mineralización consiste principalmente de blenda rubia, esfalerita marmatítica, galena, pirita, rodocrosita, tetraedrita con textura brechoide que es la predominante, y bandeada en menor proporción. La matriz de esta brecha mineralizada es un cuarzo hialino que se encuentra como cementante, por tramos presenta fisuras abiertas y geodas que permiten la pérdida de agua a través de ellas. También se presenta mineralización en el intrusivo, pero se encuentra emplazada mayormente en las calizas *Jumasha* con relleno de paquetes calcáreos en la proximidad al contacto. (9)

El cuerpo mineralizado se encuentra en preparación y explotación del nivel 7 hacia el nivel 6 y, a partir del nivel 7 al 9 está sin explotar desarrollándose una rampa para dar acceso al nivel 8, tiene un rumbo de N 30° - 45° E y un buzamiento promedio de 55° SE, con un ligero *plunge* hacia el Este. Tiene una forma ligeramente ovalada, achatada en los extremos con 85 m de longitud y una potencia o espesor promedio de 20 m con aparente adelgazamiento en profundidad y un buzamiento promedio de 50°. Con los avances y preparación realizados dentro del cuerpo se ha reajustado el modelamiento y las leyes al obtenido en base a sondajes diamantinos obteniéndose 642,900 TMS y leyes 0.13% de Cu, 4.32% de Pb, 9.10% de Zn y 1.71 y 199,190 TMS en recursos.

Se ha comprobado con dos galerías y sus respectivos paneles y con 42 taladros diamantinos hasta la cota 4460 m, lo cual demuestra su continuidad, pero con menor espesor y buzamiento de bajo ángulo.

El cuerpo se ha formado en la convergencia de las vetas ramal techo, principal y en el contacto caliza-intrusivo diorítico lo que se evidencia claramente al observar los extremos E-W del cuerpo en ambas cajas, estas se presentan con fuerte fallamiento y fracturamiento longitudinal y algunas geodas en un tramo de

aproximadamente 3 m a cada lado y se observa una calidad de roca pobre. Esta parte presenta mineralización de esfalerita rubia y de galena argentífera como relleno de fractura, con diseminaciones de pirita y presencia de cuarzo.

El cuerpo propiamente dicho queda en la parte central con un ancho promedio de 13 m, se muestra más competente con calidad de roca buena, la mineralización es de reemplazamiento masivo en las calizas con esfalerita parda y rubia y en menor proporción galena y galena argentífera, con diseminación de calcopirita y pirita, presencia de cuarzo hialino. En esta parte se observan geodas con drusas y cristales de esfalerita, marmatita, bien desarrollados, además de fallas y fracturas mayormente colindantes a las cajas.

La caja techo del cuerpo es el intrusivo diorítico Anticon: se presenta con textura granular o porfírica de color verde oscura, por la cloritización y que sufre blanqueamiento por la moderada argilización en la proximidad a la mineralización; geomecánicamente puede ser clasificada como roca tipo de II a III.

La caja piso del cuerpo está constituida por calizas pizarrosas también de mala calidad seguida de una caliza marmolizada (recristalizada) y fuertemente de color blanco a gris por tramos fuertemente triturada, con paquetes nodulares del tipo *Chert*, variando a caliza margosa y dolomítica, presenta puntualmente cristales de granate tipo grosularia Almandino; geomecánicamente se clasificaría como roca tipo III en la proximidad a la mineralización.

La roca encajonante es una roca intrusiva diorítica de textura porfírica y de color gris verdosa; presenta débil a moderada cloritización y en las proximidades a la estructura es de color gris claro debido a la alteración argílica y en parte por la silicificación sobreimpuesta. Con los laboreos existentes se observa un tramo de estrangulamiento en el extremo este del nivel 5, este comportamiento es local ya que con las perforaciones diamantinas desde la superficie se han obtenido impactos, por lo que caracterizan su naturaleza típica en Rosario.

En la profundización con laboreos mineros y sondajes se observa que desde el nivel 5 hacia el nivel 6 esta veta se estrangula y a partir de este nivel 6 se juntan y forma parte del ramal techo, de hecho, la independencia de flujos mineralizantes no se da.

2.4.3.2 Veta ramal techo

Estructura vetiforme de rumbo general NE-SW paralela a la veta principal, presenta un comportamiento estructural y ensamble mineralógico bastante similar. También tiene un comportamiento tipo rosario, con potencia que varía de 5 cm en los tramos más mordidos a 5 m en tramos de mayor ensanche, se encuentra hacia el sur de la veta principal con una extensión horizontal reconocida de 800 m y más de 600 m en la vertical (desde superficie hasta el nivel 8). A partir del nivel 5 en la parte central y al techo de esta veta tiene un lazo sigmoide "Carla" y colindante a la intersección de Carla en el extremo oeste, está también la intersección con la veta Julisa, en la zona de separación de estas estructuras existe un intenso cizallamiento donde los flujos mineralizantes rellenaron estas fracturas, teniendo un yacimiento con características del tipo venillo y diseminado, identificando esta columna con una longitud de hasta 120 m por un ancho hasta de 25 m, tiene un rumbo general de NE-SW con buzamiento promedio de 60° - 65° S. (10)

El ensamble mineralógico está compuesto de esfalerita - galena - pirita englobada con cuarzo y rodocrosita, en el extremo Este y en profundidad se aprecia un incremento de calcopirita y decremento de galena. La roca encajonante continua, siendo la diorita Anticonca (intrusivo) de textura granular o porfírica de color gris verde oscura; presenta moderada cloritización, débil a moderada silicificación y débil a moderada argilización muy cerca de la estructura mineralizada. (11)

Las exploraciones en profundidad sobre esta veta indican que continúa profundizando por debajo del nivel 8; se tiene impactos hasta los 4500 m s.n.m., con muy poca variación de sus características estructurales y una variación mineralógicas decreciente en contenido de galena y creciente de calcopirita, como también se ha determinado la continuidad de los clavos mineralizados en

las intersecciones de veta Julisa y veta Carla 2 con esta información nos permite potenciar la exploración en estas zonas durante el año 2008.

2.4.3.3 Veta ramal techo 1

Esta estructura es un lazo sigmoide de la veta ramal techo que tiende a estrangularse del nivel "A" hacia superficie; en los niveles inferiores conserva regular potencia y leyes altas, lo que permite su explotación, pero con el mínimo ancho de minado, tiene una longitud aproximadamente de 200 m, presenta un ensamble mineralógico de esfalerita-galena argentífera-cuarzo-pirita, la roca encajonante es la diorita.

2.5 Diseminados

Las vetas mejor mineralizadas con diseminados y venillas (veta principal y ramal techo) fueron formados a lo largo de las fracturas de tensión y fallas de cizalla en cuyas cajas presenta mineralización de menor contenido mineralógico en forma de venillas de tipo A, en partes B y diseminación, son principalmente por relleno de fracturas dentro de un área de influencia de intensa actividad hidrotermal. Por los esfuerzos compresivos también se producen fracturamientos altiandinos tensionales bien desarrollados a los que está relacionada la mineralización polimetálica.

La complejidad geológica de *Ticlio* ha dado lugar a la formación de una variedad de vetas que se extienden ampliamente en el extremo norte y noroeste del domo de Yauli, después de la última etapa del plegamiento *Quechua* y la formación de las fracturas de tensión y cizalla vino el período de la deposición de los minerales a partir de soluciones hidrotermales originadas por los stocks o intrusivos de diorita, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas en los intrusivos (diorita) las cuales sirvieron como canales para trasladar la mineralización y dar origen a los cuerpos en las calizas, por lo tanto, los mantos y cuerpos son epigenéticos (minerales formados a partir de cualquier tipo de alteración de los minerales preexistentes).

Estas vetas tienen un ensamble mineralógico de esfalerita, galena, galena argentífera, cuarzo, rodocrosita, pirita y escasa diseminación de calcopirita. En

enero de 2017 se realizan sondeos con el objetivo de reconocer estructuras sigmoides en la periferia de las vetas Principal y Ramal Techo, con los resultados de la información geológica, se reorienta la exploración hacia la ubicación de zonas de venilleo y diseminado en las rocas encajonantes de las vetas ya explotadas. Se ubican tres columnas de interés, una se ubica sobre el tajo 789 E y debajo de este, y el otro sobre el cuerpo Ariana que sumados tenemos un potencial de 3 millones de TMS. Con una potencia promedio de 5.61 m, 0.04% Cu, 0.72% PB, 3.05% Zn y 1.02 OzAg con un valor de \$ 39.62/ton.

2.6 Geomecánica

2.6.1 Aspectos estructurales

a) Pliegues:

Las estructuras plegadas que formaron el anticlinal de Centro, se debió a la compresión dentro de la corteza terrestre generada por el movimiento lateral de los continentes. Los estratos en la zona de compresión se pliegan en forma de estructuras corrugadas. Los plegamientos son provocados por esfuerzos muy fuertes.

Debido a la intensidad muy alta, las formaciones de roca se someten a esfuerzos superiores al límite elástico y se rompen. Este proceso ha generado en fallas geológicas transversales al plegamiento que han servido de vías para mineralización de *Ticlio*. El plegamiento es una de las causas de las discontinuidades en las rocas. Un material plástico como la marga limo-arcillosa puede ajustarse por sí misma a las distorsiones que se originan durante el plegamiento, se expande en las crestas de los pliegues y adelgazará como resultado de la compresión en los flancos. Las rocas duras como los conglomerados, la marga roja y las areniscas tienen un comportamiento diferente, debido a que son cuerpos rígidos que se fracturan, dando lugar a una gran cantidad de discontinuidades. (12)

b) Intrusiones de roca:

El relajamiento de las fuerzas tectónicas compresivas preintrusivas y la acción del rebote elástico concentrado a lo largo de la zona axial longitudinal y de la zona axial transversal (parte convexa del anticlinal flexionado) originaron zonas

de tensión o de debilidad, a lo largo de los cuales se produjeron rupturas en el anticlinal. Estas fracturas sirvieron posteriormente de canales de circulación y de precipitación de los fluidos ígneos de composición monzonita cuarcífera. Los diques axiales longitudinales muestran una duplicación en los afloramientos debido a la acción de fallas normales de edad postintrusiva y premineral, las cuales se originaron durante el movimiento de ascensión de la parte central del anticlinal de doble hundimiento. (10)

El ancho del dique longitudinal en superficie y en la parte central alcanza hasta 350 metros, en profundidad tienden a adelgazar y a buzarse 85°-88° al oeste.

El dique transversal ha desplazado muy pocos metros a los horizontes litológicos y no han producido metamorfismo de contacto significativo en la roca encajonante.

c) Fallas geológicas:

Cuando las rocas se pliegan por compresión o cuando se estiran por tensión pueden soportar una cierta cantidad de distorsión, pero finalmente se rompen. Las grietas producto de esta rotura en las rocas son las fallas geológicas. Las fallas están en estrecho vínculo con las fracturas principales que con frecuencia son paralelas. En una falla ha tenido que haber rompimiento y desplazamiento, mientras que en una fractura o diaclasa no ha habido movimiento a través del plano de discontinuidad.

Todas las fallas causan desplazamiento de las capas y generan material brechado con vacíos, que se les puede detectar con facilidad en el terreno.

Por lo general, solo las fallas menores son suaves con un plano de falla pulido y con estriaciones; la zona donde se ha producido el movimiento principal es a menudo una masa de roca triturada que recibe el nombre de brecha de falla; dicha zona puede tener hasta muchos metros de ancho. Esta brecha de falla, fragmentada y triturada en la zona de falla, se meteoriza o altera con facilidad y contiene comúnmente muchos poros o espacios, los cuales se rellenan con agua

durante la temporada de lluvias o con agua subterránea si la zona es profunda o con aguas termales. (13)

Las principales fallas observadas y mapeadas son de rumbo E-W, casi la mayoría de estas fallas han sido rellenados por soluciones mineralizantes, que conocemos como vetas y son las que se está explotando actualmente, son de distintas dimensiones en longitud y ancho. La mineralización ha permitido reforzar estas zonas de debilidad generando inclusive estructuras más competentes que la roca encajonante.

Las fallas geológicas principales se realizaron mediante dos familias premineral: la familia o sistema transversal en dirección E-W y la familia o sistema longitudinal en la dirección N-S.

d) Diaclasas:

Las diaclasas son discontinuidades o planos de debilidad en las rocas duras; también se pueden encontrar en rocas suaves muy comprimidas como en las arcillas, margas y lutitas. Estos planos generan, comúnmente, modelos geométricos regulares, de tal manera que cuando la roca se rompe en el frente, los fragmentos producen formas distintas que pueden ser: rectangulares, prismas con sección triangular, romboédricas y piramidales. La diferencia entre una diaclasa y una falla es que en la primera no ha habido movimiento a lo largo del plano de debilidad.

Cuando las rocas se someten a esfuerzos se generan modelos o sistemas de fracturas y, finalmente, ocurre algún movimiento a lo largo de las mismas dando origen a una falla. El proceso es similar a lo que sucede cuando los metales se someten a esfuerzos superiores al límite elástico. Las diaclasas aparecen generalmente en grupos denominados sistemas o familias. Se pueden producir en las zonas adyacentes a la línea de charnela (línea donde se produce el cambio direccional) de los pliegues cuando los estratos son quebradizos.

La persistencia del diaclasamiento principal guarda paralelismo con las fallas geológicas de rumbo E-W; se cuenta con tres sistemas principales y hasta dos aleatorias.

2.6.2 Distribución de discontinuidades

El yacimiento de *Ticlio* está constituido por una diversidad de estructuras geológicas, las cuales varían desde estructuras de dimensiones medianas como, por ejemplo, el anticlinal de centro, hasta elementos pequeños como un plano de estratificación en un fragmento de roca. Las estructuras principales están compuestas por un conjunto de otras estructuras pequeñas, las cuales han sido formadas por los procesos de sedimentación, intrusión magmática, deriva continental, así como por el ascenso y descenso del nivel de la superficie terrestre hasta el emplazamiento actual.

De la interpretación de todos los datos estructurales de las discontinuidades registradas durante el mapeo geomecánico de las distintas vetas, se muestra un resumen de estos resultados. (14)

Tabla 3. *Principales sistemas de discontinuidades*

	Descripción	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
RP 714	Rumbo/buzamiento	S85°E/63°NE	N6°W/52°NE	S89°E/64°SW	
	Dirección de buzamiento/buzamiento	365°/63°	84°/52°	181°/64°	
Zona Ariana	Rumbo/buzamiento	S21°E/77°SW	S2°E/41°SW	N46°E/74°SE	N2°W/60°SE
	Dirección de buzamiento/buzamiento	249°/77°	268°/41°	136°/49°	178°/60°

Fuente: *Departamento de Geomecánica unidad minera Ticlio*

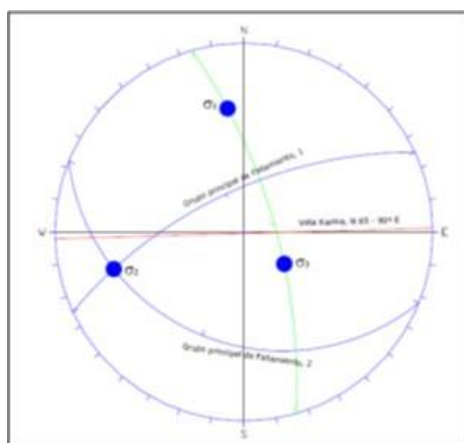


Figura 6. *Gráfico estructural discontinuidades – software Dips*
Fuente: *Departamento de Geomecánica unidad minera Ticlio*

2.6.3 Clasificación de la masa rocosa de la unidad minera *Ticlio*

La clasificación geomecánica de la masa rocosa se realizó utilizando el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – *Rock Mass Rating* o Valorización del Masa Rocosa).

El criterio de Bieniawski modificado para esta evaluación a fin de clasificar a la masa rocosa, podemos apreciar que la calidad de la masa rocosa en la mina *Ticlio* es variable ya que se observa calidad desde Muy Mala – V hasta Regular B – III B.

Tabla 4. Criterio para la clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
III A	51-60	2.18-5.92	Regular A
III B	41-50	0.72-1.95	Regular B
IV A	31-40	0.24-0.64	Mala A
IV B	21-30	0.08-0.21	Mala B
V	<21	<0.08	Muy mala

Fuente: Departamento de Geomecánica, unidad minera *Ticlio*

2.6.4 Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Para la zonificación geomecánica de la masa rocosa se han considerado los aspectos litológicos, geoestructurales y de calidad de la masa rocosa. A partir de la masa rocosa descrita, se ha determinado la zonificación respectiva tomando en consideración cada estructura mineralizada, se presenta un resumen de la zonificación de la veta RP 714 y Zona Ariana. (15)

Tabla 5. Calidad de la masa rocosa por sectores

	Descripción	Litología	RMR promedio	Tipo de roca
RP 714	Caja piso alejada	Marga roja	35-45	IV A/IIIB (Mala A Regular B)
	Caja piso	Marga gris	30-35	IV A (Mala A)
	Mineral	Veta	30	IV B (Mala B)
	Caja techo	Marga gris	30-35	IV A (Mala A)
	Caja techo alejada	Marga roja	35-45	IV A/IIIB (Mala A Regular B)
Zona Ariana	Caja piso	Marga gris	25-35	IV B / IV A (Mala A-B)
	Mineral	Veta	35-40	IV A (Mala A)
	Caja techo	Marga gris	25-35	IV B / IV A (Mala A-B)
	Caja techo alejada	Marga gris	25-35	IV B / IV A (Mala A-B)

Fuente: Departamento de Geomecánica unidad minera *Ticlio*

2.6.5 Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones

El principio básico geomecánico nos indica que la condición más favorable para la estabilidad es cuando se avanzan las excavaciones en forma perpendicular a las estructuras principales; de manera contraria, las condiciones más desfavorables para la estabilidad ocurren cuando se avanzan las excavaciones en forma paralela a las estructuras principales.

Según la condición estructural de la masa rocosa de la mina *Ticlio* y el arreglo estructural de las distintas vetas mineralizadas que son relleno de fallas geológicas, las direcciones preferenciales del avance normalmente están alineadas en forma paralela a algunas de las principales discontinuidades, adoptando una dirección que significa condiciones desfavorables para la estabilidad de las labores, por lo que hay que tomar medidas de control en el tema del sostenimiento y tiempo de autosoporte. (16)

2.6.6 Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento

Las excavaciones han sido divididas en tres categorías: excavaciones permanentes, excavaciones temporales y tajeos.

2.6.7 Excavaciones permanentes

Dentro de este grupo de excavaciones se han considerado, por ejemplo: rampas, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, comedores, polvorines, etc.

En lo posible estas excavaciones deben ser orientadas de forma perpendicular según las direcciones preferenciales de avance mencionadas anteriormente. En este tipo de excavaciones debe instalarse un sostenimiento también permanente, que sea capaz de soportar cargas adicionales, debido a los cambios de las condiciones de esfuerzos a lo largo de la vida de la mina.

Las excavaciones permanentes deben ubicarse preferentemente en la caja piso alejado, por un tema de estabilidad y calidad de roca.

Las distintas variables adversas que afectan a la roca nos llevaron a evaluar cuál sería el sostenimiento apropiado para la mina *Ticlio*, se consideraron muchos parámetros para un adecuado diseño de sostenimiento, definiendo que la solución está en la propia roca; optamos por los elementos que trabajan dinámicamente dentro del macizo rocoso; estos fueron el *Shotcrete* y los pernos de compresión, con muchas ventajas técnico-económicas favorables para nuestro requerimiento; el *Shotcrete* se utiliza como elemento preventivo de soporte para el control de la relajación inicial del macizo, mientras que el perno como elemento definitivo de soporte tiene propiedades importantes, y son:

- Confinar al macizo rocoso a una presión constante de 300 bares, formando un arco de autosoporte con la propia roca.
- Mantener en constante equilibrio la excavación, sin generar mayores relajaciones que pueden generar derrumbes o caída de rocas.
- Permitir explotar el yacimiento a sección completa (independiente de los anchos de las vetas), con una mayor productividad y seguridad.
- Ampliar la malla de anclaje, mientras que con un perno de fricción la malla era de 1.2x1.2 m, con el perno de compresión se amplió a una malla de 1.5x1.5 m.
- Estandarizar la longitud de los pernos, *Hydrabolt* de 7 pies para secciones indicadas.

Considerando la clasificación de la masa rocosa del yacimiento, podemos establecer el tipo de sostenimiento para diferentes aberturas.

Tabla 6. Sostenimiento para labores permanentes

Dominio	RMR	Sostenimiento - labores permanentes
DE-II	> 60	Pernos de comprensión de 7" sistemáticos a 2.0x2.0
DE-III A	51-60	Shotcrete 2" + pernos de comprensión 7" sistemáticos a 2.0x2.0 m o malla electrosoldada + pernos de comprensión a 2.0x1.50 m
DE- III B	41-50	Shotcrete 2" + pernos de comprensión 7" sistemáticos a 1.70 x 1.70 m
DE- IV A	31-40	Shotcrete 2" + pernos de comprensión 7" sistemáticos a 1.50 x 1.50 m
DE- IV B	21-30	Shotcrete 2" + malla electrosoldada + pernos de comprensión de 7" sistemáticos a 1.30x1.30 m + Shotcrete 2"
DE- V	<21	Shotcrete 2" + malla electrosoldada + pernos de comprensión de 7" sistemáticos a 1.30x1.30 m + Shotcrete 2" o cimbras de 6"x6"x20

Fuente: Departamento de Geomecánica unidad minera Ticlio

2.6.8 Excavaciones temporales

Para el caso de estas labores asociadas al minado como acceso y tajeos en roca estéril o en mineral, en la siguiente tabla se presentan los estimados para el sostenimiento.

Se presentan los estimados para el sostenimiento de las labores de avance temporales para la sección 3.5 x 4.5 m.

Los pernos de roca a utilizarse en este caso deben ser del tipo *Split sets* de 7 pies de longitud y en terrenos muy malos es recomendable el uso de los pernos tipo *hydrabolts*.

Tabla 7. Sostenimiento para labores temporales (3.5 m – 4.5 m)

Dominio	RMR	Sostenimiento - labores temporales
DE-II	> 60	Pernos de comprensión de 7" puntuales u ocasionales
DE-III A	51-60	Malla electrosoldada + pernos de fricción a 2.0 a 1.50
DE- III B	41-50	Shotcrete 1.5" + pernos de comprensión 7" sistemáticos a 1.70 x 1.70 m o malla electrosoldada
DE- IV A	31-40	Shotcrete 1.5" + pernos de comprensión 7" sistemáticos a 1.50 x 1.50 m o malla electrosoldada + perno de comprensión a 1.50x1.50
DE- IV B	21-30	Shotcrete 2" + malla electrosoldada + pernos de comprensión de 7" sistemáticos a 1.30x1.30 m + Shotcrete 1"
DE- V	<21	Shotcrete 2" + malla electrosoldada + pernos de comprensión de 7" sistemáticos a 1.30x1.30 m + Shotcrete 2"

Fuente: Departamento de Geomecánica unidad minera Ticlio

2.6.9 Tajeos

En la mina *Ticlio*, el minado que se realiza es corte y relleno ascendente (*Breasting*) y por subniveles con taladros largos con uso de relleno detrítico, se han realizado los análisis para anchos de tajeos de 3.5 m y alturas de bancos

8.50 m. Los anchos de los tajeos vienen a ser el mismo ancho de los subniveles, consecuentemente la estabilidad del techo estará condicionada por la estabilidad de los subniveles. La estabilidad de los tajeos estará condicionada a la abertura expuesta de las cajas, es decir a la altura y longitud del tajo abierto, teniendo presente la calidad de la masa rocosa predominante de tipo IV A. (17)

En este sentido se ha realizado el análisis considerando estas calidades, cuyos parámetros obtenidos se encuentran resumidos.

Tabla 8. Dimensiones máximas de tajeos – longitud

SUBLEVEL STOPING (T.L)	UND	PARÁMETROS
Altura de Banco	m	8.5
Longitud Máxima Abertura (LMA)	m	15
Buzamiento de Estructura	°	≥ 70°
Altura de Subnivel Superior	m	4
Altura de Subnivel Inferior	m	4
Ancho del Subnivel	m	3.5
Longitud de Disparo	m	5
Pilares Costillas	m	2.0 - 2.5
Radio Hidraulico		3.9
Puente de Seguridad	m	5

Fuente: *ibídem*

A partir de ello se pueden establecer las dimensiones de tajeos según las condiciones geomecánicas que se presentan en cada veta y tajeo.

2.7 Reservas minerales

2.7.1 Método y cálculo de reservas minerales

El objetivo de la estimación de recursos es buscar la mejor estimación de ley y tonelaje de las estructuras mineralizadas y, en el proceso, determinar los errores probables de la estimación con cierto nivel de confianza. La estimación dependerá de la calidad, cantidad y distribución espacial de las muestras, así como también del grado de continuidad de la mineralización.

La estimación de recursos se inicia con la recopilación de los datos provenientes del muestreo de las perforaciones diamantinas de exploración y/o del muestreo de los canales en las galerías de explotación. Con esta información se inicia la interpretación geológica a partir de vistas en sección y en planta. Durante este proceso se consideran factores importantes como la alteración,

litología y los controles estructurales que nos ayudarán a la identificación de dominios importantes para realizar una estimación adecuada. Los resultados finales de la interpretación geológica son el sólido de la estructura mineralizada a ser estimada y el sólido de las unidades litológicas presentes en el yacimiento.

Luego de construir los sólidos de las estructuras mineralizadas se realiza el análisis exploratorio de los datos.

El análisis exploratorio de los datos se inicia con el análisis estadístico de los datos de muestreo a través de gráficos de cajas, histogramas, curvas de probabilidad, dispersión, contacto, etc. Este análisis se realiza con la información de muestreo original, la información acotada y la información compositada. Este proceso nos permite caracterizar estadísticamente la información, lo cual nos ayudará a documentar y entender la relación entre las variables, revelar y caracterizar la continuidad espacial de las mismas, identificar y definir dominios de estimación y, finalmente, identificar y caracterizar las muestras con valores extremos. Luego de concluido el análisis estadístico se procede a realizar un análisis geoestadístico. El análisis geoestadístico se soporta en los gráficos de variogramas, los cuales nos indican el alcance hasta donde las muestras guardan correlación entre ellas y por ende nos permiten encontrar la dirección preferencial de la mineralización. Este análisis se realiza en cada combinación entre las variables a estimar y los dominios de estimación establecidos. Luego de finalizar el análisis exploratorio de los datos se procede a elaborar el plan de estimación.

El plan de estimación establece la estrategia a seguir para la interpolación de las variables en el modelo de bloques. En él se establece cuáles serán los métodos de estimación, los rangos de búsqueda y limitaciones en la cantidad de compositos a utilizar. La selección del método de estimación dependerá del soporte y la cantidad de información disponible las cuales son medibles a través de indicadores como el efecto *pepita** y el coeficiente de variación.

Con el plan de estimación se procede a realizar la estimación de las leyes en los bloques a partir de la información de los compositos. Estas estimaciones son

validadas visualmente y a través de la revisión del sesgo local y global con el uso de gráficos de histograma, dispersión y *swath plot** nos indicará si es necesario realizar ajustes en los rangos de búsqueda y en el número de compositos utilizados.

Luego de realizada la estimación, la clasificación de recursos se realiza utilizando el criterio de la malla de perforación.

Los factores modificadores (*modifying factors*) nos sirven para realizar la transformación de recursos a reservas. Dichos factores están enmarcados dentro de estándares internacionales de declaración de reservas como el Código JORC o el NI – 43101.

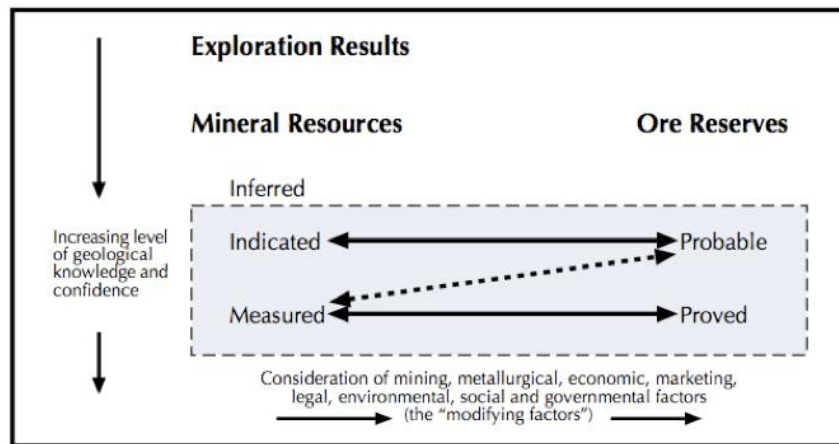


Figura 7. Diagrama de estimación de reservas
Fuente: Departamento de Planeamiento, unidad minera Ticlio

Los parámetros modificadores técnicos aplicados en el proceso de estimación de reservas se listan a continuación:

- Métodos de minado (*Mining*)
- Factores de dilución (*Mining*)
- Factores de recuperación (*Mining*)
- Precios de los metales (*Economic*)
- Términos comerciales (*Marketing*)
- Recuperación metalúrgica (*Metallurgical*)
- Factores NSR (*Economic*)
- NSR Revenue (*Economic*)

- NSR *Cut off (Economic)*
- Inaccesibilidad (*Mining*)

2.7.2 Mineral económicamente explotable

El modelo de bloques de recursos valorizado es ingresado a un software de optimización de tajos de minado MSO (*Minable Shape Optimizer*), el cual se encargará de aplicar todos los parámetros modificadores necesarios para estimar el mineral económico diluido que será obtenido producto de la explotación minera.

El proceso de optimización entrega unos sólidos de minado que genera el máximo margen económico posible a obtener y que podrá contener dentro del diseño, tanto recursos medidos e indicados como inferidos. Se muestra el estimado del Mineral Económicamente Explotable al 31 de diciembre del 2018.

Tabla 9. Mineral económicamente explotable

Categoría	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN %	PB%	AG(oz/t)	DIL (%)	V.P.T (US\$/t)
MEE Medido	3,613,794	3.13	4.22	6.18	1.73	2.2	41%	126.89
MEE Indicado	5,589,567	3.24	4.32	5.25	1.63	2.01	42%	123.22
Total MED+IND	9,203,362	3.2	4.28	5.62	1.67	2.08	42%	124.66
MEE Inferido	9,370,357	2.69	3.96	4.98	1.5	1.77	58%	119.11
Total general	18,573,719	2.94	4.12	5.3	1.58	1.93	50%	121.86

Fuente: Departamento de Planeamiento, unidad minera Ticlio

2.7.3 Inventario de recursos por tipo de estructuras

Los recursos minerales, medidos e indicados, estimados en la mina *Ticlio* provienen de dos tipos de estructuras: vetas y cuerpos. De dichos tipos de estructuras, las vetas representan un 86% con 6 804,746 t, los cuerpos un 14% con 525,864 t como se detalla.

Tabla 10. Inventario de recursos minerales por tipo de estructuras

Tipo de estructura	Tonelaje (t)	Distribución (%)
Vetas	6,804,746	86%
Cuerpo	525,864	14
Total	7,330,610	100%

Fuente: Departamento de Planeamiento unidad minera Ticlio

2.7.4. Reservas y recursos mineros

Las reservas minerales han sido establecidas bajo el código JORC (*Joint Ore Reserves Committee Code*) y normas internacionales NI43 – 101 (*National Instrument*) que consideran los métodos de minado que se maneja bajo las condiciones estructurales y geomecánicas que nos permitan realizar una explotación segura, de bajo costo con alta productividad. Se indica un inventario de Reservas Minerales al 31 de diciembre del 2018 en la unidad minera de Ticlio según las modificaciones en los objetivos planteados en este año.

Tabla 11. Reservas y recursos mineros de mina Ticlio

Categoría	TMD (t)	A.V(m)	A.M(m)	ZN %	PB%	AG(oz/t)	DIL (%)	V.P.T(US\$/t)
Probado	3,666,318	3.22	4.02	6.13	1.74	2.21	40%	121.11
Probable	5,985,304	3.36	4.25	5.00	1.55	1.93	43%	138.75
Total	9,651,622	3.29	4.14	5.57	1.65	2.07	42%	129.93

Fuente: Departamento de Planeamiento, unidad minera Ticlio

2.8 Método de minado

2.8.1 Corte y relleno ascendente “Over Cut and Fill” (Breasting)

Este método se aplica en las vetas que presentan un buzamiento menor a 50°, también es posible aplicar para buzamientos mayores solo si la calidad de rocas de las cajas no permite el minado por taladros largos.

El corte y relleno ascendente (*Over Cut and Fill*) se caracteriza en hacer rebanadas horizontales de 100 m de longitud con alturas de corte variables entre 3 m a 4.5 m; dependiendo de la potencia de veta (consideradas de 3 m a 10 m de ancho).

Lo relevante de la aplicación de este método, en la mina Ticlio está en la perforación horizontal (*breasting*); es decir, que después de realizar un corte, continúa la etapa de relleno hidráulico, habilitando como luz o cara libre para el siguiente corte, cincuenta centímetros. Dos frentes simultáneos, a los cuales se accede por medio de un brazo (Acceso o rampa basculante), situada en la parte central del tajo a minar.

Las labores de desarrollo y preparación establecidas para este método y en línea con nuestro diseño. Se realiza en el nivel base un *by pass* o rampa de 4.0 m X 4.50 m, de sección paralela a la mineralización económica de la veta, con distanciada entre 75 a 90 m.

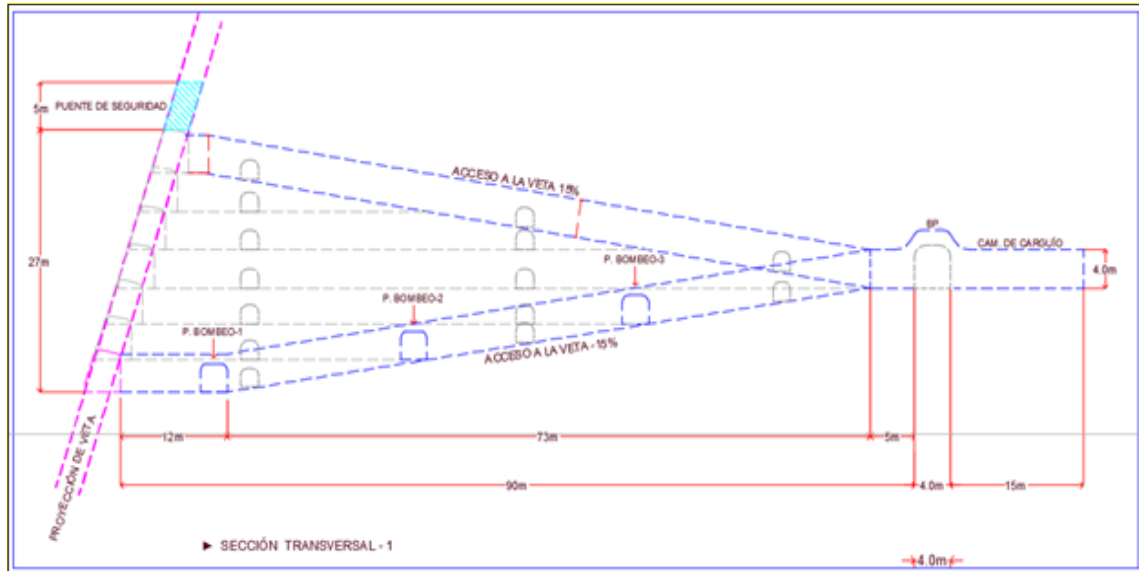


Figura 8. Esquema método de minado over cut and fill (breasting) - acceso a la zona de Ariana
Fuente: elaboración propia

Este nivel base sirve de inicio a la rampa positiva de 4.0 m x 4. 5 m de sección. El objetivo de la rampa es acceder a los niveles superiores o inferiores según sea el caso, con gradiente de (+) 13% o (-) 13% en los tramos rectos y (+) 10% o (-) 10% en las curvas. A una determinada altura se realiza un nuevo *by pass*; con el objetivo de dar mejor accesibilidad al largo de la veta en los diferentes puntos. Donde se encuentre la mejor concentración de mineral y/o ley, con una labor llamada Acceso o Rampa Basculante de 4.0 m x 4.0 m de sección y una longitud entre 75 a 90 m. Con una inclinación de -15%. Además, se tiene accesos que se inician en la rampa en una altura determinada.

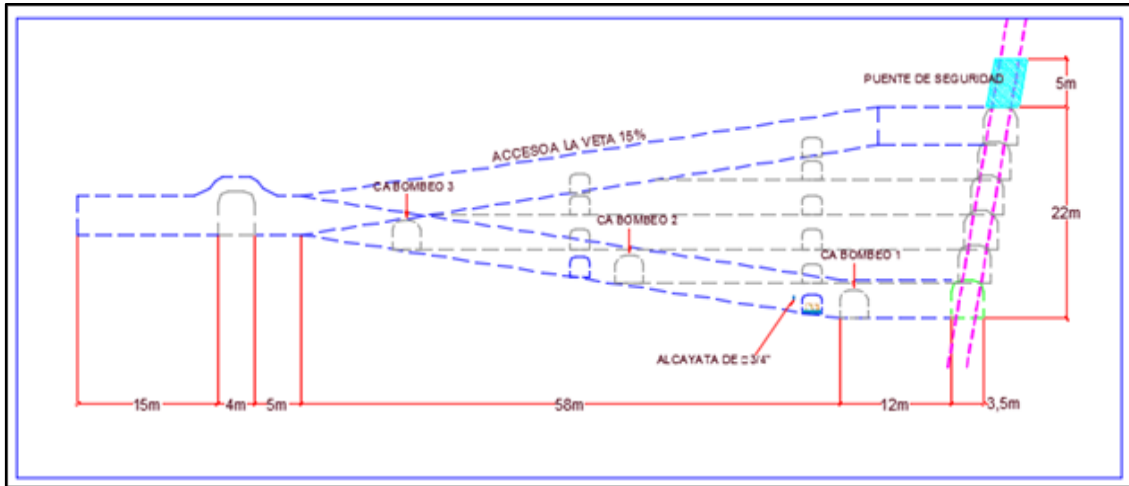


Figura 9. Esquema método de minado over cut and fill (breasting) – acceso a la zona Ariana
Fuente: elaboración propia

Este acceso o rampa basculante es la que permite el ingreso a la veta y explotación de esta: el siguiente paso es la etapa de relleno detrítico para luego ser pivoteado (desquinche con cara libre) con gradiente 0.5% a 15% como máximo. E ingresar en un siguiente corte y continuar con el ciclo de explotación.

Por las características propias de nuestro yacimiento no es posible hacer chimeneas *raise borer* (6' – 7' Ø) de servicio o ventilación en la misma veta: estas se realizan en las rampas y/o *by pass*, es por ello que nuestro método de explotación contempla una ventilación forzada inyectando aire fresco a través de ventiladores y extrayendo los gases producto de la voladura con ventiladores enseriados.

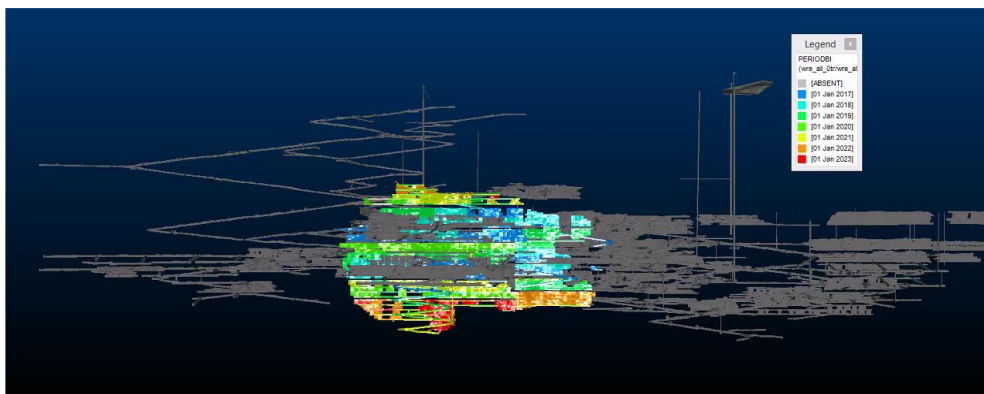


Figura 10. Secuencia gráfica de explotación zona de Ariana
Fuente: Departamento de Planeamiento, unidad minera Ticlio

2.8.2 Forma de explotación zona Ariana y Rp 714

El método de explotación que se empleó es de *Sublevel Stopping*, parte a parte teniendo un desarrollo de rampas, *by pass* y ventanas.

2.8.2.1 Perforación

El equipo de perforación para frentes con la que cuenta la mina *Ticlio* y la que se emplea para avances de rampas, *bypass*, ventanas, etc. es un jumbo de la marca *Sandvick*, el DD210.

El jumbo electrohidráulico DD210 está capacitado para desarrollar secciones de hasta 24 m². El giro del boom está diseñado para cubrir una rotación de 360 grados.

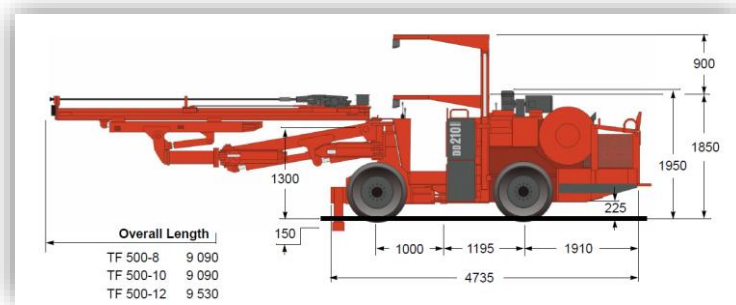


Figura 11. Equipo de perforación
Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Ficha técnica de equipo de perforación

PERFORADORA HL 510 S	
MODELO	HL 510 S - 38
SHANK	R 38 - T 38
PESO	130kg
FRECUENCIA DE IMPACTO	59 Hz
PRESION DE PERCUSION	120-175 bar
POTENCIA	11-16 w

Fuente: elaboración propia

2.8.2.2 Voladura

La voladura se inicia con la correcta limpieza del piso y los taladros de arrastre con aire comprimido y el drenaje de agua acumulada, de acuerdo al protocolo de voladura, los taladros se cargan con cartuchos de *Emulnor 3000* con sistema de iniciación no eléctrico.

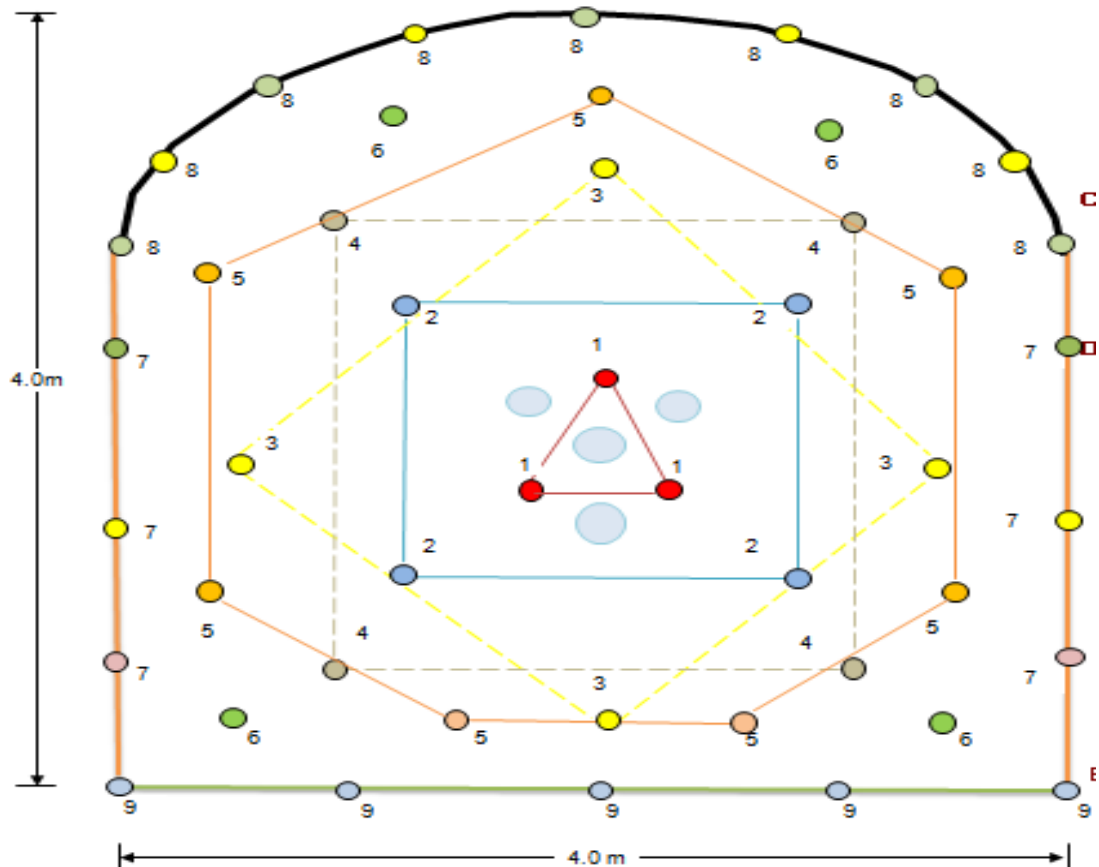


Figura 12. Malla de perforación estándar 4.0 m x 4.0 m
Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Número de taladros perforados/cargados estándar 4.0 m x 4.0 m

VOLADURA									
Secuencia de Salida	Distribución de Taladros	Taladros		Explosivos					Peso Explosivos (Kg)
		Cargados	Vacíos	Emulnor 3000			Anfo	Total	
				1 X 7"	1 1/2 X 12"	1 1/4 X 8"			
1	Arranque	3	4	0	6	0	8.64	10.98	10.98
2	1ra. Ayuda	4	0	0	0	4	8	8.712	8.71
3	2da. Ayuda	4	0	0	0	4	8	8.712	8.71
4	3ra. Ayuda	4	0	0	0	4	8	8.712	8.71
5	Ayuda	7	0	0	0	6	14	15.07	15.07
6	Cuadradores	4	0	0	0	4	8	8.712	8.71
7	Hastiales	4	2	10	0	4	4	5.752	5.75
8	Corona	5	4	25	0	5	0	3.49	3.49
9	Arrastre	5	0	0	10	0	15	18.9	18.9
	Total	40	10	35	16	31	73.64	89.04	89.04

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Distribución de carga explosiva

ACCESORIOS DE VOLADURA		
Carmex 2.10 m	2	Pieza
Fanel Ip 4.80 m	34	Pieza
Fanel MS 4.8 m	3	Pieza
Pentacord 3P m	15	Metro

Fuente: elaboración propia

2.8.2.3 Acarreo

La mina *Ticlio* cuenta con equipos *Scoops* que cumplen con la función de carga, acarreo y descarga.

Se trata de un *Scoop* fabricado por la empresa *Caterpillar* RG 1600 de 6 yd³. Su campo de acción es frecuentemente la limpieza de los frentes.

- Ancho 2664 mm
- Ancho entre neumáticos 2400 mm
- Tolerancia de ancho para conducir 3400 mm
- Altura del *Scoop* 2400 mm
- Altura hasta la parte superior del capo 1895 mm
- *Overall Height - Bucket* 2207 mm
- *Bucket Pin Height at Max* 3752 mm
- *Dump Clearance at Maximum* 5168
- Longitud total 9707 mm
- *Wheelbase* 3536 mm
- *Ground Clearance* 344 mm

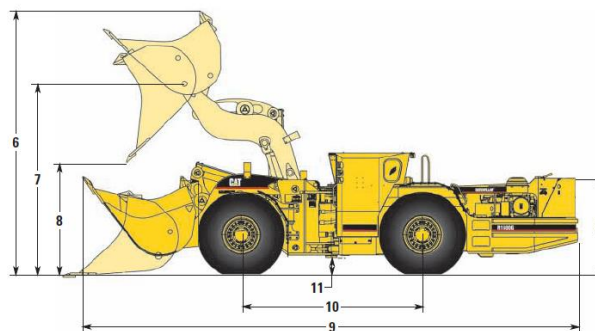


Figura 13. Scoop fabricado por la empresa Caterpillar rg 1600 de 6 yd³
Fuente: elaboración propia

A. Tiempo de cuchareo

Es el tiempo que utiliza el *scoop* en levantar el material, depende de la habilidad del operador y también de las condiciones en la que se encuentra la ruma de mineral, es decir, el tamaño de los bloques. Un bloque grande genera una demora en el levantamiento.

B. Tiempo de ida

Es el tiempo que utiliza la máquina para desplazarse y trasladar el material hacia la cámara de carguío donde se encuentra el camión. Contiene también lo que se llamaría tiempo de giro.

C. Tiempo de descarga

Es el tiempo en el que el *scoop* descarga el material sobre la tolva, suele ser también que cuando está lleno el camión darle una especie de planchado con la cuchara.

D. Tiempo de vuelta

Es el tiempo en el cual el *scoop* regresa al lugar de limpieza.

4.3.1.3.1 Cálculo de datos

$$\text{Eff.Operador} = \frac{\text{TOperación} - \text{TMuertos}}{\text{TOperación}}$$

Eff.Operador	0.75
Disp. Mecánica	0.85

$$\text{Prod.Horaria} = \frac{60 * \text{Disponibilidad Mecánica} * \text{Eff.Operador}}{\text{Ciclo de Limpieza/viaje}}$$

Producción horaria	8.94	Viajes/Hora
Factor de carga	0.90	
Densidad de mineral	2.40	Ton/m ³
Producción horaria	89	Ton/Hora

2.8.2.4 Transporte

La mina *Ticlio* actualmente cuenta con una flota de volquetes convencionales que son los responsables del traslado de mineral de las cámaras de carguío que se encuentran en interior de mina hacia la “Cancha de acumulación en superficie”, realizando un ciclo que comprende desde el estacionamiento de los camiones en el nivel mismo hasta el retorno del camión, luego de haber dejado la carga.

Los camiones que prestan este servicio pertenecen a la E.E., haciendo un total de 12 unidades. Teniendo en cuenta el mantenimiento que se le da a los camiones, aproximadamente, trabajan 11 unidades por día teniendo una en *stand by*. Los equipos en su mayoría son volquetes marca Volvo FMX 440 6x4R.

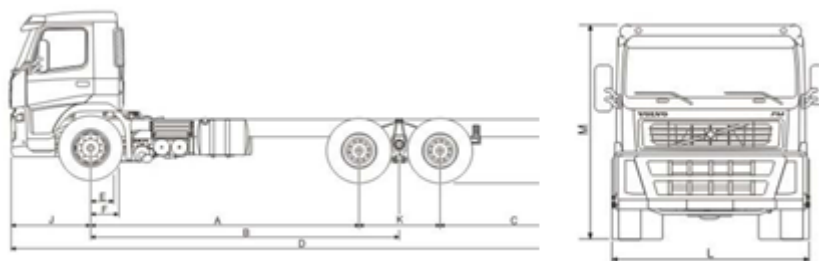


Figura 14. Volvo fmx 440 6x4r
Fuente: Manual Volvo Perú

Para que no se vea ninguna para en los trabajos diarios, se realiza una coordinación oportuna en los repartos de guardia tanto de primera guardia como de media guardia.

Esta zona de avance se desarrolla en 9 subniveles con una altura promedio de 15 a 20 metros según el diseño de planeamiento y modelamiento de las zonas a explotar de parte de geología, todos los subniveles estarán integrados por una rampa principal de una extensión de 500 metros, teniendo una gradiente negativa de 13%, estando planificadas las chimeneas con el sistema *Raise borer* que lo desarrolla la E.E. *Master drill*, con un diámetro de 2.0 metros, aprovechándola como servicios y ventilación.

2.8.2.5 Ventilación

La ventilación tipo mecánica, para lo cual se cuenta con cuatro extractores principales a través de chimeneas RB con ventiladores de 150,00 CFM & 200,000 CFM. El ingreso de aire es través de la rampa Galera, rampa *Ticlio*, pique Juventud y nivel 5.

2.8.2.6 Sostenimiento

El sostenimiento como parte importante del minado es indispensable en todas sus variantes; para llevar a cabo el sostenimiento se hacen evaluaciones geomecánicas del tipo de roca y se procede al mismo. El cumplimiento del

planeamiento es muy importante y contar con los recursos necesarios hace que esta actividad sea la adecuada para cada tipo de roca.

2.8.2.7 Relleno

El relleno de mina es con material detrítico (desmante), más relleno hidráulico, introducida a las aberturas dejadas por los tajos de explotación, mediante un relleno gravitacional del detrítico y mediante bombeo hidráulico.

El relleno del tipo detrítico provendrá de las labores de desarrollo y preparación hechas en roca estéril el cual será acumulado en las cámaras de desmante cercanas a los tajeos, y transportado hacia el tajo mediante los *scoops* de 6 yd³, el relleno detrítico tendrá la función de cubrir el espacio vacío generado por efecto de la extracción del mineral para darle estabilidad a las cajas.

El relleno hidráulico da una mayor resistencia debido a los finos que rellenan los vacíos dejados por el relleno detrítico, obteniendo una mayor compactación, favoreciendo al tránsito de equipos pesados, obteniendo una mejor estabilidad del entorno.

2.8.2.8 Preparación

Se toma como punto de partida el Túnel Galera para el acceso de los vehículos y equipos *trackles* teniendo el túnel una sección de 4.0 m x 4.0 m, teniendo una malla de perforación de 40 taladros, 37 taladros cargados y 3 taladros de alivio, siendo el diámetro de 45 mm de los taladros cargados.

Siendo los subniveles preparados en una sección de 4.0 m x 4.0 m, estando sujeto al ancho del cuerpo según determine el contorneo geomecánico.

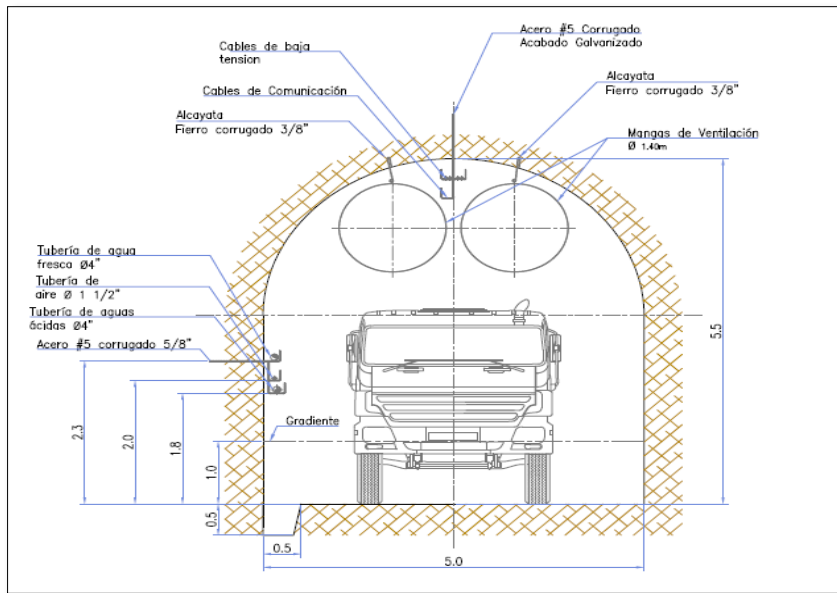


Figura 15. Sección típica de labores tipo arco preparación
Fuente: Departamento de Planeamiento, unidad minera Ticlio

Tabla 15. Datos técnicos preparación

Datos técnicos preparación	
Rampa metros	500
Gradiente	-13%
Radio de curvatura mínima	10 m
Radio de curvatura mínima	20 m
Sección de la rampa	4.0 m x 4.0 m
Cuneta	0.40 m x 0.40 m
Cámaras de volteo	4.0 m x 4.0 m

Fuente: elaboración propia

2.8.2.9 Seguridad

En el año 2012 se realizó la evaluación de la Cultura de Seguridad de *Volcan* por la empresa consultora DuPon, obteniendo un resultado de Cultura Dependiente. En ese entonces se contaba con el OSHAS 18001. El año 2013 se inició a reestructurar el sistema de Gestión de Seguridad, creando un sistema propio en base a los 4 pilares soportados por 9 temáticas, tal como se presenta. Por otro lado, también se conformaron los comités operativos nivel IV de: mina, planta, mantenimiento, proyectos y soporte. Nivel III de la unidad, quienes son los responsables de gestionar los 12 riesgos críticos y las 9 temáticas.

De acuerdo a la última evaluación para fines de diciembre del año 2014 iniciamos una Cultura Independiente, para elaborar el Plan de Acción de Cambio

de Cultura se hizo el análisis sobre los resultados estadísticos obtenidos en el 2012: estadística de accidentes y sus indicadores como frecuencia, severidad y accidentabilidad, estadística de incidentes críticos y no críticos, estadística de conductas peligrosas, IPER línea base referencial, riesgos operacionales con sus controles, incidentes de diferente gravedad, estadística de auditorías comportamentales, finalmente la estadística de enfermedades ocupacionales, para plasmar este diagnóstico se utiliza la curva *Bradley*,

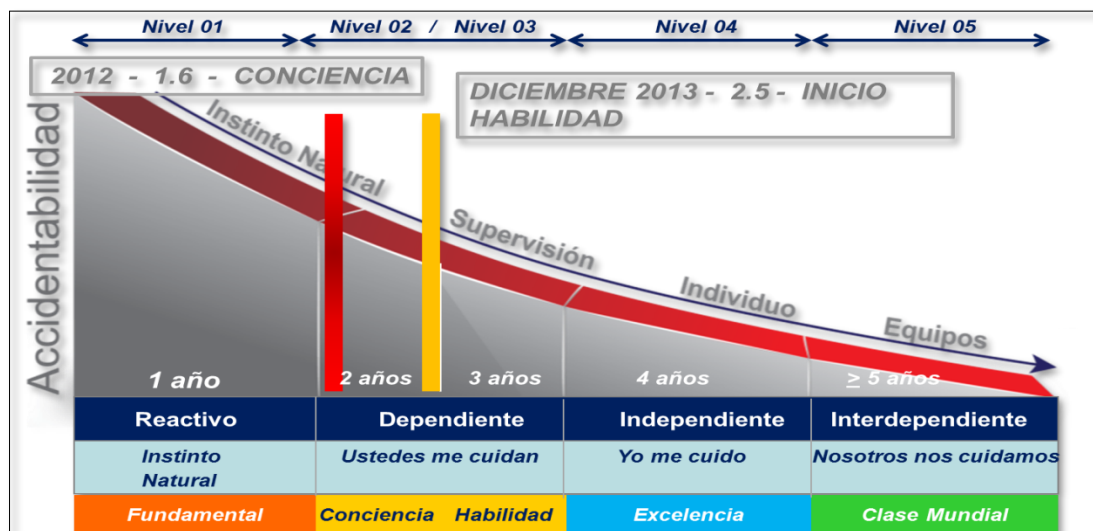


Figura 16. Sistema integrado de gestión
Fuente: Departamento de Seguridad Volcan

2.9 Análisis del macizo rocoso – zona Ariana y RP- 714

2.9.1 Geomecánica del macizo rocoso. Zona Ariana

La caja techo presenta un tipo de roca pobre siendo (60%) teniendo un rango de 40-45 RMR, siendo descrita como una Diorita fuertemente fracturada y alterada (50-80%), teniendo también la caja techo, está definida como el contacto entre la mineralización y no mineralización del macizo rocoso.

Tabla 16. Criterio para la clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Calidad según RMR
II	> 60	Buena
IIIA	51 – 60	Regular A
IIIB	41 – 50	Regular B
IVA	31 – 40	Mala A
IVB	21 – 30	Mala B
V	< 21	Muy Mala

Fuente: MYSRL

Tabla 17. Recomendados para el sostenimiento por tipo de roca

Dominio Estructural	Elemento	Parámetros	Sostenim. Recomen.
DE-IIIA	Pernos	Longitud (m)	2.1
		Espaciamiento (m)	1.8
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	-
Resist. Compresiva (MPa)		-	
DE-IIIB	Pernos	Longitud (m)	2.1
		Espaciamiento (m)	1.3
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	50
Resist. Compresiva (MPa)		25	
DE-IVA	Pernos	Longitud (m)	2.1
		Espaciamiento (m)	1.0
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	50
Resist. Compresiva (MPa)		35	
DE-IVB	Pernos	Longitud (m)	2.4
		Espaciamiento (m)	1.0
		Diámetro (mm)	22
	Shotcrete	Espesor (mm)	100
Resist. Compresiva (MPa)		35	

Fuente: MYSRL

- Caja techo = diorita
- RMR 40 A 45
- GSI 30-35

El macizo rocoso de la mineralización es aparentemente mejor que la caja techo.

- Mineral
- RMR 50-55
- GSI 30-35

La caja piso está compuesta por caliza que va de moderada a fuertemente fracturada, teniendo un rango de RMR 35-55.

- Caja piso = caliza
- RMR 35-55
- GSI 40

2.9.2 Tipo de sostenimiento zona Ariana

En las zonas de desarrollo y preparación de los diferentes niveles de la zona de Ariana se realiza la recomendación de geomecánica.

Tabla 18. Tipo de sostenimiento zona de Ariana

Tipo de sostenimiento zona de Ariana
Shotcrete 2" + perno de anclaje sistemáticos a 1.2m x 1.2m o 1.5m x1.5m
Shotcrete2" + malla + pernos sistemáticos + Shotcrete

Fuente: elaboración propia

2.9.3 Geomecánica del macizo rocoso. Rp 714

La Rp 714 se halla dentro de roca intrusiva denominada Diorita en la cual presenta mayor rango que implica un laboreo en los Tj 897 de la Gal 520 en el subnivel 745, teniendo entre roca regular y pobre, desarrollando las labores en *breasting*.

- Caja techo = diorita
- RMR 45 A 48
- GSI 40
- Mineral veta
- RMR 45-55
- GSI 40
- Caja piso = diorita

- RMR 40-45
- GSI 41

Tabla 19. Tipo de sostenimiento zona RP 714

Tipo de sostenimiento zona RP 714
Shotcrete 2" + perno <i>split set</i> sistemáticos a 1.2 m x 1.2 m
Shotcrete 2" + malla + pernos sistemáticos + Shotcrete

Fuente: elaboración propia

2.10 Definición de términos básicos

a. Optimización

Es encontrar la mejor solución posible entre dos o más alternativas, buscando el mejor modelo de ajustes y organización para obtener un resultado de calidad. (5)

b. Control del avance

El avance de un proyecto se evalúa controlando cuánto se ha producido y qué cantidad de recursos se ha invertido en un determinado periodo de tiempo, calculando así los rendimientos obtenidos. Los controles de producción son herramientas que permiten evaluar recursos, producción y plazos dentro de un proyecto. El control de producción también está relacionado al avance en este caso, lo cual permitirá comparar lo planificado y presupuestado con la realidad del proyecto.

El trabajo de planeamiento se realiza sobre la base de datos de otros proyectos similares, los informes de producción muestran la realidad en que se encuentra el proyecto, por esto, los rendimientos reales obtenidos en el campo permiten evaluar la eficiencia de los trabajos realizados; permitiendo así detectar áreas problemáticas en rendimientos y plazos; entonces, una vez descubiertos los aspectos negativos se podrá tomar las medidas correctivas necesarias, dando como resultado proyectar rendimientos futuros y a reprogramar la duración del proyecto y el requerimiento de recursos. (6)

c. Sistema de bombeo

Tiene como objeto elevar la presión del fluido térmico para vencer la resistencia que opondrá el circuito a su circulación. Las presiones de trabajo deben ser tales que se garanticen en todo momento que el fluido permanece en estado líquido y que no hay vaporización. (7)

d. Altura estática

La energía de elevación o energía potencial Z , en un líquido es medido en metros (m), la carga estática total de un sistema es la diferencia de elevación entre el nivel del líquido en la descarga y el nivel del líquido en la succión verticalmente por encima o debajo de la línea centro de la bomba. El líquido por encima de la línea centro de las bombas tiene una energía potencial positiva y por debajo de esta, negativa. (7)

e. Equipo de bombeo

Es un transformador de energía mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc. Y la convierte en energía, que un fluido adquiere en forma de presión, de posición y de velocidad. (7)

f. Bombeo de agua

Es una máquina hidráulica cuyo funcionamiento se basa en el principio de Bernoulli, según el cual, en un fluido ideal sin viscosidad, ni rozamiento, es incompresible que se encuentre en circulación por un conducto cerrado, su energía permanece constante en cada punto de su recorrido. (7)

g. Bombeo hidráulico

Sistema de levantamiento artificial que funciona con una bomba de fondo de pozo. Una bomba **hidráulica** de superficie presuriza el petróleo crudo llamado petróleo motriz, que hace funcionar la bomba inferior. (7)

h. Altura de fricción

Es la carga equivalente expresada en metros (m) del líquido bombeado, que es necesaria para vencer las pérdidas de fricción causadas por el flujo del líquido a través de la tubería, incluyendo todos los accesorios. (7)

i. Caudal constante

El punto de operación de una bomba se obtiene cuando la carga generada por la misma coincide con la que precisa el sistema de bombeo.

El punto de operación se obtiene en la intersección de la curva (carga vs caudal) de la bomba correspondiente al diámetro de operación y la curva del sistema. Al trazar una línea horizontal y otra vertical que pase por este punto pueden obtenerse los valores de carga, caudal, eficiencia y NPSH. (7)

j. Altura de velocidad

Es la energía cinética en un líquido en cualquier punto, puede calcularse con la ecuación $h_v = \frac{v^2}{2g}$ (m). (7)

k. Tuberías

Son las conducciones metálicas de sección transversal circular, a través de las cuales circula el líquido. (7)

l. Selección de bombas

Tal vez el mayor problema con que se encuentra un ingeniero al diseñar un sistema de bombeo es la elección de la clase, tipo, capacidad, columna y detalles de la bomba o bombas que habrán de usarse en un sistema. Existe variedad de bombas útiles y tantas aplicaciones posibles para cada una de ellas, que generalmente es difícil reducir el grupo de elección a una unidad específica. (7)

m. Rendimiento

Es la proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados. (6)

n. Seguridad

En minería es el control de pérdidas accidentales.

o. Productividad

La productividad en minería es sinónimo de mecanización, reemplazando la labor manual con máquinas sofisticadas. Así mismo, este término es un indicador

de gestión (TM/hombre-gdía) que mide la producción en TM y los recursos utilizados (hombre-gdía), también esta productividad debe estar enmarcada en valores (US\$). Tenemos dos tipos de productividad (6):

- Productividad física (producción / recursos)
- Productividad real (Valor de producción / valor de recursos)

p. PETS

Son las abreviaturas de: procedimiento escrito de trabajo seguro; esta se elabora para una determinada actividad e indica los pasos a seguir en un determinado trabajo con la finalidad de hacerlo eficientemente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza los conocimientos de trabajos ya realizados y comprobados, sistema de bombeo, mejora de la productividad y mayor eficiencia en el ciclo de minado. Con esto, se trata de dar a conocer la relación que existe entre un buen sistema de bombeo y la eficiencia en las actividades de preparación y desarrollo.

3.2 Nivel de investigación

Es de nivel explicativo, ya que trata de exponer la relación e influencia que existe entre un adecuado sistema de bombeo, con el sistema técnico económico de avance y el costo unitario de las actividades de preparación y desarrollo.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo porque se dedica a recolectar, ordenar, analizar y presentar un conjunto de datos, con el fin de describir apropiadamente las características de un estudio y las actividades del sistema de mejoramiento en el sistema de bombeo subterráneo.

El diseño de investigación consistió en realizar acopio de data y trabajos anteriores en el sistema de bombeo.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población está constituida por toda la zona de profundización en la veta Ariana en la unidad minera *Ticlio*.

3.4.2 Muestra

La muestra será determinada por la siguiente fórmula.

$$n = \frac{(Z^2) \left(\frac{a}{2}\right) PxQxN}{e^2(N - 1) + Z^2xaxPxQ}$$

Donde:

Z: nivel de confianza 95%, valor estándar 1.96

P: proporción de áreas influyentes en el estudio (P=0.90)

Q: proporción de áreas poco influyentes en el estudio (Q=0.10)

N: número de labores (N=4)

a: nivel de significancia (a=0.05)

e: error muestral (e=5%)

n: tamaño óptimo de la muestra

Reemplazando se tiene:

$$n = \frac{(1.96^2) * \left(\frac{0.05}{2}\right) * 0.9 * 0.1 * 4}{0.05^2 * (4 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.9 * 0.1} = 1.4$$

$$n = 2$$

La muestra está compuesta por la rampa Ariana y rampa 714 en la veta Ariana en la unidad minera *Ticlio*.

3.5 Técnicas de recolección de datos

3.5.1 Técnicas

La observación directa consiste en percibir las condiciones del sistema de bombeo de la mina y el registro *in situ* que se realiza en las labores de trabajo y zonas de profundización.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron:

- Equipo de monitoreo de gases
- Distanciómetro
- Libreta de apuntes
- Protocolos de sistema de bombeo

3.6 Procedimiento de recolección de datos

La información recolectada se procesa en la hoja de datos Excel obteniendo los promedios y cálculos que se plasman finalmente en cuadros y tablas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Sistema de drenaje

El sistema de bombeo desarrollado en la unidad minera *Ticlio* tiene como objetivo evacuar el agua de interior mina hacia superficie, permitiendo que se cumpla de esta manera la ejecución de los programas de producción y avances. Actualmente en la unidad minera *Ticlio* se vierte un caudal total de 675 l/s, donde 75 l/s son vertidos por el nivel 5; 600 l/s por el túnel Galera, donde toda el agua es conducida hacia la planta de tratamiento en superficie.

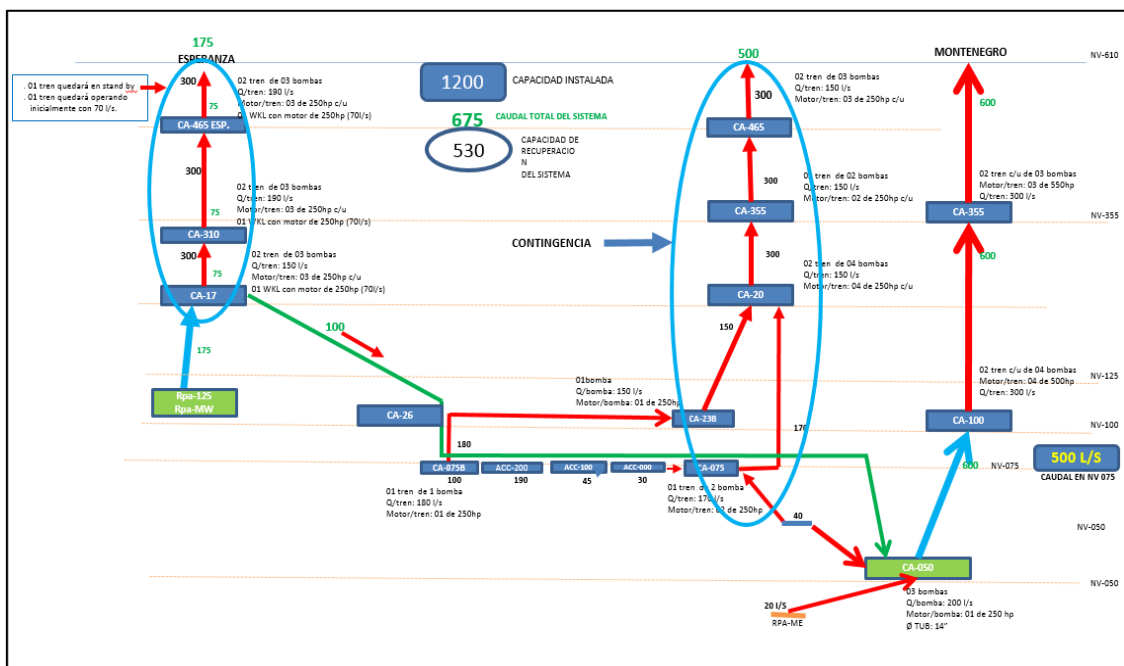





Figura 17. Resumen del sistema de bombeo de la unidad minera Ticlio
Fuente: Departamento de Planeamiento de la unidad minera Ticlio

Tabla 20. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 4" con presencia de agua
TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO

BOMBEO DE RAMPA PROFUNDIZACION MINA TICLIO VOLCAN					
CON FACTOR INFLUYENTE - PRESENCIA DE AGUA					
DETERMINACION DE PERDIDAS Y ESTIMACION DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DE BOMBEO					
DATOS		ZONA DE ARIANA			
Longitud de tubería(mts)	L = 200				
Gravedad específica	S = 1,08				
Caudal en lt /seg	Q = 58,4				
Coefficiente de rugosidad de Hazen Williams	C = 150	C de HDPE = 150			
Diametro Interior (mm)	d = 93,52	C de Fe = 155			
Altura estática en metros	He = 20	hdpe			
Accesorios:					
	Cant	FITTING	Ø tubería(mm)	Long. Equivalente(m)	
	1	Tee (ingreso por lateral)	93,522	1,87	
	0	Tee (salida por lateral)	93,522	0,00	
	5	Codo de 90°	93,52	14,03	
	1	Codo de 60°	93,522	2,34	
	0	Codo de 45°	93,522	0,00	
	1	"Y" a 45°	93,522	5,61	
	1	Valvula de Globo convencional (Abierta Completamente)	93,522	32,73	
	0	Valvula de ángulo convencional (Abierta Completamente)	93,522	0,00	
	1	Valvula de compuerta convenciona (Abierta Completamente)	93,522	1,40	
	0	Valvula mariposa convencional (Abierta Completamente)	93,522	0,00	
	1	Valvula Check convencional (Abierta Completamente)	93,522	9,35	
			Total	67,34	
RESULTADOS					
Longitud Equivalente de accesorios(m)	Lea = 67,34				
Altura de pérdidas (m)	Hp = 158,57				
Altura Dinamica Total	ADT (m) = 178,57				
Altura Dinamica Total	ADT (psi) = 254,11		válvula check		
ESTIMACION DE LA POTENCIA DE LA BOMBA					
Factor Corr. Altura		0,95	4.800 msnm	15° C	
Eficiencia asumida(%)	N =	85%		ver tabla curva bomba	
Potencia de la Bomba(HP)	P =	177	0 msnm	186	Mina



Fuente: elaboración propia

Tabla 21. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 4" sin presencia de agua

TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO			
BOMBEO DE RAMPA PROFUNDIZACION MINA TICLIO VOLCAN			
DETERMINACION DE PERDIDAS Y ESTIMACION DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DE BOMBEO			
DATOS	ZONA DE ARIANA		
Longitud de tubería(mts)	L = 200		
Gravedad específica	S = 1.08		
Caudal en lt /seg	Q = 20		
Coefficiente de rugosidad de Hazen Williams	C = 150	C de HDPE = 150	
Diametro Interior (mm)	d = 93.52	C de Fe = 155	
Altura estatica en metros	He = 20	hdpe	
Accesorios:			
	Cant	FITTING	Ø tubería(mm)
	1	Tee (ingreso por lateral)	93.522
	0	Tee (salida por lateral)	93.522
	5	Codo de 90'	93.52
	1	Codo de 60'	93.522
	0	Codo de 45'	93.522
	1	"Y" a 45'	93.522
	1	Valvula de Globo convencional (Abierta Completamente)	93.522
	0	Valvula de ángulo convencional (Abierta Completamente)	93.522
	1	Valvula de compuerta convencic (Abierta Completamente)	93.522
	0	Valvula mariposa convencional (Abierta Completamente)	93.522
	1	Valvula Check convencional (Abierta Completamente)	93.522
		Total	67.34
RESULTADOS			
Longitud Equivalente de accesorios(m)	Lea = 67.34		
Altura de perdidas (m)	Hp = 21.79		
Altura Dinamica Total	ADT (m) = 41.79		
Altura Dinamica Total	ADT (psi) = 59.47		válvula check
ESTIMACION DE LA POTENCIA DE LA BOMBA			
Factor Corr. Altura	N = 0.80	4,800 msnm	15° C
Eficiencia asumida(%)	P = 80%		ver tabla curva bomba
Potencia de la Bomba(HP)	19	0 msnm	Mina


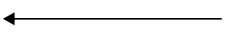

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 6" con presencia de agua

TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO			
BOMBEO DE RAMPA PROFUNDIZACION MINA TICLIO VOLCAN			
CON FACTOR INFLUYENTE - PRESENCIA DE AGUA			
DETERMINACION DE PERDIDAS Y ESTIMACION DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DE BOMBEO			
DATOS		ZONA DE ARIANA	
Longitud de tubería(mts)	L = 200		
Gravedad específica	S = 1.08		
Caudal en lt /seg	Q = 58.4		
Coefficiente de rugosidad de Hazen Williams	C = 150	C de HDPE	150
Diametro Interior (mm)	d = 137.70	C de Fe = 155	
Altura estatica en metros	He = 20	hdpe	
Accesorios:			
Cant	FITTING	Ø tubería(mm)	Long. Equivalente(m)
1	Tee (ingreso por lateral)	137.7	2.75
0	Tee (salida por lateral)	137.7	0.00
5	Codo de 90°	137.70	20.66
1	Codo de 60°	137.7	3.44
0	Codo de 45°	137.7	0.00
1	"Y" a 45°	137.7	8.26
1	Valvula de Globo convencional (Abierta Completamente)	137.7	48.20
0	Valvula de ángulo convencional (Abierta Completamente)	137.7	0.00
1	Valvula de compuerta convencioni (Abierta Completamente)	137.7	2.07
0	Valvula mariposa convencional (Abierta Completamente)	137.7	0.00
1	Valvula Check convencional (Abierta Completamente)	137.7	13.77
Total			99.14
RESULTADOS			
Longitud Equivalente de accesorios(m)	Lea = 99.14		
Altura de pérdidas (m)	Hp = 27.01		
Altura Dinamica Total	ADT (m) = 47.01		
Altura Dinamica Total	ADT (psi) = 66.90		válvula check
ESTIMACION DE LA POTENCIA DE LA BOMBA			
Factor Corr. Altura		0.95	1,800 msnm 15° C
Eficiencia asumida(%)	N =	85%	← ver tabla curva bomba
Potencia de la Bomba(HP)	P =	47	0 msnm 49 Mina

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Pérdidas de caudal por conexiones con tubería de 6" sin presencia de agua

TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO			
BOMBEO DE RAMPA PROFUNDIZACION MINA TICLIO VOLCAN			
ZONA DE PROFUNDIZACION			
DETERMINACION DE PERDIDAS Y ESTIMACION DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DE BOMBEO			
DATOS		ZONA DE ARIANA	
Longitud de tubería(mts)	L = 200		
Gravedad específica	S = 1,08		
Caudal en lt /seg	Q = 20		
Coefficiente de rugosidad de Hazen Williams	C = 150	C de HDPE = 150	
Diametro Interior (mm)	d = 137,70	C de Fe = 155	
Altura estática en metros	He = 20	hdpe	
Accesorios:			
	Cant	FITTING	Ø tubería(mm)
			Long. Equivalente(m)
	1	Tee (ingreso por lateral)	137,7
	0	Tee (salida por lateral)	137,7
	5	Codo de 90°	137,70
	1	Codo de 60°	137,7
	0	Codo de 45°	137,7
	1	"Y" a 45°	137,7
	1	Valvula de Globo convencional (Abierta Completamente)	137,7
	0	Valvula de ángulo convencional (Abierta Completamente)	137,7
	1	Valvula de compuerta convencional (Abierta Completamente)	137,7
	0	Valvula mariposa convencional (Abierta Completamente)	137,7
	1	Valvula Check convencional (Abierta Completamente)	137,7
		Total	99,14
RESULTADOS			
Longitud Equivalente de accesorios(m)	Lea = 99,14		
Altura de pérdidas (m)	Hp = 3,71		
Altura Dinamica Total	ADT (m) = 23,71		
Altura Dinamica Total	ADT (psi) = 33,74		válvula check
ESTIMACION DE LA POTENCIA DE LA BOMBA			
Factor Corr. Altura	N =	0,80	4.800 msnm 15° C
Eficiencia asumida(%)		80%	 ver tabla curva bomba
Potencia de la Bomba(HP)	P =	9	0 msnm 11 Mina

Fuente: elaboración propia

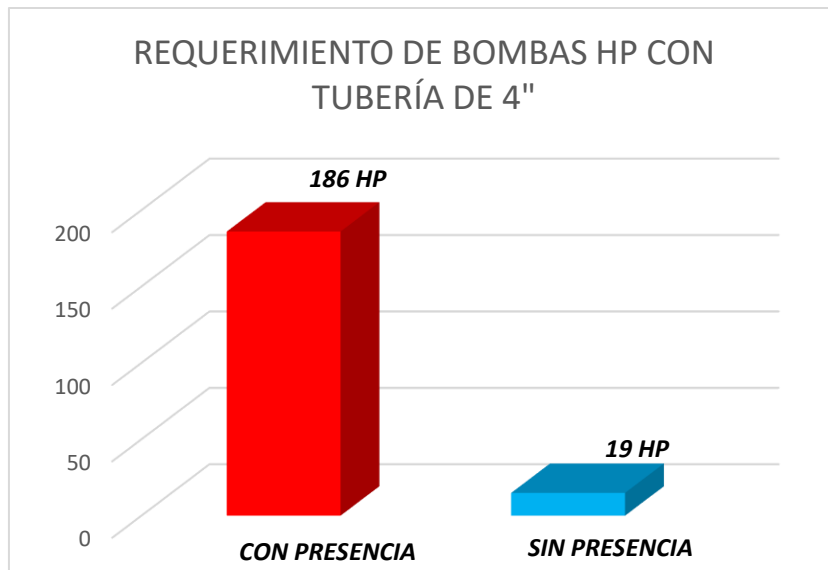


Figura 18. Requerimiento de bombas HP con tubería de 4"
Fuente: elaboración propia

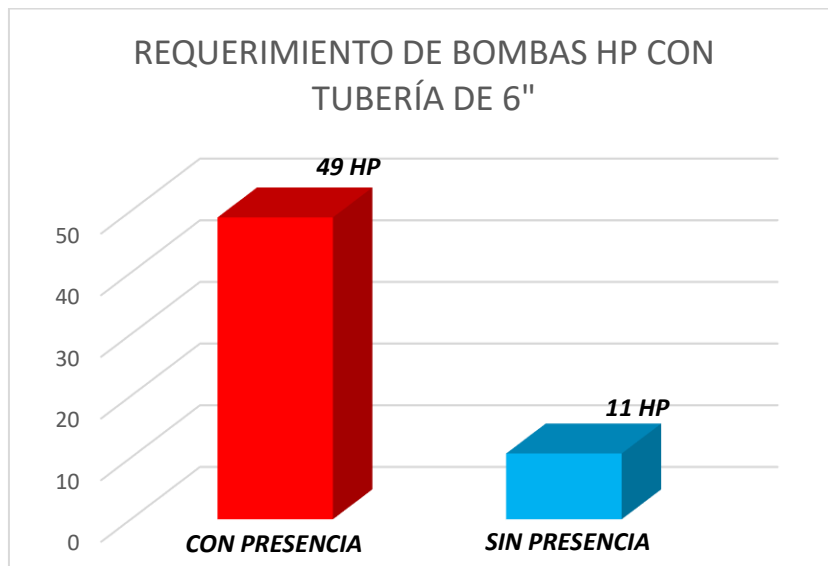


Figura 19. Requerimiento de bombas HP con tubería de 6"
Fuente: elaboración propia

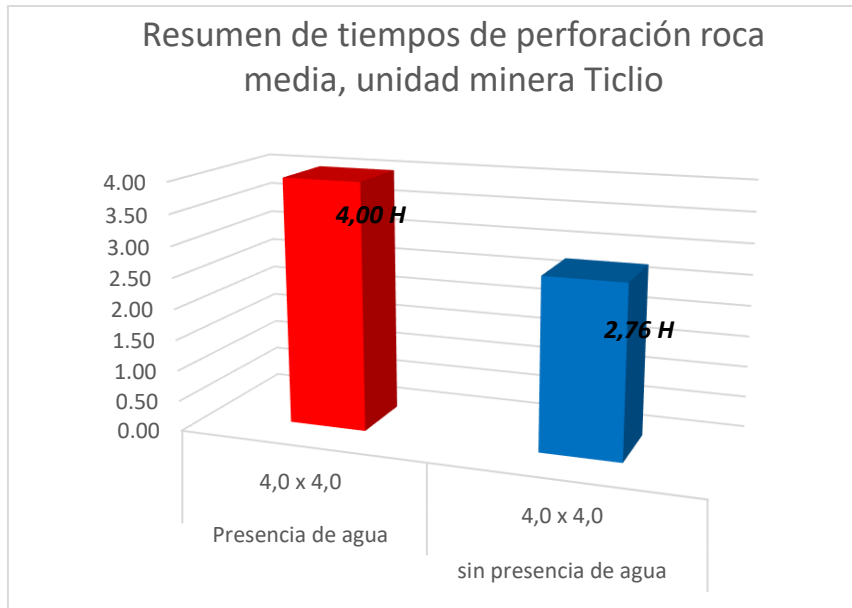


Figura 20. Resumen de tiempos de perforación roca media en la UM Ticlio
Fuente: elaboración propia

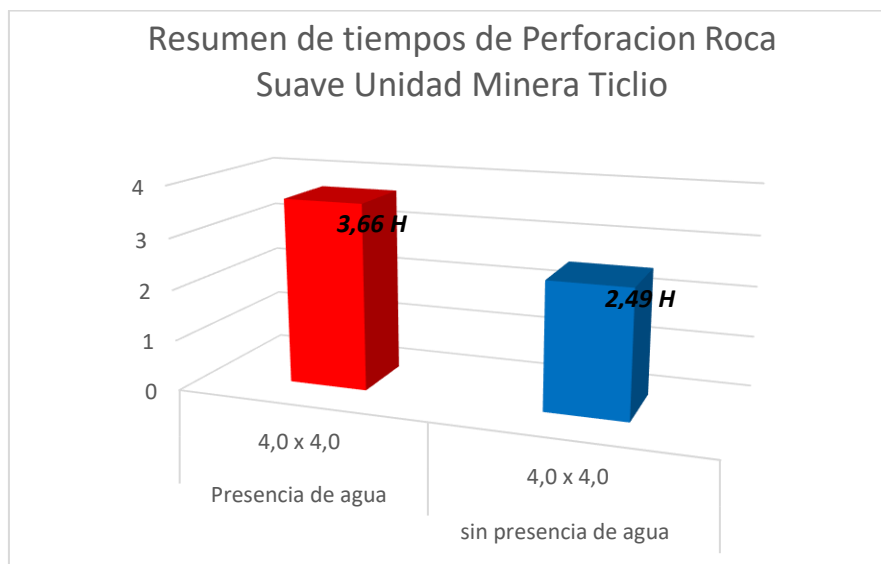


Figura 21: Resumen de tiempos de perforacion roca suave en la UM Ticlio
Fuente: elaboración propia

4.2 Comprobación del problema

Influencia del agua subterránea

Evaluación geomecánica, zona de profundización

Se realizaron observaciones *in situ* sobre diferentes aspectos geomecánicos relacionados con las labores de profundización en la zona de Ariana y se elaboró el informe de estas observaciones con las recomendaciones del caso, tendientes a mejorar las condiciones del control de la estabilidad de las estructuras rocosas

y, por tanto, mejorar las condiciones de seguridad de la operación minera con la presencia de agua.

El trabajo de campo realizado a la zona de estudio comprendió las siguientes actividades:

- a) En una primera parte se abordan diversos aspectos generales de interés para la evaluación, relacionados básicamente a los rasgos geológicos y el factor influyente (presencia de agua).
- b) En una segunda parte se presentan los resultados de las investigaciones básicas realizadas, las cuales han permitido evaluar los factores principales de influencia sobre las condiciones de estabilidad de las labores y estimar los parámetros geomecánicos.
- c) Finalmente, en la tercera parte se presentan los resultados de la evaluación de las condiciones de estabilidad de la zona de profundización. La utilización de la información básica integrada y de herramientas de cálculo adecuados, han permitido llevar a cabo esta evaluación para poder cumplir con el objetivo y los alcances de este trabajo.

Objetivos y alcances

El objetivo del estudio está orientado a estudiar la estabilidad de la **zona de Ariana**, estimación de sostenimiento y entrega de recomendaciones de acuerdo a las condiciones geológicas y geomecánicas de la zona.

- ✓ Caracterización geomecánica de la masa rocosa
- ✓ Determinación de las propiedades del comportamiento de la roca
- ✓ Clasificación geomecánica de la masa rocosa
- ✓ Zonificación geomecánica del área en estudio
- ✓ Evaluación de las condiciones de estabilidad

Caracterización de la masa rocosa

Para la caracterización de la masa rocosa se registraron datos principalmente a partir del mapeo geomecánico de campo, este se llevó a cabo utilizando el “método de mapeo por estación o celdas”. Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en nueve estaciones

de medición (En), representado por un tramo de extensión variable de la excavación.

- ✓ Tipo de roca
- ✓ Tipo de sistema de discontinuidad
- ✓ Orientación
- ✓ Espaciado
- ✓ Persistencia
- ✓ Apertura
- ✓ Rugosidad
- ✓ Tipo de relleno
- ✓ Espesor de relleno
- ✓ Intemperización
- ✓ Presencia de agua
- ✓ Resistencia de la roca
- ✓ Frecuencia de fracturamiento

Distribución de discontinuidades

La distribución de las discontinuidades a nivel composito en la zona de Ariana, revela que en toda la zona de evaluación se presentan tres arreglos estructurales principales y uno secundario, donde se dan cuatro sistemas típicos de discontinuidad:

Tabla 24. Sistemas típicos de discontinuidades

SET	DIP	DIP DIR
S1	81	316
S2	77	218
S3	54	109
S4	75	81

Fuente: elaboración propia

4.2.1 Aspectos estructurales

En cuanto a las estructuras mayores, en general conformadas por las diaclasas, estas tienen las siguientes características estructurales:

Caja Techo

- ✓ Persistencias de 1-3 m
- ✓ Espaciamientos de 0.2 a 0.6 m
- ✓ Aperturas <0.1 mm a 0.1 -1.0 mm

- ✓ Superficies rugosas a ligeramente rugosas
- ✓ Relleno duro < 5 mm a > 5 mm
- ✓ Superficies moderadamente intemperizadas
- ✓ Condiciones de agua: mojado – goteo y presencia de agua

Caja Piso

- ✓ Persistencias de 1-3 m
- ✓ Espaciamientos de 0.2 a 0.6 m, 0.06-0.2 m
- ✓ Aperturas <0.1 mm a 0.1-1.0 mm
- ✓ Superficies rugosas a ligeramente rugosas
- ✓ Relleno duro < 5 mm a > 5 mm
- ✓ Superficies ligeramente a moderadamente intemperizadas.
- ✓ Condiciones de agua: mojado – goteo y presencia de agua

Mineral

- ✓ Persistencias de 1-3 m
- ✓ Espaciamientos de 0.2 a 0.6 m, 0.06 a 0.2 m
- ✓ Aperturas 0.1-1.0 mm
- ✓ Superficies rugosas y ligeramente rugosas
- ✓ Relleno duro < 5 mm, relleno duro > 5 mm, suave < 5 mm
- ✓ Superficies moderadamente intemperizadas a muy intemperizadas
- ✓ Condiciones de agua: mojado – goteo y presencia de agua

4.3 Clasificación de la masa rocosa

Para la clasificación geomecánica de la masa rocosa se utilizó la información desarrollada precedentemente, clasificando a la masa rocosa involucrada en las diferentes celdas de detalle del mapeo geotécnico mediante la utilización de los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski. (9)

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados más adelante.

Tabla 25. Valores de resistencia compresiva de la roca intacta

Nº Estación	Ubicación	Tipo Litología	RMR	Calidad Roca según RMR
En 1	Caja Techo	Intrusivo muy alterado	43	Regular
En 2	Caja Piso	Intrusivo muy alterado	46	Regular
En 3	Zona Mineralizada	Mineral	40	Mala

Fuente: elaboración propia

Esta información es tomada como parámetro de primera importancia para el establecimiento de la zonificación geomecánica de esta zona de evaluación.

4.4 Zonificación geomecánica de la masa rocosa

En la Tabla 26 se presenta la delimitación de los dominios geomecánicos.

Tabla 26. Delimitación de los dominios geomecánicos

Cuadro 2 Dominios geomecánicos				
DE	UBICACION	LITOLOGIA	RANGO RMR	CALIDAD ROCA
1	Caja Techo	Intrusivo Alterado	43	Regular
4	Caja Piso	Intrusivo Alterado	46	Regular
5	Zona Mineralizada	Mineral	37	Pobre

Fuente: elaboración propia

Resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta.

Tabla 27. Resistencia compresiva uniaxial

Roca	Resistencia compresiva uniaxial (MPa)	
	Rango	Promedio
Intrusivo Alterado – Caja Piso	100-250	131
Intrusivo Alterado – Caja Techo	100-250	135
Mineral	50-100	73*

Fuente: elaboración propia

La resistencia compresiva uniaxial ha sido determinada mediante ensayos de laboratorio resultando el valor promedio de 135, 131 y 73 MPa. Estos valores indican que la roca intacta es de resistencia regular.

Se ha estimado que el esfuerzo *in situ* vertical es del orden de 6.04 a 13.22 MPa para una profundidad 427.322 m. El valor de K (relación del esfuerzo horizontal con el esfuerzo vertical) considerado es alrededor de 2.19.


Resultados del análisis de perforación con software PHASE2

Tabla 28. Resultados software PHASE2 en material detrítico

Material: RDETRITICO	
Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.025 MN/m3
Elastic type	isotropic
Young's modulus	50 MPa
Poisson's ratio	0.3
Failure criterion	Mohr-Coulomb
Peak tensile strength	0 MPa
Residual tensile strength	0 MPa
Peak friction angle	31 degrees
Peak cohesion	0.01 MPa
Material type	Elastic
Piezo to use	None
Ru value	0


Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Resultados software PHASE2 en caja techo/piso

Material: CAJA TECHO, CAJA PISO- RP 4350 SW	
Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.027 MN/m3
Elastic type	isotropic
Young's modulus	9533.28 MPa
Poisson's ratio	0.3
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	131 MPa
mb parameter	2.861
s parameter	0.0029

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Resultados software PHASE2 en mineral

Material: MINERAL - RP 4350 SW	
Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.03 MN/m3
Elastic type	isotropic
Young's modulus	3854.4 MPa
Poisson's ratio	0.27
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	58 MPa
mb parameter	1.294
s parameter	0.0008
a parameter	0.511
Piezo to use	None
Ru value	0

Fuente: elaboración propia

4.5 Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua en la masa rocosa de las excavaciones subterráneas tiene un efecto adverso en las condiciones de estabilidad de las mismas. El principal efecto de la presencia del agua en la masa rocosa es la presión que ejerce en las discontinuidades estructurales disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad de las labores subterráneas.

Se ha observado en la zona de Ariana, la presencia del agua que corresponde a condiciones "mojadas-goteo y presencia de agua", lo cual se debe a que el área de evaluación se ubica cerca de estructuras geológicas.

4.6 Unidades geomecánicas

De acuerdo a la información geomecánica analizada se definieron tres unidades principales que corresponden a intrusivo alterado y mineral, a continuación, se hace la descripción de las unidades definidas:

- **Unidad geomecánica 1.** Corresponde a la caja piso y caja techo, representa el 50% del macizo rocoso (Intrusivo alterado) con un grado de fracturamiento de RQD de 50-75%, su resistencia a la compresión uniaxial promedia es de 131 MPa y presenta contenido de mojado-goteo. De acuerdo a los

antecedentes descritos, la calidad del macizo rocoso presente en esta unidad es de “Regular A” con un rango de RMR entre 51-60. (10)

- **Unidad geomecánica 2.** Corresponde a la caja piso y caja techo, representa el 20% del macizo rocoso (Intrusivo alterado) con un grado de fracturamiento de RQD de 25-50%, su resistencia a la compresión uniaxial promedia es de 131 MPa y presenta contenido de mojado-goteo. De acuerdo a los antecedentes descritos, la calidad del macizo rocoso presente en esta unidad es de “Regular B” con un rango de RMR entre 41-50. (9)
- **Unidad geomecánica 3.** Corresponde a la zona mineralizada y representa el 30% del macizo rocoso (mineral), con un grado de fracturamiento de RQD de 25-50%, su resistencia a la compresión uniaxial promedia es de 73 MPa, y presenta contenido de mojado-goteo. De acuerdo a los antecedentes descritos, la calidad del macizo rocoso presente en esta unidad, es de “Mala A” con un rango de RMR entre 31-40. (9)

La presencia del agua dentro de la masa rocosa influye adversamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas. Su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y, por tanto, disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad, por ello es importante tomarlo en cuenta.

Según el estudio realizado y a medida que se profundiza se tiene presencia de aguas en la RP 714 y zona Ariana con aportes constantes de caudales al extremo Este. También se presentan filtraciones de los niveles superiores y aguas fósiles que se drenan a medida que profundizamos. como consecuencia de todas estas filtraciones y afloramientos de agua, en las rampas de profundización se puede observar presencia de agua que continuamente está siendo bombeada.

El agua subterránea afecta el comportamiento mecánico de las rocas en dos sentidos. El más obvio es el que ocurre en la operación de la ley del esfuerzo efectivo. El agua bajo presión en las uniones que definen bloques reduce el esfuerzo normal efectivo entre las superficies de las rocas y, por lo tanto, reduce la potencial resistencia al corte. En las rocas porosas, como la arenisca, la ley

del esfuerzo efectivo tiene un comportamiento igual que al de suelos granulares. El efecto de fisuras, fracturas o poros de agua bajo presión reducen el esfuerzo último del macizo, en comparación con las condiciones que se presentan cuando se colocan drenes artificiales.


La presencia de agua es un factor influyente negativo en la calidad de la masa rocosa, más aún cuando se trata de terrenos de mala calidad, principalmente en los tramos de roca magra gris que están en contacto de vetas o fallas geológicas. En ese sentido, el realizar trabajos de drenaje antes de realizar el laboreo es una tarea que debe ser llevada cuidadosamente con el fin de minimizar la presencia de agua en sectores donde la masa rocosa es de mala calidad.

- A. Generación de cuñas en el macizo rocoso teniendo condiciones peligrosas hacia el personal destacado en las labores con presencia de agua.
- B. Generación de costos mayores al tener que usar un tipo de sostenimiento más caro y con una demora significativa en el ciclo de minado.
- C. Altera la roca perdiendo la resistencia del macizo.
- D. Lava las juntas y desestabiliza el macizo rocoso.

4.7 Costo de minado actual

Se describe el costo de alquiler de las bombas sumergibles según requerimiento de labores y presencia de agua l/s.

Tabla 31. Costo de alquiler de bombas según HP

		MINA TICLIO		
TARIFAS DE ALQUILER DE BOMBAS- GEOHIDRAULICA A PARTIR DE ENERO 2019				
Nueva Tarifa				
ITEM	EQUIPO	TIPO	POTENCIA (HP)	TARIFA MENSUAL US\$
1	BOMBA AGUA	H	8.5	\$ 582.00
2	BOMBA AGUA	H	10	\$ 582.00
3	BOMBA AGUA	H	13	\$ 679.00
4	BOMBA AGUA	H	15	\$ 679.00
5	BOMBA AGUA	H	16	\$ 679.00
6	BOMBA AGUA	H	30	\$ 1,019.00
7	BOMBA AGUA	H	35	\$ 1,019.00
8	BOMBA AGUA	N	30	\$ 1,172.00
9	BOMBA AGUA	H	50	\$ 1,164.00
10	BOMBA AGUA	H	55	\$ 1,164.00
11	BOMBA AGUA	H	58	\$ 1,164.00
12	BOMBA AGUA	H	60	\$ 1,164.00
13	BOMBA AGUA	N	58	\$ 1,339.00
14	BOMBA AGUA	H	95	\$ 2,227.00
15	BOMBA AGUA	N	95	\$ 2,561.00
16	BOMBA AGUA	H	100	\$ 2,227.00
17	BOMBA AGUA	H	140	\$ 3,200.00
18	BOMBA AGUA	N	140	\$ 3,793.00
19	BOMBA AGUA	L	9	\$ 776.00
20	BOMBA AGUA	L	15	\$ 1,261.00
21	BOMBA AGUA	L	20	\$ 1,358.00
22	BOMBA AGUA	L	30	\$ 1,989.00
23	BOMBA NEUMATICA	N	15	\$ 460.00

Fuente: Valorización mensual Geohidráulica – UM Ticlio

Tabla 32. Tiempos del ciclo de minado con bomba de 15hp

CUADRO DE TIEMPOS - CICLOS DE MINADO ZONA DE ARIANA MINA TICLIO		
DATOS	UNID.	CICLO DE MINADO APLICADO RAMPA DE 4.0X4.0
Disparo de la Rampa 4350 SW de 4.0x4.0	Und	Fin de guardia
Tiempo de ventilacion de la labor.		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de bombeo de 15 HP	Hrs	08:00
Tiempo de desatado de la labor.	Hrs	00:30
Tiempo de limpieza con scoop de 6 yardas.	Hrs	01:00
	TOTAL	10:00
FIN DE LA GUARDIA		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de limpieza con scoop de 6 yardas.	Hrs	02:00
Tiempo de percutado de la labor DESATADOR MECANIZADO	Hrs	01:00
Tiempo de la limpieza del material generado de la percusion.	Hrs	00:30
Tiempo del lanzado de shotcrete preventivo y sacrificio.	Hrs	01:30
Tiempo de fraguado.	Hrs	04:00
	TOTAL	09:30
FIN DE LA GUARDIA		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de instalacion de pernos helicoidal y malla electrosoldada.	Hrs	03:30
Tiempo del lanzado de shotcrete sobre malla.		01:30
Tiempo de fraguado.	Hrs	04:00
	TOTAL	09:30
FIN DE LA GUARDIA		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de perforacion del frente de 4.0x4.0.	Hrs	03:30
Tiempo de perforacion de lloronas	Hrs	00:30
Tiempo de carguio del frente de 4.0x4.0.	Hrs	02:00
	TOTAL	06:30
Total Tiempo del ciclo de minado.	Hrs	35:30:00

Fuente: elaboración propia

Tabla 33. Tiempos del ciclo de minado con bombas propuestas

CUADRO DE TIEMPOS - CICLOS DE MINADO ZONA DE ARIANA MINA TICLIO		
DATOS	UNID.	CICLO DE MINADO APLICADO RAMPA DE 4.0X4.0
Disparo de la Rampa 4350 SW de 4.0x4.0	Und	Fin de guardia
Tiempo de ventilacion de la labor.		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de bombeo de 2 bombas de 58 hp	Hrs	01:00
Tiempo de desatado de la labor.	Hrs	00:30
Tiempo de limpieza con scoop de 6 yardas.	Hrs	02:30
Tiempo de percutado de la labor DESATADOR MECANIZADO	Hrs	01:00
Tiempo de la limpieza del material generado de la percusion.	Hrs	00:30
Tiempo del lanzado de shotcrete preventivo y sacrificio.	Hrs	01:30
Tiempo de fraguado.	Hrs	03:00
	TO TAL	10:30
FIN DE LA GUARDIA		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de instalacion de pernos helicoidal y malla electrosoldada.	Hrs	03:30
Tiempo del lanzado de shotcrete sobre malla.		01:30
Tiempo de fraguado.	Hrs	04:00
	TO TAL	09:30
FIN DE LA GUARDIA		
Llenado de sus herramientas de gestion	Hrs	00:30
Tiempo de perforacion del frente de 4.0x4.0.	Hrs	03:30
Tiempo de perforacion de lloronas	Hrs	00:30
Tiempo de carguio del frente de 4.0x4.0.	Hrs	01:30
	TO TAL	06:00
Total Tiempo del ciclo de minado.	Hrs	26:00:00

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Costo por avance de metro lineal con bomba de 15 hp

ZONA DE PROFUNDIZACION RP 4350SW SB DEFICIENTE	SETIEMBRE			%	DOLARES
	AVANCE (m)	CUMPLIMIENTO m	DEUDA		
EXPLORACION Y DESARROLLO	140	45	95.00		82,125
PREPARACION Y DESARROLLO	266	90	177.00		164,250
TAJOS					

Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Beneficio por sistema propuesto

ZONA DE PROFUNDIZACION RP 4350SW SB EFECIENTE	SETIEMBRE			%	DOLARES
	AVANCE (m)	CUMPLI MIENTO m	DEUDA		
EXPLORACION Y DESARROLLO	140	60	80.00		109,500
PREPARACION Y DESARROLLO	266	120	146.00		219,000
TAJOS					

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. Costo por avance de metro lineal con bombas propuestas

UTILIDAD NETA POR MEJORAS EN EL SISTEMA DE BOMBEO	SETIEMBRE				
	Bomba de 15 hp	Bombas propuestas	costo de beneficio	Costo de bomba 15 HP	Costo de bombas 2 de 58HP
EXPLORACION Y DESARROLLO	82,125	109,500	27,375.00	679	2,328
PREPARACION Y DESARROLLO	164,250	219,000	54,750.00	679	2,328
TOTAL			82,125.00	1,358	4,656
UTILIDAD NETA			77,469.00		

Fuente: elaboración propia

Podemos realizar el análisis costo de cuánto influye el sistema de bombeo en los costos de preparación y desarrollo de labores de profundización en la mina *Ticlio*, afectando el PU dado por la empresa especializada, generando sobrecostos tanto en bombeo como en lanzado de *Shotcrete*.

Tabla 37. Análisis de costo 1

	Costo Bomba de 15HP \$/TMS		Costo Bomba de 58HP \$/TMS	
	PU NORMAL		PU MODIFICADO	
TMS	1,800		1,800	
Metodo	Breasting	Taladros Largos	Breasting	Taladros Largos
TMS	1,200	600	1,200	600
Costo de bomba	22.63 dia	679 mes	38.8 dia	1164 mes
Costo de Energía	1.72	1.42	1.38	1.43
caudal promedio por bomba	14.5 l/s		32.5 l/s	
caudal insitu en profundizacion			58.4 l/s	
Numero de bombas según PU	1.00		2.00	
diferencia economica	\$ 1649 DOLARES POR LABOR			

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Análisis de costo 2

	Sin presencia de agua		Con presencia de agua	
	PU NORMAL		PU MODIFICADO	
TMS	1,800		1,800	
Metodo	Breasting	Taladros Largos	Breasting	Taladros Largos
TMS	1,200	600	1,200	600
Costo de Shotcrete por m3	\$178		\$ 178	
Costo de Aditivos	\$ 18		\$ 36	
seccion 4x4	4 m3		6m3	
caudal insitu en profundizacion			58.4 l/s	
elementos de sostenimiento	puntuales		13 pernos helicoidales	
costo del perno			13/\$17	\$221
diferencia economica	\$ 595 DOLARES POR LABOR			

Fuente: elaboración propia

4.8 Tiempos de perforación en la zona de profundización

Se describe los tiempos de perforación en la zona de profundización, realizando un estudio de tiempos, con presencia de agua y sin presencia demostrando la diferencia en horas que toma perforar el equipo en una rampa, generando una diferencia marcada en los KPI de perforación y optimización del ciclo de minado en la mina *Ticlio-Volcan*.

Tabla 39. Cuadro de tiempos

CUADRO DE TIEMPOS - CICLOS DE PERFORACION MINA TICLIO					
JUMBO ELECTROHIDRAULICO QUASAR DD210					
DATOS	UNID.	Rampa (-) Roca Media Presencia de agua 4,0 x 4,0	Rampa (-) Roca Media 4,0 x 4,0	Rampa (-) Roca Suave Presencia de agua 4,0 x 4,0	Rampa (-) Roca Suave 4,0 x 4,0
Nº de taladros de 45 mm		46	46	42	42
Nº de taladros rimados de 102 mm	und	4,00	4,00	4,00	4,00
Nº de taladros rimados lloronas	und	6,00	0,00	6,00	0,00
Longitud de perforación	pp	12,00	12,00	12,00	12,00
Velocidad promedio de perforación	pp/min	3,40	3,40	3,40	3,40
Tiempo perforación por taladro	min	3,15	2,30	3,05	2,20
Tiempo de cambio de taladro a taladro	min	1,25	1,15	1,25	1,15
Tiempos muertos promedio por taladro	min	0,50	0,50	0,50	0,50
Tiempo perforación por taladro Rimado arranque	min	5,20	4,35	5,05	4,15
Tiempo perforación por taladro Rimado lloronas	min	5,20	0,00	5,05	0,00
Tiempo de perforación neta	min	144,90	105,80	128,10	92,40
Total Tiempo Cambio de taladros	min	5,00	4,60	5,00	4,60
Total Tiempos muertos	min	23,00	23,00	21,00	21,00
Total Tiempo promedio cambio de brocas y rimado	min	20,80	17,40	20,20	16,60
Total tiempo de rimados lloronas	min	31,20	0,00	30,30	0,00
Total Tiempo de perforación frente	min	224,90	150,80	204,60	134,60
Tiempo de Posicionamiento del equipo según ejes	min	15,00	15,00	15,00	15,00
Total Tiempo de perforacion con Jumbo	Hrs	4,00	2,76	3,66	2,49

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

1. La optimización del sistema de bombeo influye positivamente en el ciclo de minado en factores tales como mejoras en la estabilidad del macizo rocoso e incremento de las ganancias en la valorización mensual. Se tiene una mejora en los avances lineales de un 11.13% + con un sistema de bombeo óptimo, según lo proyectado en el mes, teniendo un cumplimiento de 180 metros lineales de una programación de 266 metros lineales.
2. La presencia del agua en la masa rocosa de las excavaciones subterráneas tiene un efecto adverso en las condiciones de estabilidad de las mismas. El principal efecto de la presencia del agua en la masa rocosa es la presión que ejerce en las discontinuidades estructurales disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad de las labores subterráneas. La presencia de agua en las labores perjudica de forma muy significativa al lavar las juntas y provocar un mayor costo en el tema de sostenimiento, viendo así el uso de acelerantes y aumentando la proporción de fibra para que el *Shotcrete* pueda adherirse al macizo rocoso no teniendo el rebote del *Shotcrete*.
3. Se concluye que al utilizar el sistema de bombeo implementado se tiene resultados que elevan los costos de operación, sin embargo, se incrementan las ganancias en la valorización mensual; con el sistema de bombeo tradicional se lograba un avance de 135 metros lineales por lo cual se obtenía una ganancia de \$ 246,375.00 dólares mensuales, mientras que con el sistema de bombeo propuesto se logra un avance de 180 metros que representa \$ 328,500.00, representando un 24.3% adicional de utilidad.
4. Se concluye que la presencia de agua influye directamente proporcional en el tiempo de perforación, en una labor de 4x4; con presencia de agua y tipo de roca media el tiempo de perforación es de 4 horas, mientras que en una labor 4x4, tipo de roca media y sin presencia de agua el tiempo promedio de perforación es de 2.76 horas; representando así un 31% más de demoras cuando se tiene labores con presencia de agua.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda contar con una bomba sumergible en *stand by* en las zonas de bastante presencia de agua y así evitar la pérdida de labores y rampas ocasionándonos gastos en la recuperación de dichas labores (inundaciones). Al realizar la evaluación del sistema de bombeo se recomienda la construcción de pozas de bombeo estacionarias cada dos niveles, teniendo los ajustes técnicos de diseño y pozas secundarias para dar el soporte adecuado a las operaciones.
2. Se recomienda actualizar los estudios de hidrología e hidrogeología para descartar la incertidumbre de los caudales en la etapa de profundización y expansión hacia el lado Este de la mina, de esta manera plantear acciones con el objetivo de mejorar la estabilidad del macizo rocoso.
3. Es prioritario el uso de tuberías de 6" de diámetro para ganar caudal en las labores de profundización evitando problemas de cavitación, estando estas bien estandarizadas para no ocasionar golpes o roturas por los equipos que transitan en la zona de operación. Se recomienda realizar pozas de bombeo secundarias cada 50 metros en profundización, siendo una estocada de 9 metros de longitud con una gradiente del 15% en avanzada para poder compensar los cambios de caudal que presenta la mina, de este modo evitar tiempos muertos de equipos y lograr un mejor índice de avance.
4. Realizar los taladros de drenaje (lloronas) ya como un estándar para poder realizar los trabajos de forma más rápida en la perforación y lanzado de *Shotcrete*.
5. Se recomienda evaluar las opciones de proyectar la infraestructura de bombeo (túneles, chimeneas) con proyección hacia las centrales hidroeléctricas de *Volcan*, reutilizando el agua de mina que se estima en 1000 l/s.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **PETERSEN LAY, Paolo Piero.** *Evaluación y clasificación de recursos minerales en la veta ramal techo, unidad de Ticlio.* Lima : Volcan Cía Minera, 2014.
2. **OSORIO ANAYA, Andrés Antonio.** *Reapertura de la mina Ticlio.* Lima : Volcan Cía Minera, 2008.
3. **ARÉVALO FLORES, Hernán.** *Manejo de escenarios para la toma de decisiones en el desarrollo de proyectos Ticlio.* Lima : Volcan Compañía Minera, 2007.
4. **AZEVEDO, A.** *Manual de Hidráulica.* Lima : s.n., 1976.
5. **BLANCO, E., VELARDE, S. y FERNANDEZ, J.** *Sistemas de Bombeo. Área de Mecánica de fluidos.* España : Universidad de Oviedo, 1994.
6. **LINCH y CROSS.** *Mejora de Procesos.* España : s.n., 2000.
7. **BLANCO, E. y VELARDE, S.** *Sistema de bombeo.* España : Área de mecánica de fluidos, 1994.
8. **VOLCAN Compañía Minera.** *Memoria descriptiva de explotación subterránea, mina Ticlio.* Lima : s.n., 2016.
9. **EMPRESA Especializada Geohidráulica S.A.** *Resumen de valoración semestral enero-junio 2019.* Lima : s.n., 2019.
10. **VOLCAN Compañía Minera.** *Informe técnico del diagrama unifilar del sistema de bombeo, mina Ticlio.* Lima : s.n., 2018.
11. **VOLCAN Compañía Minera.** *Planeamiento largo plazo base mina Ticlio.* Lima : s.n., 2018.
12. **WEKKER, J. de.** *Sistema de bombeo Chile.* Santiago : s.n., 2004.
13. **BERMARD.** *Soluciones de control de agua, sistemas de protección contra el golpe de ariete.* Madrid : s.n., 1975.
14. **FERNÁNDEZ RUBIO, Rafael.** *Abandono de minas impacto hidrológico.* España : s.n., 1986.
15. **FERNÁNDEZ RUBIO, Rafael.** *Mining drainage and wáter supply under sustainable constraints.* USA : Water resources at risk, 1995.
16. **FRANCO SULLCA, Jorge Luis.** *Optimización del sistema de bombeo de agua subterránea para satisfacer su demanda volumétrica en Volcan Compañía Minera S.A.A.* Lima : Unidad Chungar, 2015.

17. **KARASSIK, Igor.** *Bombas centrífugas selección, operación y mantenimiento.* Madrid : Roy Carter, 1985.
18. **LÓPEZ JIMENO, Carlos.** *Explotación subterránea, métodos y casos prácticos.* Puno : s.n., 1999.
19. **Hoseman.** *Métodos de explotación minera.* Cataluña : B. Stoces, 1980.

ANEXOS

Anexo 1

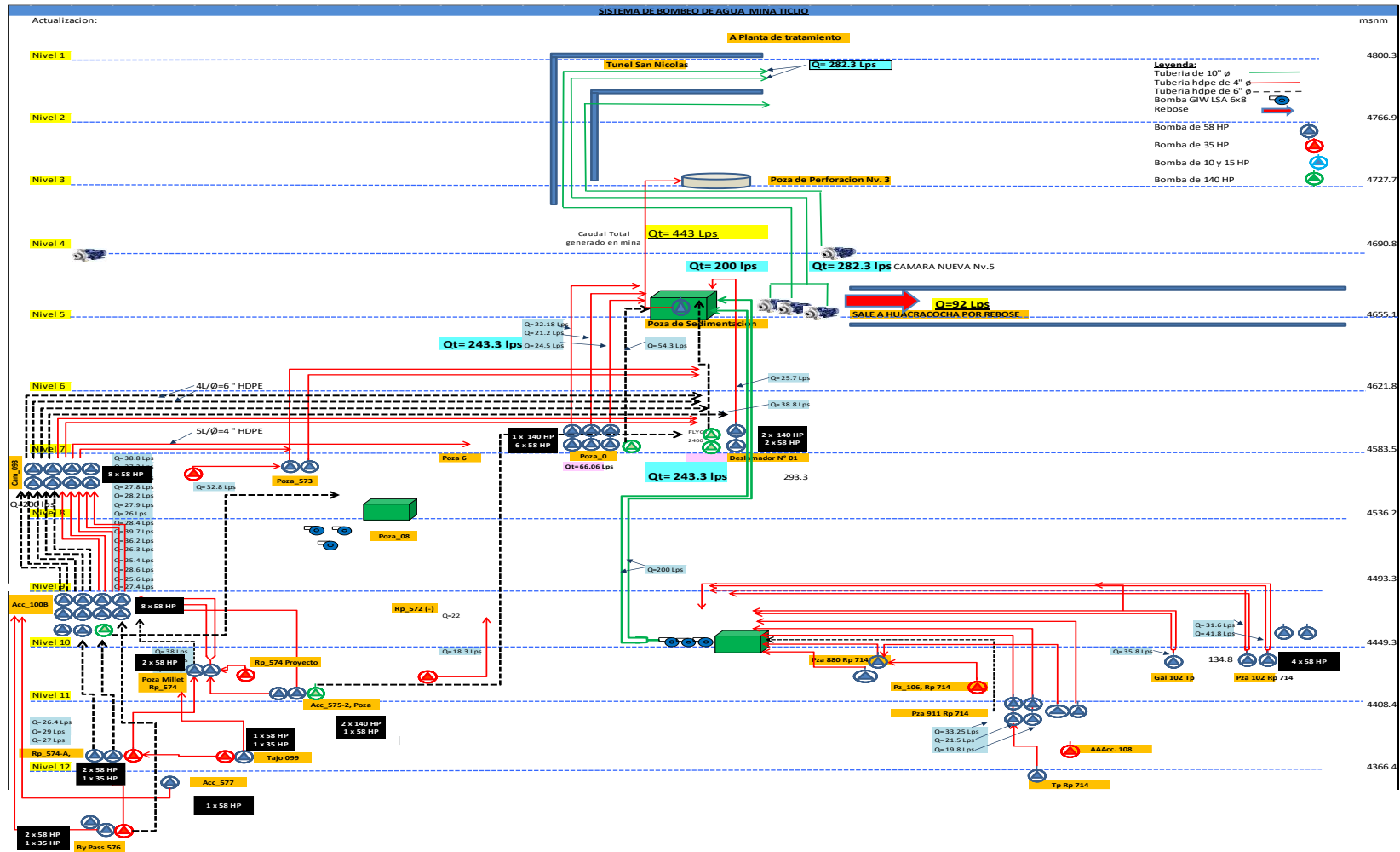
Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo influye el sistema de bombeo en el ciclo de minado en las operaciones diarias en la unidad minera Ticlio-Volcan?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la influencia del sistema de bombeo en el ciclo de minado en las operaciones diarias en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La optimización del sistema de bombeo influye en el aumento del cumplimiento de los avances lineales según la programación mensual en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p>	<p>Variable independiente (x):</p> <p>Sistema de bombeo mina</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>El trabajo es de tipo de investigación aplicada ya que utiliza los conocimientos de trabajos ya realizados y comprobados, sistema de bombeo mejora la productividad y mayor eficiencia en el ciclo de minado. Con esto trato de dar a conocer la relación que existe entre un buen sistema de bombeo en la producción en las operaciones unitarias subterráneas.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿Cómo influye la presencia de agua en las condiciones geomecánicas de las labores de profundización en la unidad minera Ticlio-Volcan?</p> <p>b) ¿Cómo influye el sistema de bombeo en los costos de operación en la unidad minera Ticlio-Volcan?</p> <p>c) ¿Cómo influye la presencia de agua en el tiempo de perforación en las</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a) Determinar la influencia de la presencia de agua en las condiciones geomecánicas en las labores de profundización en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p> <p>b) Determinar el costo que representa el sistema de bombeo en los costos de operación en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p> <p>c) Determinar cuánto influye la presencia de agua en el tiempo de perforación en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a) La presencia de agua influye en la desestabilidad de las condiciones geomecánicas en las labores de profundización en la unidad minera Ticlio-Volcan</p> <p>b) El sistema de bombeo repercute en los costos de operación en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p> <p>c) La presencia de agua influye en el incremento del tiempo de perforación en las labores de profundización en la unidad minera Ticlio-Volcan.</p>	<p>Variable dependiente (y):</p> <p>Influencia en el ciclo de minado.</p>	<p>Nivel de Investigación:</p> <p>Es de nivel explicativo, ya que trata de exponer la relación e influencia que existe entre un adecuado sistema de bombeo, con el sistema técnico económico de producción y el costo unitario de las operaciones unitarias.</p>

<p>labores de profundización en la unidad minera Ticlio - Volcan?</p>				<p>Método de investigación: La investigación se desarrolló utilizando el método científico como método general y el método descriptivo como método específico.</p> <p>Diseño de investigación: El diseño de investigación es descriptivo porque se dedica a recolectar, ordenar, analizar y presentar un conjunto de datos, con el fin de describir apropiadamente las características de un estudio y las actividades del sistema de mejoramiento en el sistema de bombeo subterráneo. El diseño de investigación consistió en realizar acopio de data y trabajos anteriores en el sistema de bombeo.</p>
---	--	--	--	---

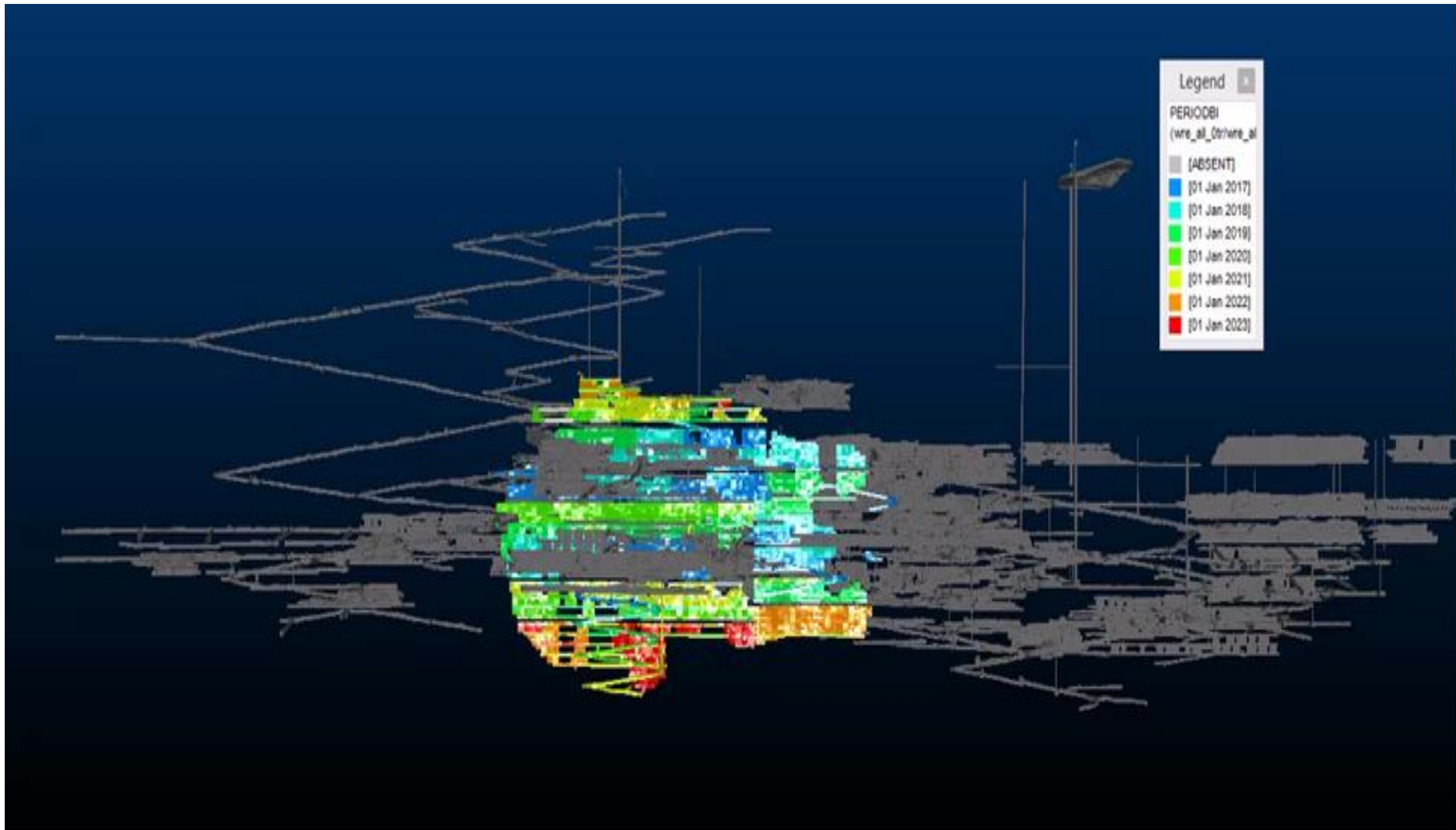
Anexo 2

Sistema unifilar unidad minera Ticlio



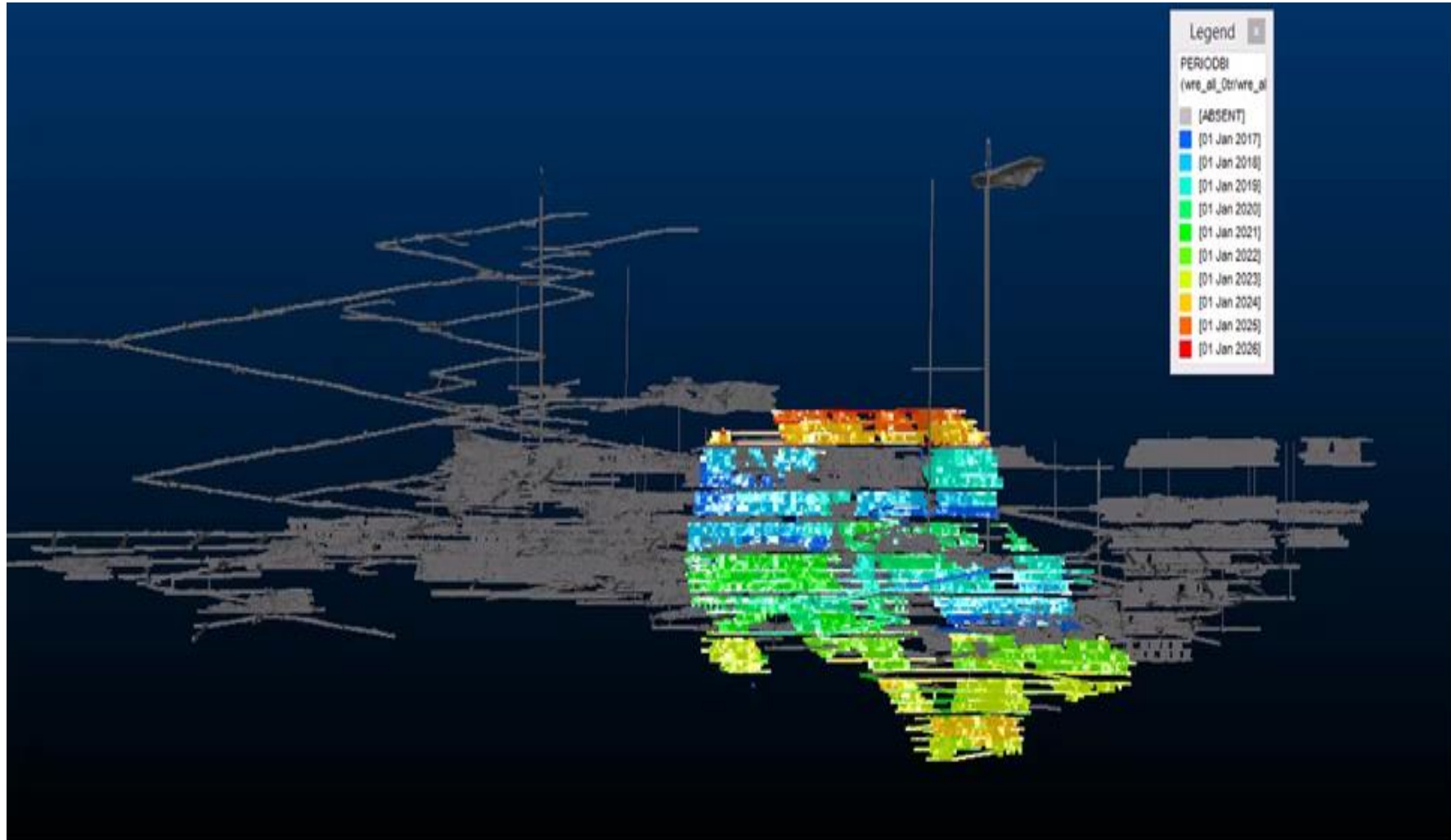
Anexo 3

Secuencia gráfica de explotación en profundización de la zona de Ariana de la unidad minera Volcan



Anexo 4

Secuencia gráfica de explotación en profundización de la zona de la rampa 714 de la UM Ticlio Volcan



Anexo 5

Requerimiento de equipos y maquinaria para la preparación de taladros largos mina Ticlio

Descripción	Característica	Cant	Aplicación
Equipos Principales			
Equipo de Carguío y Acarreo	6yd3	1.0	Limpieza de material disparado
Equipo de Perforación de Frentes	Barras de 10' a 12'	1.0	Perforación de taladros
Equipo Empemador	Pernos de 3.5m	1.0	Sostenimiento para pernos
Equipo de Transporte	Doble eje 6x4	3.0	Trasnporte de material
Cargador de Explosivos	Ratios de 80 kg/min	1.0	Carguío de taladros
Lanzador de Shotcrete	Cap. de 20 m3/h	1.0	Sostenimiento de roca
Mezcladora de cemento	Cap. de 4 m3	1.0	Preparación de mezcla
Equipos Secundarios			
Desatador de roca	Energía de impacto 375 .	1.0	Desatador mecanizado de roca
Camión de agua	Cap. 5000 gl	1.0	Regado de vías
Camión de combustible	Cap. 3000 gl	1.0	Abastecimiento de combustible
Camión de lubricante	Cap. 2000 kg	1.0	Lubricante de equipos mina
Camionetas	5 personas	3.0	Supervisión de obra
Bus de transporte de personal	30 personas	1.0	Traslado de personal
Plataforma de servicio - elevador	Cap. 300 kg	1.0	Drenaje de agua en rampa
Bombas de avance	10 hp	2.0	Drenaje de agua en rampa
Estación de refugio móvil	12 personas	1.0	Refugios de personas
Cargador de lámparas	40 lámparas	3.0	Carguío de lámparas mineras
Camillas y equipo de rescate	1 persona	2.0	
Detector de gases G460	CO2, NO2,O2 y CO	2.0	
Equipo topográfico	-	2.0	Control topográfico
Equipo geotécnico	-	1.0	Monitoreo geotécnico
Muestreador portátil	-	1.0	
Equipos Estacionarios			
Grupo Electrónico	500 kVA	1.0	Abastecimiento de energía
Ventilador inyector	75 kW	2.0	Inyección aire fresco
Tanque de agua	80,000 litros	4.0	
Bomba Estacionaria (Agua + lodos)	30 hp	1.0	
Compresora de aire	2.35 Nm3/min	1.0	Abastecimiento de aire comprimido
Equipos Contratados			
Perforadora diamantina	-	3.0	Perforación de taladros diamantinos

Anexo 6

Valorización mensual bombas sumergibles unidad minera Ticlio

VALORIZACIÓN FEBRERO 2019
UNIDAD TICLIO



ECM : CONSORCIO GEOHIDRAULICA SAC - RUC:20562975374
 CONTRATO SAP : 48377
 TRABAJO : Servicios Ticlio
 FECHA : DEL 13 DE ENERO HASTA EL 22 DE FEBRERO DEL 2019

CONTRATO MARCO : YA-2016-002
 MONEDA : Dólares
 HOJA : 1 / 1

ITEM	OP / CeCo / PEP	LABOR	COD. SERV. SAP	DESCRIPCION DEL SERVICIO SAP	P.U.	U.M.	CANT.	MONTO (US\$)
1	1TTTIS0201	LAGUNA LEONCOCHA	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 15	679.00	MES	1.000	679.000
2	1TTTIS0202	INTERIOR MINA	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	23.050	26,830.200
3	1TTTIS0202	INTERIOR MINA	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 10	582.00	MES	2.000	1,164.000
4	1TTTIS0202	INTERIOR MINA	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 15	679.00	MES	6.517	4,424.817
5	1TTTIS0202	INTERIOR MINA	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 35	1019.00	MES	2.250	2,292.750
6	1TTTIS1303	MEDIO AMBIENTE	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	2.733	3,181.600
7	1TTTIS1303	MEDIO AMBIENTE	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 15	679.00	MES	2.783	1,889.883
8	1TTTIS1303	MEDIO AMBIENTE	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 35	1019.00	MES	0.933	951.067
9	1TTTIS1303	MEDIO AMBIENTE	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO L 15	1261.00	MES	0.417	525.417
10	1TTTIS1303	MEDIO AMBIENTE	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO L 9	776.00	MES	1.000	776.000
11	2510016714	RP_109	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 15	679.00	MES	0.067	45.267
12	2510016690	RP_576	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	1.000	1,164.000
13	2510016698	BP_275	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	0.183	213.400
14	2510016690	RP_576	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	7.500	8,730.000
15	2510016690	RP_576	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 35	1019.00	MES	1.000	1,019.000
16	2510016698	BP_275	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	10.900	12,687.600
17	2510016714	RP_109	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 58	1164.00	MES	2.033	2,366.800
18	2510016714	RP_109	800040006	ALQUILER BOMBA AGUA TIPO H 35	1019.00	MES	0.450	458.550

ACTIVIDAD	IMPUTACIÓN	CTTO	POS. COD SERV	CANT.	CENTRO
DRENAJE	K	48377	40	1.000	MTIC
DRENAJE	K	48377	1	23.050	MTIC
DRENAJE	K	48377	20	2.000	MTIC
DRENAJE	K	48377	40	6.517	MTIC
DRENAJE	K	48377	70	2.250	MTIC
DRENAJE	K	48377	110	2.733	MTIC
DRENAJE	K	48377	40	2.783	MTIC
DRENAJE	K	48377	70	0.933	MTIC
DRENAJE	K	48377	200	0.417	MTIC
DRENAJE	K	48377	210	1.000	MTIC
DRENAJE	K	48377	40	0.067	MTIC
DRENAJE	K	48377	110	1.000	MTIC
DRENAJE	K	48378	110	0.183	MTIC
DRENAJE	K	48379	110	7.500	MTIC
DRENAJE	K	48380	70	1.000	MTIC
DRENAJE	K	48381	110	10.900	MTIC
DRENAJE	K	48382	110	2.033	MTIC
DRENAJE	K	48383	70	0.450	MTIC

SUB TOTAL	65.817	69,399.351
TOTAL GENERAL		69,399.351

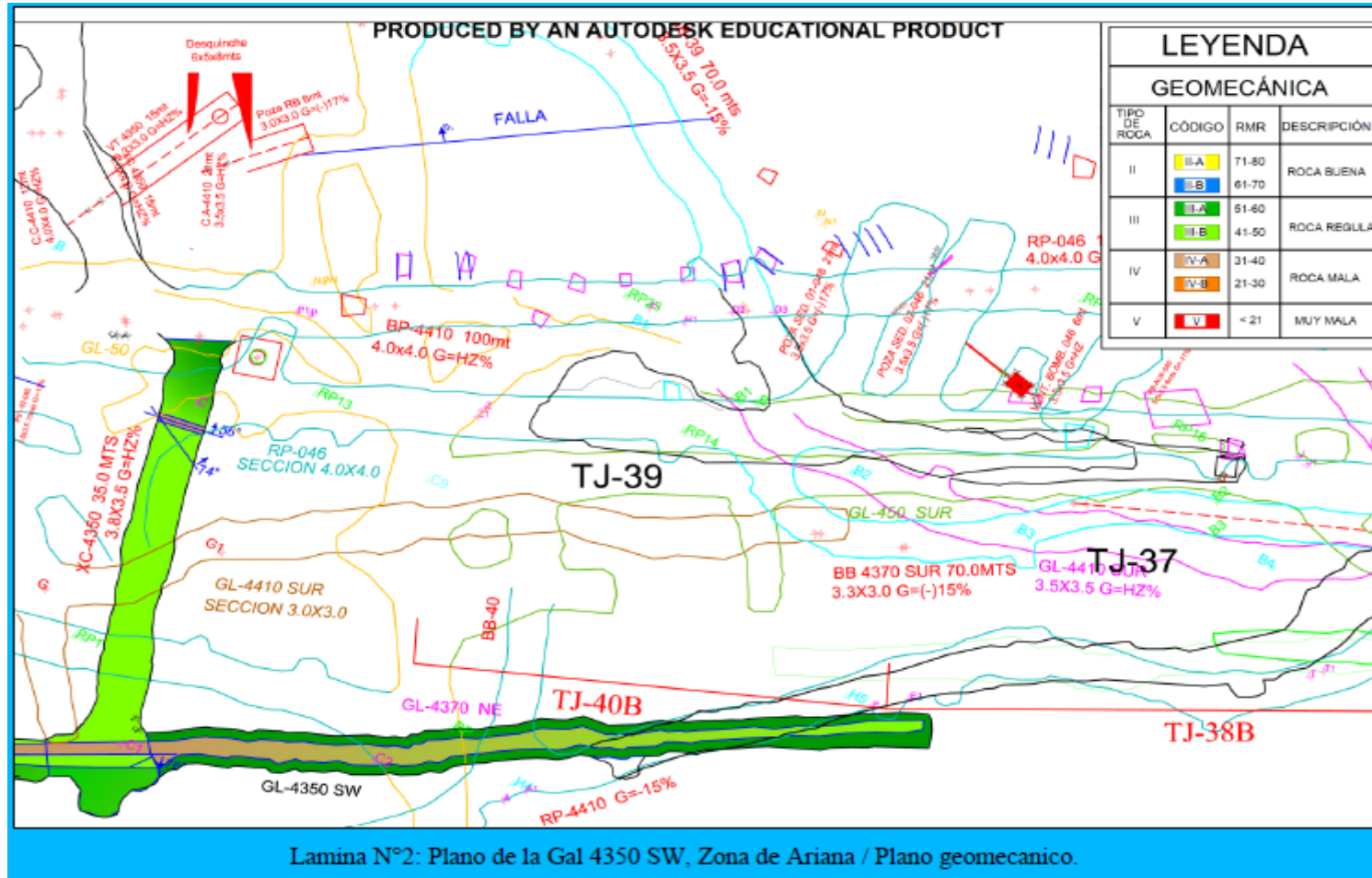
Anexo 7

Resumen de tarifas – laboreo mina 2019

RESUMEN DE TARIFAS - Laboreo Mina 2019									
CIFRAS EXPRESADAS EN DOLARES US \$									
ITEM	DESCRIPCION	UND	COSTO DIRECTO	G. G.	UTIL.	CALCULO feb-19	PU	DIFER	%
				26.0%	6%		ANTERIOR		
SOS	<u>SOSTENIMIENTO</u>								
SOS 001/2012	Concreto Lanzado - Vía seca 2" C1	M2	12.80	3.33	0.77	16.89	17.60	-0.71	-4.0%
SOS 002/2012	Concreto Lanzado - Vía seca 1.5" C1	M2	10.76	2.80	0.65	14.21	14.80	-0.59	-4.0%
SOS 003/2012	Instalación de Hidrabolt/Boltec	Pza	12.08	3.14	0.60	15.82	16.02	-0.20	-1.2%
SOS 004/2012	Instalación de Malla electrosoldada	M2	4.12	1.07	0.21	5.40	5.40	0.00	0.0%
SOS 005/2012	Instalación de Pernos Hidra bolt 7' C1	Pza	9.79	2.55	0.59	12.92	12.73	0.20	1.5%
SOS 006/2012	Instalación de Pernos Hidra bolt 5' C1	Pza	8.34	2.17	0.50	11.00	10.84	0.17	1.5%
	Instalación de Split Set/Boltec 7'	Pza	11.52	3.00	0.58	15.09	15.28	-0.19	-1.3%
SER	<u>SERVICIOS</u>								
SER 001/2012	CARGUID MINERAL/DESMONTE A VOLQUETE	M3	1.06	0.27	0.06	1.39	1.59	-0.19	-12.1%
	Alquiler Bomba sumergible 10 HP	UND-MES	720.00	187.20	43.20	950.40	936.00		
	Alquiler Bomba sumergible 15 HP	UND-MES	936.00	243.36	56.16	1235.52	1,216.80		
SER 002/2012	Alquiler de Bomba de 30HP estacionaria	UND-MES	1800.00	401.40	108.00	2309.40	2,268.00	41.40	1.8%
SER 003/2012	Alquiler de Bomba de 50HP estacionaria	UND-MES	2500.00	557.50	150.00	3207.50	3,150.00	57.50	1.8%
SER 004/2012	Relleno Detritico	M3	4.94	1.28	0.30	6.52	7.32	-0.81	-11.0%
SER 005/2012	Alquiler de Ventilador de 60M CFM	MES	4200.00	1092.00	0.00	4716.60	4,620.00	96.60	2.1%

Anexo 8

Plano de la gal. 450 sw zona Ariana



Anexo 9

Bombeo de aguas subterráneas, rampa 714 unidad minera Ticlio



Anexo 10

Pruebas de compresión simple en roca proveniente unidad minera *Ticlio-Volcan*

