

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de la deformación del macizo rocoso mediante el uso
de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento
primario en el SN 394 - NV 1400, veta Andaychagua - Volcan
Compañía Minera, 2024**

**Alejandro Gianfranco Pucllas Limache
Leandro Ronaldo Torres Solano**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 13 de Mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN DEL MACIZO ROCOSO MEDIANTE EL USO DE BANDAS DE SHOTCRETE PARA REFORZAR EL SOSTENIMIENTO PRIMARIO EN EL SN 394 – NV 1400, VETA ANDAYCHAGUA – VOLCAN COMPAÑÍA MINERA, 2024"

Autores:

1. ALEJANDRO GIANFRANCO PUCLLAS LIMACHE – EAP. Ingeniería de Minas
2. LEANDRO RONALDO TORRES SOLANO – EAP. Ingeniería de Minas

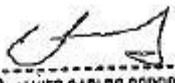
Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 10
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,


 **JAVIER CARLOS CÓRDOVA BLANCAS**
INGENIERO DE MINAS
CIP N° 138214

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Dedicamos el presente trabajo a nuestros padres por sus sabios consejos y su apoyo incondicional. A la plana docente de la EAP Minas de la Universidad Continental por darnos una formación académica adecuada en nuestra vida universitaria. Así mismo, a los profesionales de la mina Andaychagua y nuestro asesor Ing. Javier Córdova Blancas por su soporte profesional en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A Dios y nuestros padres, por formarnos como personas de bien y ser el soporte emocional y económico en nuestra formación profesional. Así mismo, a nuestros familiares por estar siempre en cada momento de nuestras vidas, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| ASESOR----- | I |
| AGRADECIMIENTO----- | II |
| DEDICATORIA----- | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDO----- | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS----- | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS----- | IX |
| RESUMEN----- | X |
| ABSTRACT----- | XI |
| INTRODUCCIÓN----- | XII |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO----- | 13 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema----- | 13 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema----- | 13 |
| 1.1.2. Formulación del problema----- | 14 |
| 1.2. Objetivos----- | 14 |
| 1.2.1. Objetivo general----- | 14 |
| 1.2.2. Objetivos específicos----- | 15 |
| 1.3. Justificación e importancia----- | 15 |
| 1.3.1. Justificación social - práctica----- | 15 |
| 1.3.2. Justificación académica----- | 15 |
| 1.4. Hipótesis de la investigación----- | 16 |
| 1.4.1. Hipótesis general----- | 16 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas----- | 16 |
| 1.5. Identificación de las variables----- | 16 |
| 1.5.1. Variable independiente----- | 16 |
| 1.5.2. Variable dependiente----- | 16 |
| 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables----- | 17 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO----- | 18 |
| 2.1. Antecedentes del problema----- | 18 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales----- | 18 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales----- | 19 |
| 2.2. GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA YAULI----- | 20 |
| 2.2.1. Ubicación de la mina Andaychagua----- | 20 |
| 2.2.2. Accesibilidad a mina Andaychagua----- | 21 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.3 | Geología Regional ----- | 22 |
| 2.3.1 | Geología local ----- | 22 |
| 2.3.2 | Geología estructural----- | 24 |
| 2.3.3 | Tipo de yacimiento ----- | 26 |
| 2.4 | Calidad del macizo rocoso----- | 27 |
| 2.5 | Método de explotación ----- | 28 |
| 2.5.1 | Método Cut and fill – veta Andaychagua ----- | 28 |
| 2.5.2 | Diseño del método Cut and fill – veta Andaychagua ----- | 29 |
| 2.6 | Bases teóricas del estudio----- | 31 |
| 2.6.1 | Aspectos geológicos - geotécnicos ----- | 31 |
| 2.6.2 | Mecanismos de inestabilidad por unidad geotécnica ----- | 31 |
| 2.6.3 | Características de fortificación ----- | 34 |
| 2.6.4 | Metodologías empíricas----- | 35 |
| 2.6.5 | Consideraciones operacionales en la unidad minera----- | 38 |
| 2.6.6 | Dosificación de shotcrete y bandas de shotcrete ----- | 42 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ----- | | 44 |
| 3.1 | Método y alcances de la investigación----- | 44 |
| 3.1.1 | Método de la investigación----- | 44 |
| 3.1.2 | Alcances de la investigación----- | 45 |
| 3.2 | Diseño de la investigación----- | 45 |
| 3.3 | Población y muestra ----- | 45 |
| 3.3.1 | Población----- | 45 |
| 3.3.2 | Muestra----- | 45 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos ----- | 46 |
| 3.4.1 | Técnicas utilizadas en la recolección de datos ----- | 46 |
| ✓ | Revisión de información: diferentes procesos unitarios.----- | 46 |
| ✓ | Observación de campo: procesos de sostenimiento, aplicados en la veta Andaychagua. ----- | 46 |
| ✓ | Evaluaciones de información de las bandas de shotcrete.----- | 46 |
| 3.4.2 | Instrumentos utilizados en la recolección de datos ----- | 46 |
| ✓ | Plantillas de sostenimiento. ----- | 46 |
| ✓ | Abacos de sostenimiento. ----- | 46 |
| ✓ | Análisis de información en hojas de cálculo. ----- | 46 |
| ✓ | etc. ----- | 46 |
| CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ----- | | 47 |
| 4.1 | Análisis de las consideraciones de sostenimiento en la veta Andaychagua ----- | 47 |
| 4.2 | Análisis de consumo de shotcrete: Sn 394, Nv 1400 – veta Andaychagua ----- | 51 |
| 4.3 | Análisis de la dosificación de shotcrete: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua ----- | 54 |
| 4.4 | Análisis de las bandas de shotcrete: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua ----- | 55 |
| 4.5 | Análisis de las actividades en sostenimiento primario: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua -- | 61 |
| 4.6 | Análisis económico de consumo de shotcrete SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua ----- | 65 |
| 4.7 | Validación de la hipótesis: Variables Operacionales, económicas y actividades asociadas----- | 67 |
| CONCLUSIONES----- | | 71 |
| RECOMENDACIONES ----- | | 74 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ----- | | 75 |

| | |
|----------------|-----------|
| ANEXOS | 76 |
| Anexo 1 | 77 |
| Anexo 2 | 79 |
| Anexo 3 | 87 |
| Anexo 4 | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables..... | 17 |
| Tabla 2. Acceso a la mina Andaychagua | 21 |
| Tabla 3. Índices de calidad del macizo rocoso para cada unidad geotécnica (UGT)..... | 28 |
| Tabla 4. Tonelaje asociado, veta Andaychagua..... | 31 |
| Tabla 5. Identificación del comportamiento del macizo rocoso frente a excavaciones..... | 33 |
| Tabla 6. Infraestructura en las diferentes UGT, veta y cuerpo Andaychagua..... | 36 |
| Tabla 7. Parámetros según calidad del macizo rocoso, para el sistema de soporte..... | 37 |
| Tabla 8. Parámetros de infraestructura para el sistema de soporte, según Q..... | 38 |
| Tabla 9. Resultados del diseño de soporte, recomendado por el sistema Q..... | 39 |
| Tabla 10. Dosificación para el diseño de sostenimiento primario..... | 44 |
| Tabla 11. Dosificación para el diseño de sostenimiento con bandas de shotcrete..... | 44 |
| Tabla 12. Parámetros según calidad del macizo rocoso, para el sistema de soporte..... | 51 |
| Tabla 13. Parámetros de infraestructura para el sistema de soporte, según Q..... | 51 |
| Tabla 14. Resultados del diseño de soporte, recomendado por el sistema Q..... | 52 |
| Tabla 15. Consumo de shotcrete, sostenimiento primario y secundario, veta Andaychagua..... | 53 |
| Tabla 16. Consumo de shotcrete, sostenimiento primario SN 394, NV 1400..... | 54 |
| Tabla 17. Consumo de shotcrete, sostenimiento secundario SN 394, NV 1400..... | 54 |
| Tabla 18. Consumo de shotcrete, sostenimiento secundario SN 394, NV 1400..... | 55 |
| Tabla 19. Parámetros de SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 56 |
| Tabla 20. Tiempo total de horas percutadas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 57 |
| Tabla 21. Metros lineales de cable bolting, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 57 |
| Tabla 22. M2 de mallas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 58 |
| Tabla 23. Tiempo de instalación de mallas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 58 |
| Tabla 24. Tiempo de limpieza de labor, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua..... | 58 |
| Tabla 25. Tiempo de percutado (perno y malla 8.10 m), SN 394, NV 1400..... | 59 |
| Tabla 26. Tiempo de puesta de perno, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua..... | 59 |
| Tabla 27. Resumen de parámetros operacionales en bandas de shotcrete, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua..... | 60 |
| Tabla 28. Análisis de Pareto, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua..... | 63 |
| Tabla 29. Resumen de pérdidas de tiempo en sostenimiento, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua..... | 65 |
| Tabla 30. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento primario..... | 66 |

Tabla 31. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento secundario (bandas).....67
Tabla 32. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento secundario (bandas).....68
Tabla 33. Validación de variables operacionales y económicas en bandas de shotcrete_69

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación de la mina Andaychagua | 21 |
| Figura 2. Geología regional, mina Andaychagua..... | 24 |
| Figura 3. Unidades litológicas en la veta y cuerpo Andaychagua..... | 25 |
| Figura 4. Modelo estructural de fallas mayores en la veta y cuerpo Andaychagua..... | 26 |
| Figura 5. Veta y cuerpo mineralizado, presentes en la mina Andaychagua..... | 27 |
| Figura 6. Sección geotécnica sector cuerpo y veta Andaychagua..... | 28 |
| Figura 7. Método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua..... | 29 |
| Figura 8. Esquema del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua..... | 30 |
| Figura 9. Diseño del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua..... | 31 |
| Figura 10. Unidades geotécnicas asociadas a la veta y cuerpo Andaychagua..... | 35 |
| Figura 11. Accesos, preparaciones y rampas empleadas para el minado en la veta y cuerpo Andaychagua..... | 38 |
| Figura 12. Resultados de la veta y cuerpo Andaychagua, según grimstad y Barton..... | 38 |
| Figura 13. Sostenimiento primario (shotcrete+perno+malla), veta Andaychagua..... | 40 |
| Figura 14. Deformación del sostenimiento primario, veta Andaychagua..... | 40 |
| Figura 15. Rehabilitación secundaria (bandas de shotcrete + cable bolting)..... | 41 |
| Figura 16. Deformación de las filitas..... | 41 |
| Figura 17. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua..... | 42 |
| Figura 18. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua..... | 43 |
| Figura 19. Programa de avances, veta Andaychagua..... | 49 |
| Figura 20. Unidades geotécnicas presentes en la veta Andaychagua..... | 50 |
| Figura 21. Dosificación de shotcrete Sn 394, Nv 1400, veta Andaychagua..... | 56 |
| Figura 22. Resumen de bandas de shotcrete, SN 394, Nv 1400, veta Andaychagua..... | 60 |
| Figura 23. Resumen de cable bolting y malla en bandas de shotcrete..... | 61 |
| Figura 24. Resumen de tiempos en bandas de shotcrete..... | 62 |
| Figura 25. Análisis de Pareto en sostenimiento, SN 394, Nv 1400, veta Andaychagua.... | 64 |
| Figura 26. Resumen de pérdida de tiempo en sostenimiento, veta Andaychagua..... | 65 |
| Figura 27. Resumen de costos de consumo de shotcrete, veta Andaychagua..... | 68 |
| Figura 28. Validación de variables operacionales en bandas de shotcrete..... | 69 |
| Figura 29. Validación de variables económicas en bandas de shotcrete..... | 70 |
| Figura 30. Validación de incidencia de actividades en sostenimiento con shotcrete..... | 71 |
| Figura 31. Programa de producción y avances en la veta Andaychagua..... | 86 |

RESUMEN

El desarrollo del trabajo de investigación involucra el análisis de la deformación del macizo rocoso, mediante el uso de bandas de shotcrete, para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394, NV 1400 de la veta Andaychagua en Volcan Compañía Minera S.A.A. Las variables operacionales analizadas consideran: el total de bandas instaladas, total de cable bolting, total de mallas, tiempos asociados (instalación, percutado, limpieza, puesta de pernos, etc), costos asociados y actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional.

El presente trabajo aplica el método inductivo – deductivo, para lo cual se analiza los parámetros operacionales y económicos de las bandas de shotcrete, así mismo se analiza las diferentes actividades de sostenimiento para identificar la pérdida de tiempo operacional.

El consumo de shotcrete total durante el periodo de julio y agosto en el sostenimiento primario fue de 329.20 m³, con un promedio diario de 0.91 m³/día y en el sostenimiento secundario (bandas de shotcrete) fue de 205.00 m³, con un promedio diario de 0.92 m³/día.

El total de avance en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua fue de 37.40 metros, con un total de 24.93 bandas de shotcrete, 266 metros de cable bolting, 267 m² de malla y un total de 205 m³ de shotcrete, permitiendo estabilizar la deformación del macizo rocoso aplicado en el sostenimiento primario (filitas).

El costo asociado al sostenimiento primario realizado en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua fue de 47,105.23 US \$ y el costo con el uso de las bandas de shotcrete fue de 29,333.45 US \$, generando un costo total durante el periodo de estudio de 76,438.68 US \$.

Finalmente, el análisis de las diferentes actividades asociadas al sostenimiento, considera las actividades que inciden directamente a nivel operativo como: espera de orden, mantenimiento correctivo y espera atención de shotcrete con un total de 1,917.88 horas durante los meses de julio y agosto.

Palabras clave: sostenimiento primario, bandas de shotcrete, costo unitario, cable bolting, mallas, tiempo de percutado, etc.

ABSTRACT

The development of the research work involves the analysis of the deformation of the rock mass, through the use of shotcrete bands, to reinforce the primary support in SN 394, NV 1400 of the Andaychagua vein in Volcan Compañía Minera S.A.A. The operational variables analyzed consider: the total number of bands installed, total cable bolting, total meshes, associated times (installation, striking, cleaning, bolting, etc.), associated costs and maintenance activities to determine the loss of operational time. .

This work applies the inductive-deductive method, for which the operational and economic parameters of the shotcrete belts are analyzed, and the different maintenance activities are analyzed to identify the loss of operational time.

The total shotcrete consumption during the period of July and August in primary support was 329.20 m³, with a daily average of 0.91 m³/day and in secondary support (shotcrete bands) was 205.00 m³, with a daily average of 0.92 m³/day.

The total progress in SN 394, Lv 1400 of the Andaychagua vein was 37.40 meters, with a total of 24.93 bands of shotcrete, 266 meters of cable bolting, 267 m² of mesh and a total of 205 m³ of shotcrete, allowing stabilization the deformation of the rock mass applied in the primary support (phyllites).

The cost associated with the primary support carried out in SN 394, Lv 1400 of the Andaychagua vein was 47,105.23 US\$ and the cost with the use of shotcrete bands was 29,333.45 US\$, generating a total cost during the study period of 76,438.68 US\$.

Finally, the analysis of the different activities associated with maintenance considers the activities that directly affect the operational level such as: waiting for order, corrective maintenance and waiting for shotcrete attention with a total of 1,917.88 hours during the months of July and August.

Keywords: primary support, shotcrete bands, unit cost, cable bolting, meshes, striking time, etc.

INTRODUCCIÓN

La geología local presente en la veta Andaychagua está compuesta por filitas del grupo Excelsior y meta volcánicos del grupo Mitu, los cuales hospedan la mineralización presente. La calidad del macizo rocoso asociado a las filitas que tiene un rango de RMR entre 30 a 40, el cual considera una calidad de roca mala a muy mala.

El sostenimiento primario utilizado en este dominio geológico y geomecánico está compuesto por shotcrete + perno + malla, el cual se ve afectado por el hinchamiento de la filita, generando el agrietamiento del sostenimiento primario. El sostenimiento con concreto, de por sí, no es suficiente para detener la deformación, llega un punto en que se carga tanto y es necesario percutar, para liberar la energía de la excavación.

Por tal motivo, se viene aplicando las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario y así mantener la estabilidad del macizo rocoso. El uso de bandas de shotcrete con cable bolting, permite retener de una mejor manera el terreno.

El desarrollo del presente trabajo de investigación, permitirá realizar un análisis de las variables operacionales y económicas de las bandas de shotcrete, así como, de las actividades asociadas al sostenimiento, determinando la pérdida de tiempo operacional, describiéndose en 4 capítulos.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos, así como la justificación e identificación de variables. Para el capítulo II, se plantea el marco teórico del estudio, considerando los antecedentes, generalidades de la unidad minera y bases teóricas del estudio. En el Capítulo III, se describe la metodología de la investigación, el cual considera el método, alcances y diseño de la investigación, así como la población y muestra, considerando las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Finalmente, en el capítulo IV, se considera las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación, considerando la validación de las hipótesis planteadas.

Los autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas en operaciones mineras subterráneas, es considerar un adecuado tipo de sostenimiento, el cual afecta directamente las condiciones de seguridad en la operación, el cumplimiento de los programas de avance, el plan de producción, etc., Por tal motivo, es indispensable tener un nivel de conocimiento adecuado de los diferentes dominios geológicos y geomecánicos en la unidad minera, para poder aplicar un adecuado sostenimiento.

La geología local presente en la mina Andaychagua está compuesta por filitas del grupo Excelsior y meta volcánicos del grupo Mitu, los cuales hospedan la mineralización presente. La calidad del macizo rocoso asociado a las filitas tiene un rango de RMR entre 30 a 40, el cual considera una calidad de roca mala y muy mala.

El sostenimiento primario utilizado en este dominio geológico y geomecánico está compuesto por shotcrete + perno + malla, el cual se ve afectado por el hinchamiento de la filita, generando el agrietamiento del sostenimiento primario. El sostenimiento con concreto, de por sí, no es suficiente para detener la deformación, llega un punto en que se carga tanto y es necesario percutar, para liberar la energía de la excavación.

Por tal motivo, se viene aplicando las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario y así mantener la estabilidad del macizo rocoso. El uso de bandas de shotcrete con cable bolting, permite retener de una mejor manera el terreno. El desarrollo del presente trabajo de investigación, permitirá realizar un análisis comparativo entre los escenarios con y sin uso de bandas de shotcrete, analizando variables operacionales y económicos.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el análisis de la deformación del macizo rocoso mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye los parámetros operacionales de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023?
- b) ¿Cómo influye el análisis económico de consumo de shotcrete mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023?
- c) ¿Cómo influye el análisis de las actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del análisis de la deformación del macizo rocoso mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de los parámetros operacionales de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.
- b) Determinar el análisis económico del consumo de shotcrete mediante el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.
- c) Realizar el análisis de las actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

1.3. Justificación e importancia

El desarrollo del presente trabajo de investigación, involucra un adecuado sostenimiento secundario, mediante el uso de bandas de shotcrete como complemento en el sostenimiento primario de shotcrete + malla y perno, esto producto del control de la liberación de energía en rocas tipo filitas con un RMR entre 30 a 40.

1.3.1. Justificación social - práctica

El resultado obtenido mediante el uso de bandas de shotcrete como sostenimiento secundario, ayudará a cumplir con el programa de avance, así como mantener las condiciones adecuadas de seguridad y definir el cumplimiento del plan de minado programados.

1.3.2. Justificación académica

Los resultados obtenidos, considera una adecuada herramienta académica, el cual permite ser una herramienta académica comparativa con estudios similares, el cual será usado por estudiantes, docentes e investigadores, en estudios similares.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar la influencia del análisis de la deformación del macizo rocoso mediante el uso de bandas de shotcrete influye en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar la influencia de los parámetros operacionales de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete influye en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

- b) Al determinar el análisis económico del consumo de shotcrete mediante el uso de bandas de shotcrete influye en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

- c) Al realizar el análisis de las actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional influye en el reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua - Volcan Compañía Minera, 2023.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Aplicación de las bandas de shotcrete en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua.

1.5.2. Variable dependiente

Análisis de las variables operacionales y económicos de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición operacional | | |
|--|---|---|--|--|
| | | Dimensiones | Sub-Dimensiones | Indicadores |
| VI: Aplicación de las bandas de shotcrete en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua. | El uso de bandas de shotcrete, es de vital importancia como complemento del sostenimiento primario, estabilizando áreas con liberación de energía en las filitas presentes. | <ul style="list-style-type: none"> • Variable Geológica • Variable Geomecánica • Variables Operacionales | <p>Área de Geología</p> <p>Área de Geomecánica</p> <p>Área de Sostenimiento</p> | <p>Tipo estructura, potencia, buzamiento, etc.</p> <p>RQD, GSI, RMR, dureza, humedad, etc.</p> <p>Parámetros dosificación, m3 de shotcrete, etc.</p> |
| VD: Análisis de las variables operacionales y económicos de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete. | Al realizar el análisis operacional y económico, con el uso de bandas de shotcrete, permitirá la estabilidad y control del sostenimiento primario en la veta Andaychagua. | <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros operacionales • Parámetros económicos | <p>Variables operacionales de sostenimiento</p> <p>Variables económicas de sostenimiento</p> | <p>Total bandas, cable bolting, mallas, tiempo de percutado, tiempo de instalación, etc.</p> <p>Costo de sostenimiento primario y con bandas de shotcrete.</p> |

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis comparativo de metodología de sostenimiento de túneles*», con el objetivo de realizar el análisis y comparación de las clasificaciones geomecánicas y las propuestas de sostenimiento. Para tal estudio se comparó con el desarrollo de los Túneles de Pajares y Guadarrama, asociando los métodos empíricos de sostenimiento como: Biewiawski, Barton, Romana e ICE, así como los modelos numéricos aplicando el software Phase 2. Para considerar el análisis de los estudios se asumió el análisis de la calidad de la formación (RMR), en función al índice de plasticidad (IC). Los resultados obtenidos, asumen consideraciones como a un mayor RMR, el índice de plasticidad es mayor, considerando algunas excepciones. Estos valores consideran que a un RMR mayor, la calidad del macizo rocoso es mayor, por ende, un mayor valor del índice de plasticidad y mostrara una mayor estabilidad, lo que se concluye que se considera un buen macizo rocoso y no está muy plastificado (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Estudio de las distribuciones tensionales y de las resistencias de los rellenos de pasta de la mina subterránea de aguas teñidas (Huelva)*», cuyo objetivo es el análisis del diseño operacional, zona de mezcla y transporte en mina del relleno en pasta. De los estudios analizados consideran que los costos de relleno en pasta representan aproximadamente el 20% de los costos operacionales.

El estudio considera la importancia del relleno en pasta en operaciones subterráneas, cuyas condiciones geomecánicas solicitan un sostenimiento adecuado por el alto tonelaje extraído en cámaras de explotación amplias. Así mismo, el uso de este tipo de relleno, ayudará a las condiciones de estabilidad del macizo rocoso en tajos de altas dimensiones (colapso de labores o estallido de rocas), así como las condiciones de seguridad en los diferentes frentes de operación de la unidad minera. El uso del relleno en pasta, involucra un diseño inicial para mantener el relleno en pasta estable como los diques tapón de diferentes materiales como concreto, detritico, etc. Así mismo, la aplicabilidad de este tipo de rellenos permitirá una maximización de la recuperación de mineral, mejorando la productividad de los diferentes procesos unitarios de las áreas de mina, planta y comercial (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Aplicación del sistema de sostenimiento de arcos noruegos para garantizar la estabilidad permanente de los túneles del polvorín principal de la mina Pallca – Cía Minera Santa Luisa S.A. – 2019*». Cuyo objetivo, fue determinar la implementación de un sistema de sostenimiento con ARCOS NORUEGOS para la estabilización permanente del polvorín principal de la mina, con calidad de roca del tipo IV-A y IV-B.

Durante el desarrollo del laboreo principal, considera minar distintos sectores con terrenos muy críticos, utilizando cuadros metálicos como sostenimiento principal, bajo condiciones seguras. Así mismo, el uso de este tipo de sostenimiento permitió mejorar el avance efectivo y reducir los costos operacionales, durante el ciclo de minado (3).

- ✓ Tesis titulada: «Control de costos y beneficios en un sistema de Sostenimiento de una Mina Convencional, en la Empresa Minera “Max Pala S.A.C.». El objetivo fue evaluar los costos y beneficios del sistema de sostenimiento actual en labores de explotación de la empresa minera Max Pala SAC de Arequipa. Los resultados obtenidos consideran una galería de mayor dimensión considerando el sostenimiento por shotcrete versus cuadros de madera, así mismo se considera una reducción de costos de 293.16 S./m lineal en cuadros de madera a una reducción del 51.72% en sostenimiento por shotcrete aplicado en una galería de 100 m (4).

- ✓ Tesis titulada: «*Estudio del sostenimiento activo y pasivo en labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad*», donde el objetivo, considera el análisis del diseño de sostenimiento en labores de desarrollo. El análisis del sostenimiento primario (shotcrete) considera el análisis de los diferentes factores operacionales como: la dosificación, tiempo de fraguado, resistencia asociada, etc., y su influencia en el cumplimiento de los planes de minado de la unidad minera. El estudio analiza diferentes tipos de sostenimiento como: shotcrete, pernos y mallas, cimbras, etc., o una variedad de ellos, de acuerdo a las propiedades del macizo rocoso. Los costos de sostenimiento inicial con madera fueron de 20.3 US\$/ton, reduciendo a 19.05 US\$/ton mediante el uso de sostenimientos mecanizados, mejorando la estabilidad de áreas minadas (5).

2.2 GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA YAULI

2.2.1 Ubicación de la mina Andaychagua

La mina Andaychagua pertenece a la UM Yauli emplazado en la cordillera occidental, con una altura 4400 msnm., perteneciente al distrito de Huayhuay, provincia Yauli y región Junín.

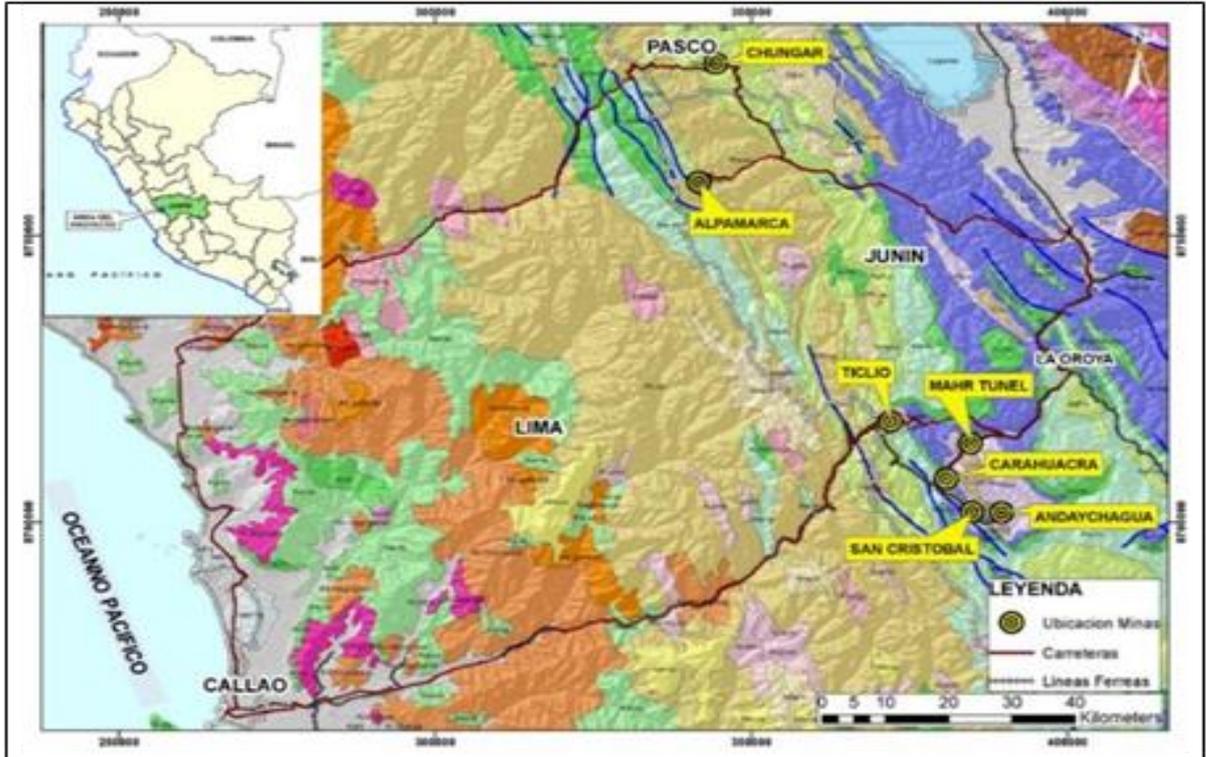


Figura 1. Ubicación de la mina Andaychagua
Fuente: área de Geología

2.2.2 Accesibilidad a mina Andaychagua

La Mina Andaychagua se ubica a 181 km al NE de la ciudad de Lima, considerando un tiempo de 5 horas y 40 minutos aproximadamente.

Para arribar a la mina Andaychagua, se relaciona la siguiente ruta:

- ✓ Lima a Pachacayo, de allí a la mina Andaychagua con una distancia de 181 kilómetros aproximadamente.

Tabla 2. Acceso a la mina Andaychagua

| TRAMO | DISTANCIA (km) | TIEMPO (hrs) | CONDICIONES DE VÍA |
|---|----------------|--------------|----------------------------------|
| Lima – Oroya – Pachacayo – Mina Andaychagua | 181 Kilóm. | 5.40 hrs | Tramo asfaltado - tramo afirmado |

Fuente: área de Geología

2.3 Geología Regional

El yacimiento Andaychagua se ubica en el lado SE del domo de Yauli los cuales forman una secuencia de unidades estratigráficas desde el paleozoico inferior hasta el cretácico inferior, asociados a una serie de anticlinales y sinclinales de ejes paralelos. El yacimiento de Andaychagua se emplaza en el anticlinal Chumpe con rumbo N 45° W.

La litología asociada al anticlinal Chumpe de edad paleozoica, está compuesta por rocas sedimentarias y volcánicas, asociados a un intenso plegamiento, los cuales han sido intruídos por intrusivos de composición ácida, intermedia y básica.

El flanco occidental está compuesta por calizas (grupo Pucará) y areniscas (grupo Goyllarisquizga), en el flanco oriental se presenta las rocas del grupo Mitu y sobre estas el grupo Pucará, y en la parte central se presenta rocas metamórficas del grupo Excelsior del paleozoico.

Los intrusivos asociados en el área de estudio compuesta por el intrusivo ácido Chumpe y sill de composición dacita porfirítica, los intrusivos básicos compuesta por gabros los que han sido desplazados por la falla Andaychagua.

El tectonismo asociado a las principales litologías presentes, se observa una en la tectónica Tardihercínica el cual generó un intenso plegamiento a las filitas del grupo Excelsior, luego el periodo asociado a la tectónica Andina el cual plegó a las rocas del cenozoico, comenzando a fines del Cretácico y finalizando a mediados del terciario.

Se asocia a un yacimiento hidrotermal de alcance hipo a epitermal, compuesta por un conjunto de vetas y cuerpos polimetálicos de Zn, Pb y Ag.

2.3.1 Geología local

Localmente en el área de estudio está asociado a la veta Andaychagua, veta Andaychagua 1 y cuerpo mineralizado Andaychagua. La geología del área de estudio está compuesto principalmente por filitas del grupo Excelsior y a rocas meta volcánicas del grupo Mitu, los que hospedan la mineralización.

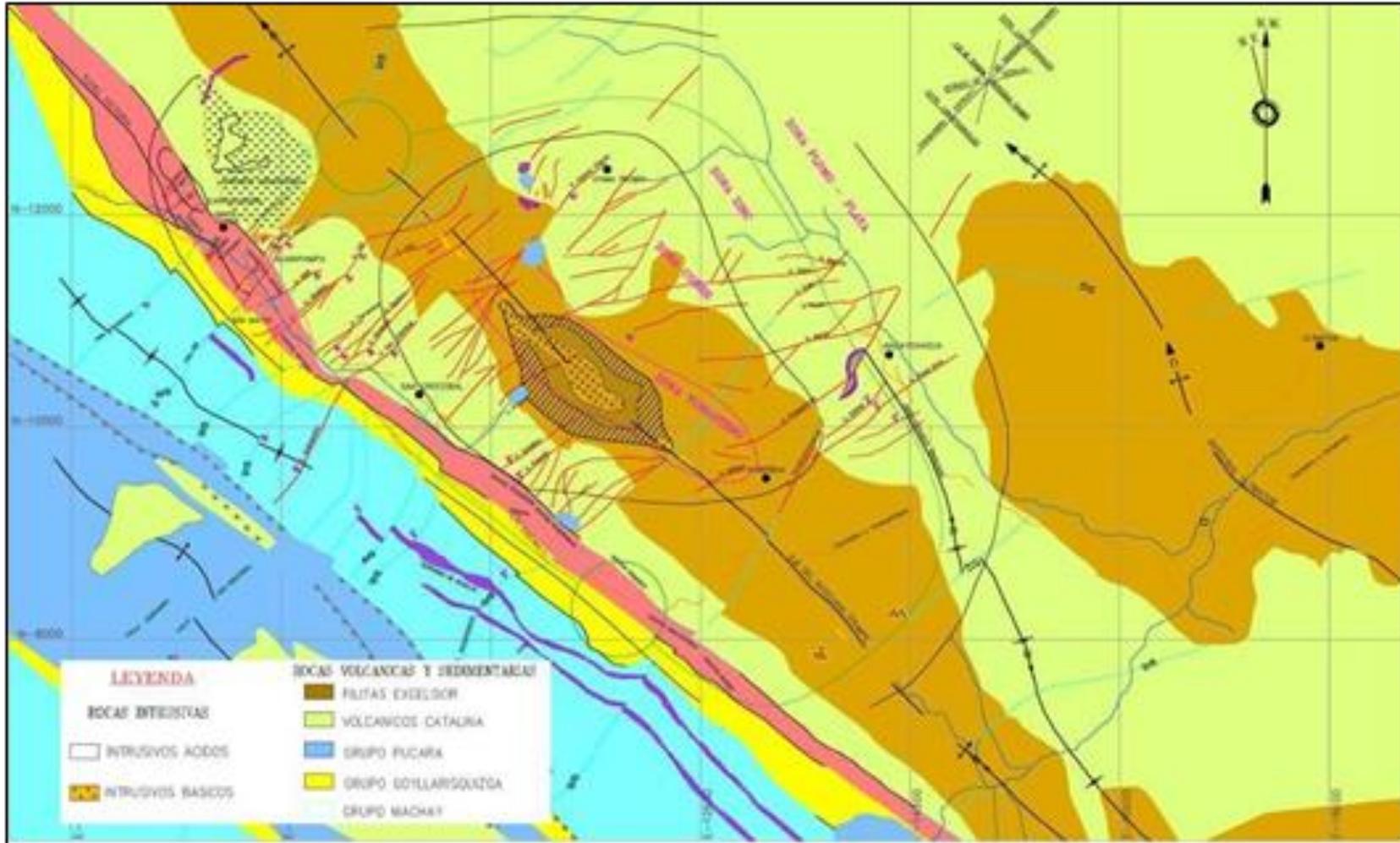


Figura 2. Geología regional, mina Andaychagua
Fuente: área de Geología

Las unidades geológicas presentes en el sector de la veta y cuerpo Andaychagua está compuesta por:

- ✓ Grupo Excelsior: compuesta principalmente de filitas, con alteración hidrotermal tipo argilización, silicificación, cloritización y sericitización, con foliaciones verticales y sub horizontales.
- ✓ Grupo Mitu: asociadas a rocas volcánicas que han sido metamorfizadas, los que se ubican dentro de las filitas, formando cuerpos irregulares de dirección NW – SE.

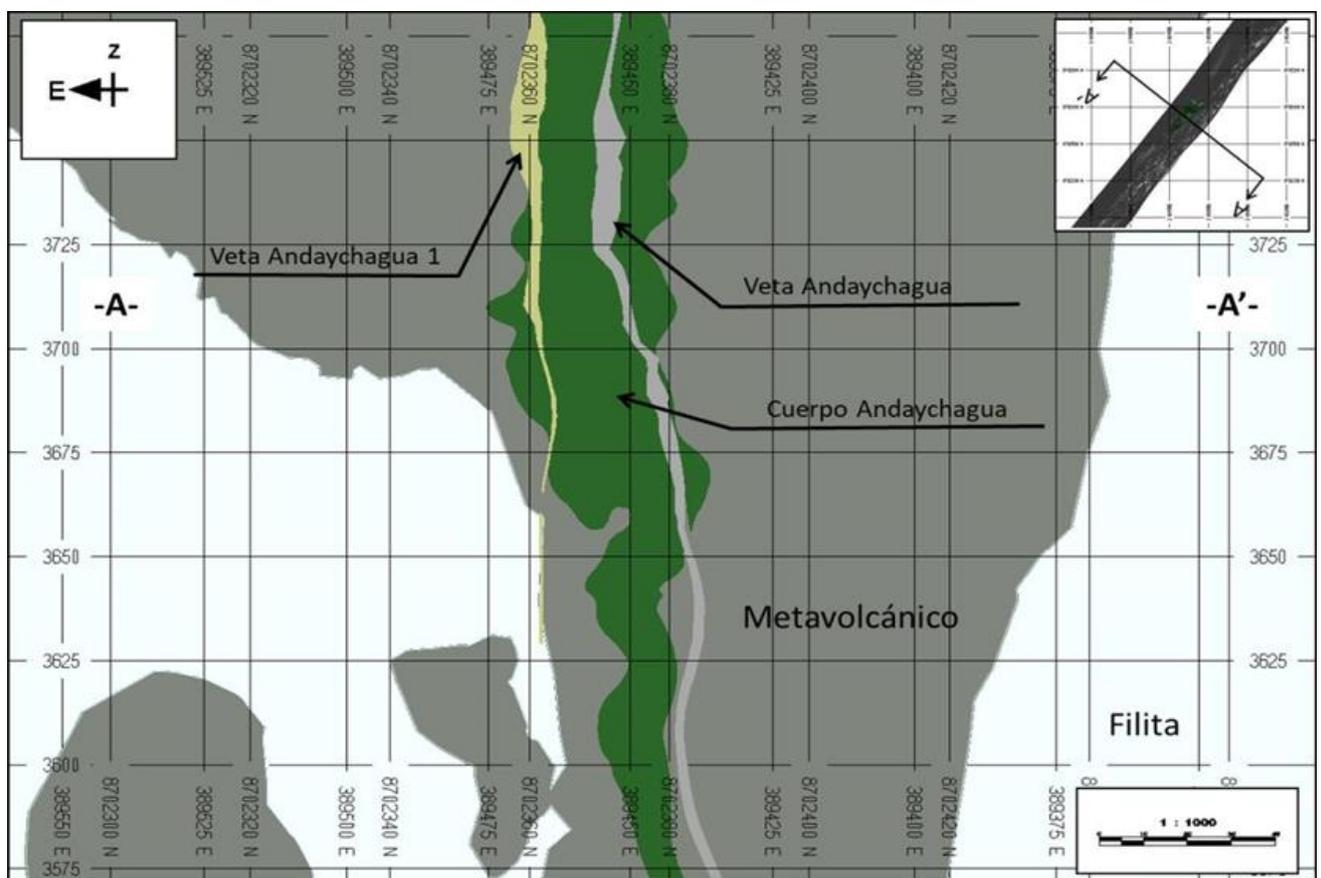


Figura 3. Unidades litológicas en la veta y cuerpo Andaychagua
Fuente: área de Geología

2.3.2 Geología estructural

El modelo estructural asociado al yacimiento, está compuesto por las discontinuidades mayores, intermedias y menores, presentes en el macizo rocoso son representados por:

- ✓ Discontinuidades mayores:
Asociados a fallas o contactos mayores, de gran continuidad y representan a una unidad completa. El modelo constituyen a estructuras asociadas a vetas mineralizadas o vetas falla, el cuerpo y la veta Andaychagua corresponde a la veta falla con una extensión de 5 kilómetros y una dirección de N 30° E / 72-90° SE. Así mismo, se observan estructuras de rumbo NW paralelo al eje del anticlinal Chumpe.
- ✓ Discontinuidades intermedias:
Se han identificado 6 patrones de discontinuidades intermedias en la veta Andaychagua.
- ✓ Discontinuidades menores:
Se identificó 2 dominios estructurales de discontinuidades menores asociados a las 2 litologías presentes en el yacimiento.

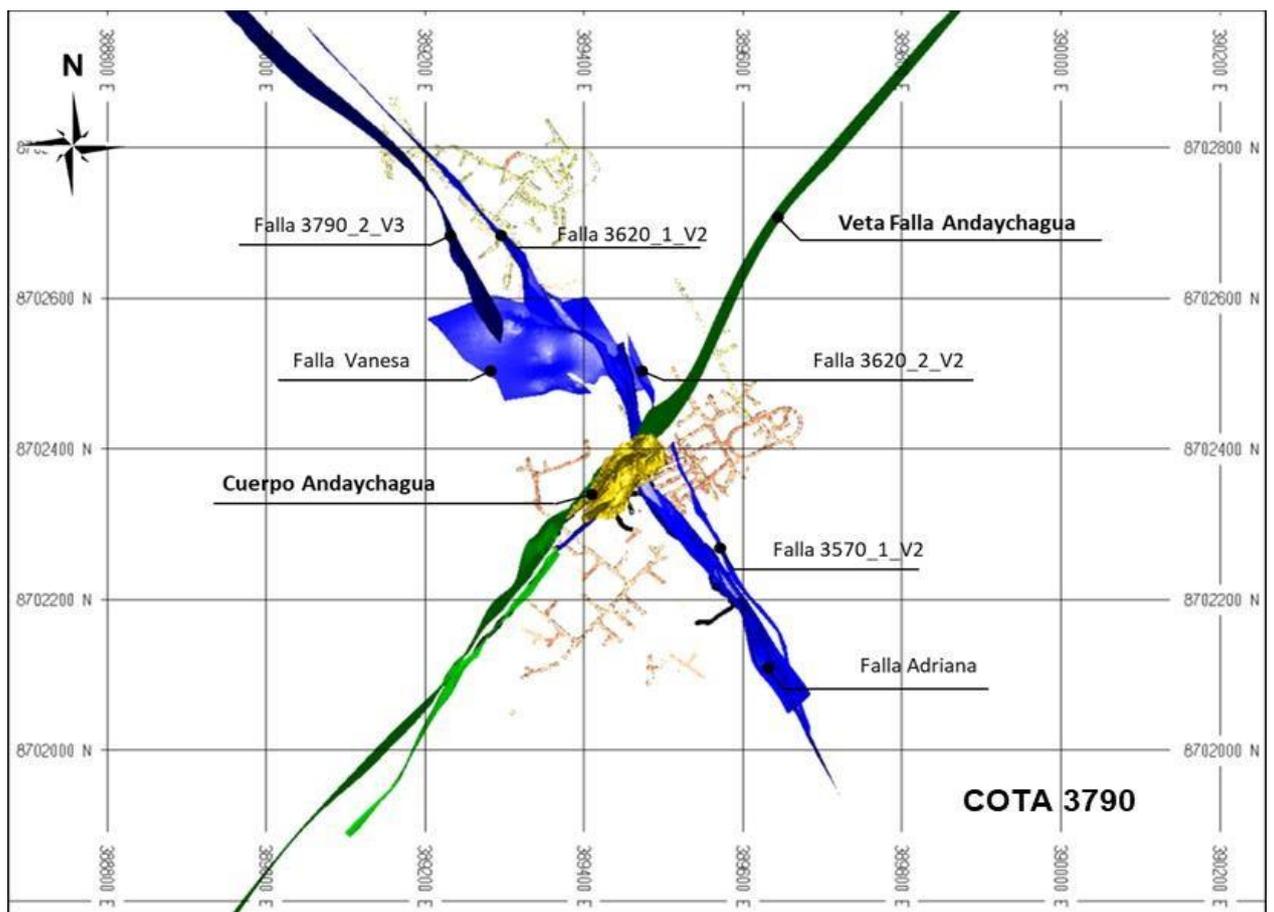


Figura 4. Modelo estructural de fallas mayores en la veta y cuerpo Andaychagua
Fuente: área de Geomecánica

2.3.3 Tipo de yacimiento

La mineralización presente en el área de estudio está asociado a vetas y cuerpos polimetálicos del terciario, emplazados entre las filitas (excelsior) y volcánicos (mitu). La mineralización principal de Zn, Pb, Ag y Cu, representada principalmente por la veta y cuerpo Andaychagua, así mismo se observa el cuerpo Salvadora y el cuerpo Prosperidad. Las estructuras asociadas a la veta y cuerpo Andaychagua se emplazan en los dominios de las filitas (alteración tipo cloritización y sericitación) y metavolcánicos.

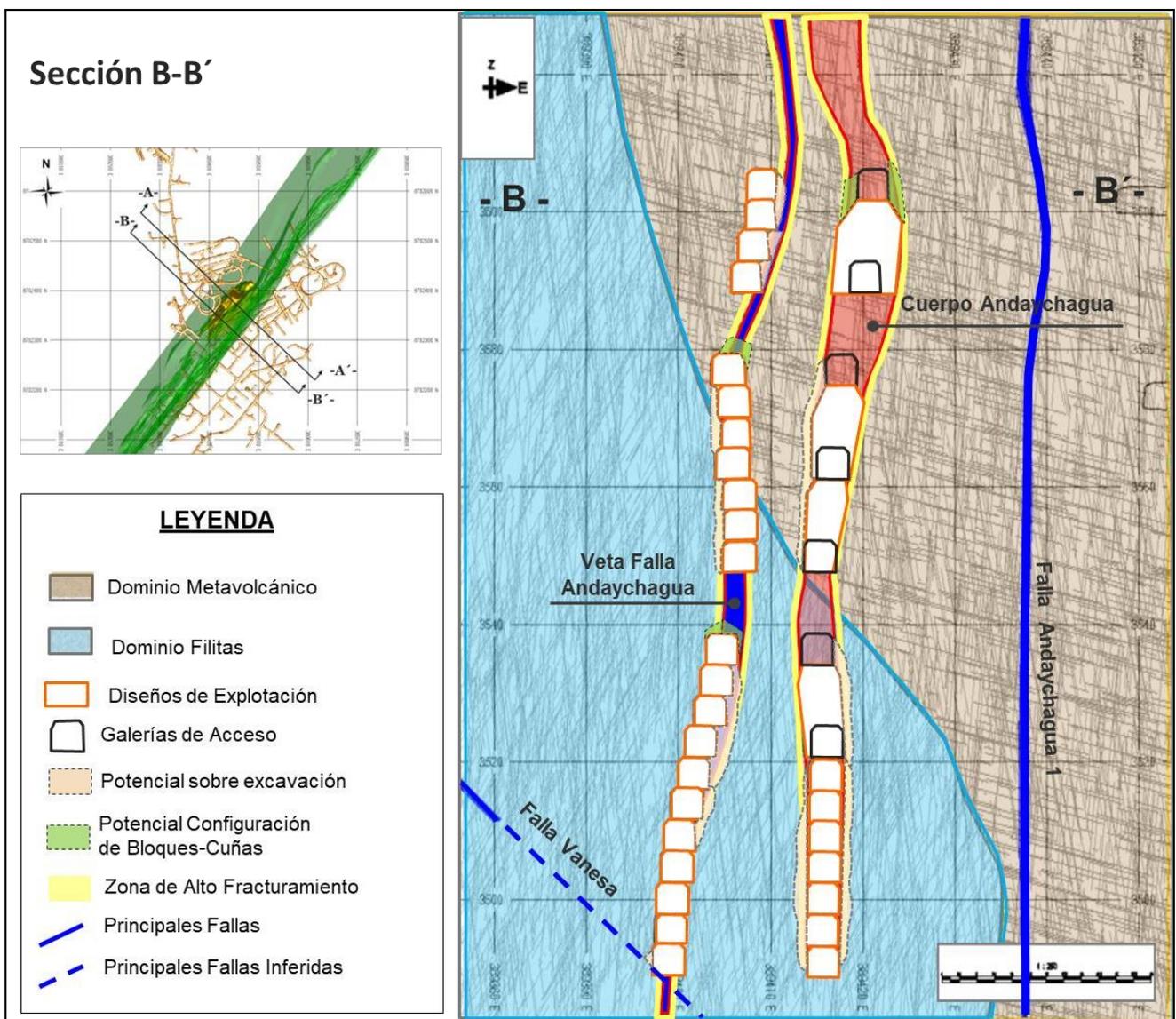


Figura 5. Veta y cuerpo mineralizado, presentes en la mina Andaychagua
Fuente: área de Geología

2.4 Calidad del macizo rocoso

De acuerdo al estudio de la calidad del macizo rocoso en sondajes, se definió 6 unidades geotécnicas: UGT Metavolcánico, UGT Metavolcánico Mineralizado, UGT Zona de Alto Fracturamiento, UGT Cuerpo Mineralizado, UGT Filita y UGT Filita Silíceea.

Tabla 3. Índices de calidad del macizo rocoso para cada unidad geotécnica (UGT)

| ID UGT | Descripción | IRS | (*) RQD (%) | (*)RMR _{B89} | |
|--------|-----------------------------|-------|-------------|-----------------------|-------|
| | | | | Promedio | Rango |
| MVOL | Metavolcánico | R3-R4 | 80-100 | 61 | 53-68 |
| FLT | Filita | R2 | 36-60 | 35 | 27-42 |
| FLT SL | Filita Silíceea | R3 | 71-100 | 57 | 51-63 |
| MIN | Cuerpo mineralizado masivo | R2 | 27-66 | 39 | 32-46 |
| MVOLM | Metavolcanico mineralizado | R3 | 90-100 | 62 | 58-65 |
| ZAF | Zona de Alto fracturamiento | R0-R1 | 0-34 | 20 | 12-28 |

Fuente: área de Geomecánica

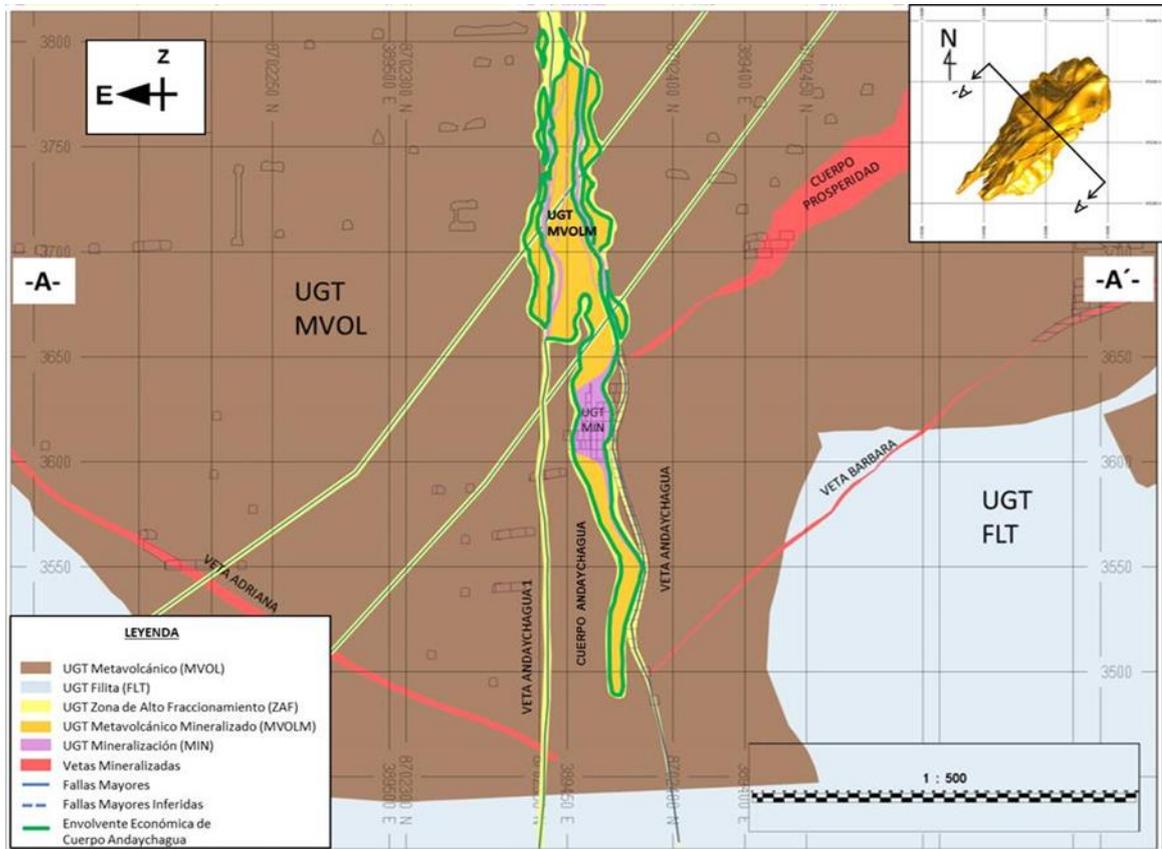


Figura 6. Sección geotécnica sector cuerpo y veta Andaychagua

Fuente: área de Geomecánica

De acuerdo a las unidades geotécnicas presentes en la veta y cuerpo Andaychagua, se considera la UGT Filita, el cual está relacionado a filitas del grupo excelsior en donde se asocia a alteraciones de sericitización y cloritización, considerando una calidad de roca de regular a mala calidad geotécnica con baja resistencia de matriz rocosa y moderado grado de fracturamiento con valores de RMR_{B89} de 35 puntos y RQD (36-60) %.

2.5 Método de explotación

La veta Andaychagua es subvertical con potencias entre 2 y 5 metros, con un promedio de 3 metros, longitudes de exposición de 1.5 kilómetros y alturas más allá de 350 metros.

2.5.1 Método Cut and fill – veta Andaychagua

Para los periodos 2021 al 2026 se ha considerado explotar la veta Andaychagua en las zonas profundas,

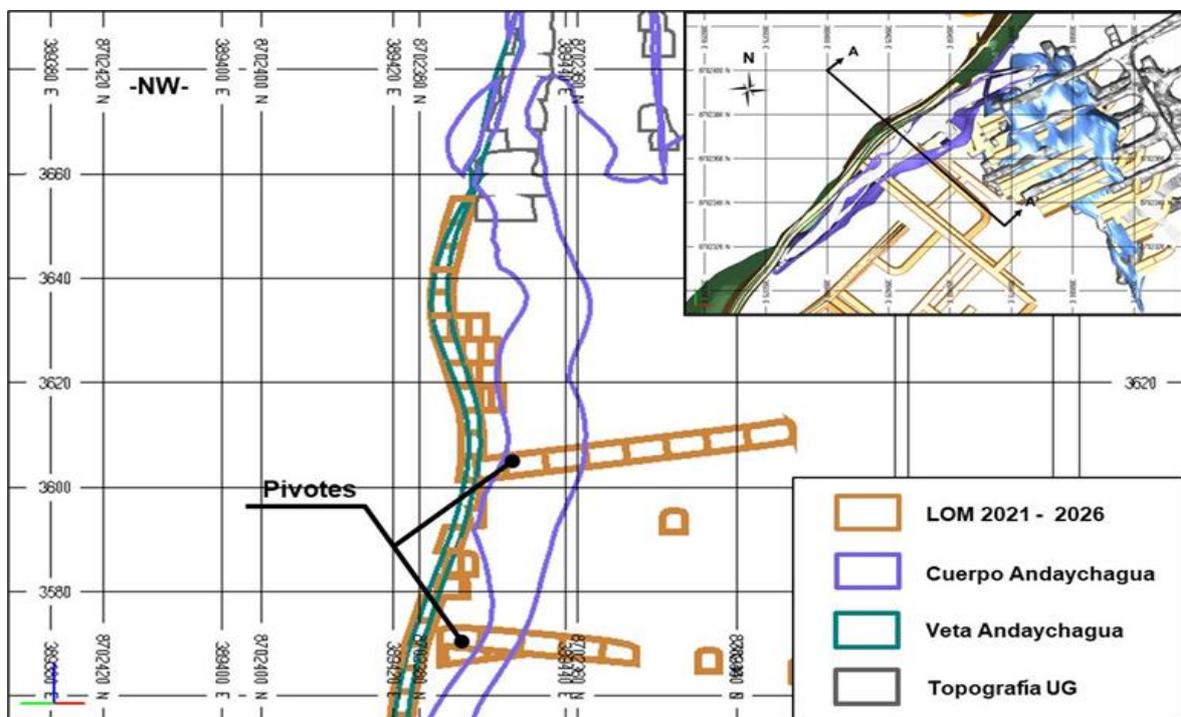


Figura 7. Método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua
Fuente: área de Geomecánica

El método consiste en la construcción de una rampa al SE de los cuerpos mineralizados, desde la cual se generan pivotes transversales que servirán de acceso a cada uno de los cortes de producción del C&F. Una vez finalizado el minado de uno de los cortes, este se rellena junto con su pivote de acceso sirviendo de piso para el corte superior generando una explotación ascendente. Cada panel de explotación estará compuesto por 4 a 11 cortes con sección 4,5 x 4,5 m, alcanzando una altura máxima de 49,5 m y una longitud entre 70 y 120 m. En la figura se muestra una vista esquemática de un panel compuesto por 4 cortes. El sentido de minado de los paneles es descendente, dejando puentes de 9 m de altura entre cada uno. Este método es aplicable tanto a la Veta como Cuerpo Andaychagua, en aquellas zonas donde el espesor no supere los 6 m.

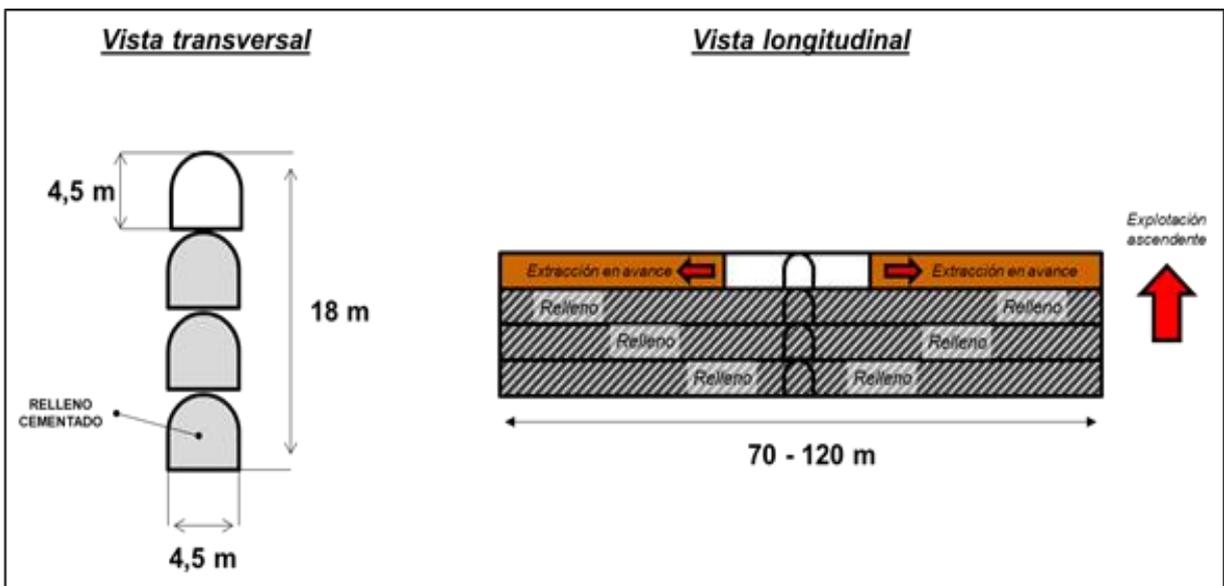


Figura 8. Esquema del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua.
Fuente: área de Geomecánica

2.5.2 Diseño del método Cut and fill – veta Andaychagua

El diseño propuesto para el minado de veta Andaychagua, mediante Cut and Fill, se ha subdividido en tres paneles: superior, central e inferior, de 18 m, 31,5 m y 49,5 m de altura respectivamente, los cuales están separados por puentes de seguridad de 9 m. La cantidad máxima de pivotes a emplear son 6, el cual está ubicado en la parte más profunda del panel inferior

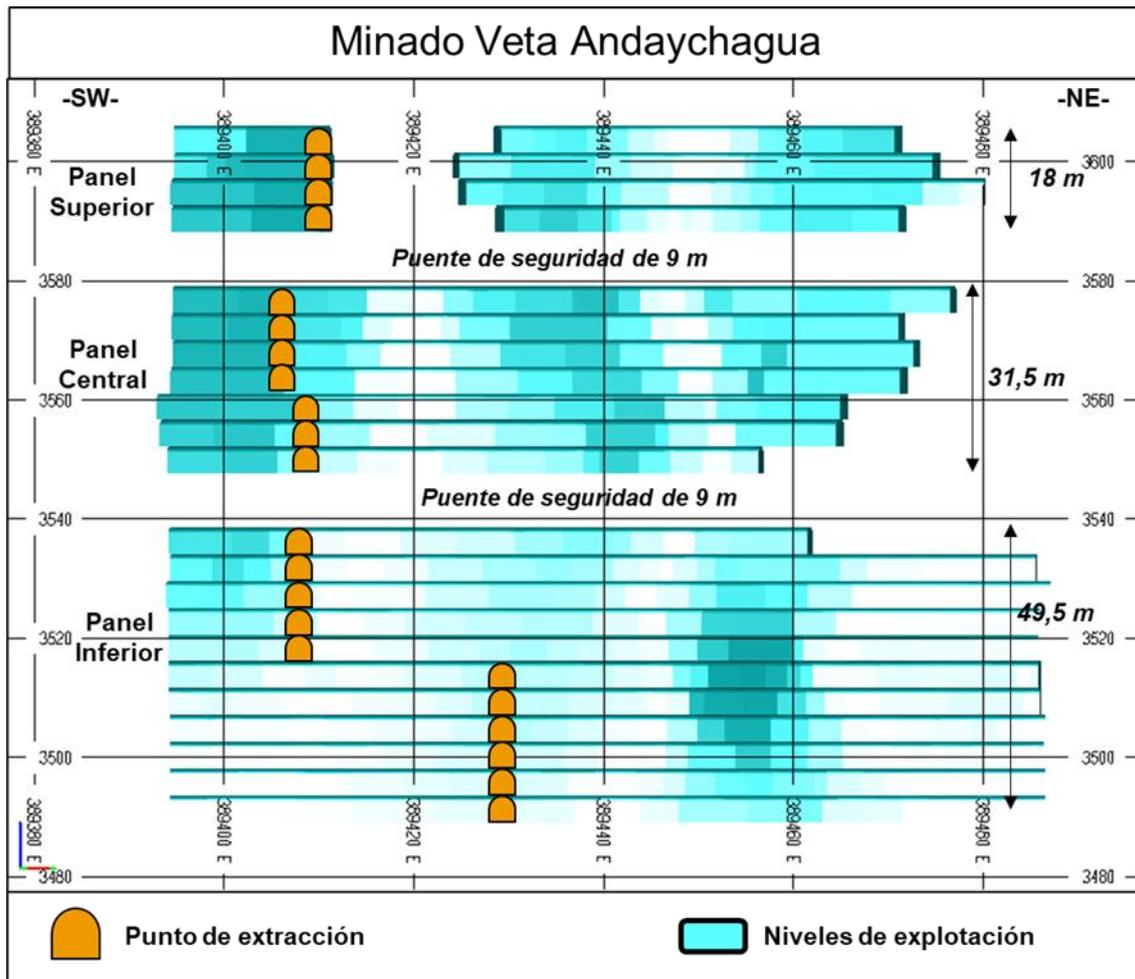


Figura 9. Diseño del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua.
Fuente: área de Geomecánica

a) Tonelaje asociado:

Para el minado de la veta Andaychagua se considera áreas de producción con longitudes de 100 metros, considerando una densidad de 3.2 gr/cm³ y un tonelaje in situ de:

Tabla 4. Tonelaje asociado, veta Andaychagua

| Tipo | Tonelaje (ton) (*) |
|----------|--------------------|
| Subnivel | 16.500 |
| Tajo | 46.900 |
| Corte | 26.700 |
| Total | 90.100 |

Fuente: área de Planeamiento

2.6 Bases teóricas del estudio

El desarrollo del trabajo de investigación involucra el análisis de la deformación del macizo rocoso, mediante el uso de bandas de shotcrete, para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394, NV 1400 en la veta Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A. Las variables operacionales analizadas consideran: el total de bandas instaladas, cable bolting, mallas, tiempos asociados (instalación, percutado, limpieza, puesta de pernos, etc), costos asociados y actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional.

2.6.1 Aspectos geológicos - geotécnicos

Para la explotación de la veta Andaychagua se han identificado los siguientes dominios geológicos y geotécnicos importantes:

- a) Zonas de alto fracturamiento: corresponde a una zona con alto fracturamiento y bajas propiedades de roca intacta, asociada a la presencia de fallas mayores y a su intersección con discontinuidades intermedias, también se ubica en zonas de contacto entre los cuerpos mineralizados y la roca caja. Corresponden a zonas de mala calidad de macizo rocoso, y con alto potencial de sobre- excavación en paredes y techos de las labores cercanas a esta.
- b) Permeabilidad en zonas de alto fracturamiento: la condición hidrogeológica de la mina, impone el nivel freático sobre las labores y esa condición aporta flujo a través de zonas de alto fracturamiento y discontinuidades.
- c) Régimen de esfuerzos: en mina Andaychagua existe un régimen compresivo alto que sumado al comportamiento plástico de la roca circundante (Filita) la cual tiene propiedades elásticas bajas, hacen que el macizo rocoso sea fácilmente deformable bajo la presencia de altos esfuerzos generando fenómeno de squeezing (expansión).

2.6.2 Mecanismos de inestabilidad por unidad geotécnica

Los aspectos geológicos relevantes son definidos como elementos geológicos de alta relevancia e influencia en el comportamiento del macizo ante la excavación minera. Para los sectores Cuerpo y Veta Andaychagua, se considera la UGT Filitas.

Tabla 5. Identificación del comportamiento del macizo rocoso frente a excavaciones

| TYPE OF ROCKMASS COMPOSITION | | | | INITIAL BEHAVIOUR (without appropriate support) | | LONG-TERM BEHAVIOUR (without appropriate support) | | | |
|------------------------------|---|--|------------------|--|--|--|------------------------------------|--|--|
| SPECIAL MATERIALS | m Soft or weak materials | | i E1 | cave-in | water inflow ¹⁾ ; water inburst ²⁾ | cave-in | block falls, cave-in; squeezing | swelling ³⁾ | |
| | | | v E2 | | | | | | block falls, cave-in; plastic deformation (initial) |
| | | | ii ii v E3 | | | | | | |
| CONTINUOUS / bulky | D Highly jointed, crushed or soil-like materials | | iv D1 | block falls; cave-in | water inflow ¹⁾ ; water inburst ²⁾ flowing ground ⁴⁾ | block falls; cave-in | block falls, cave-in; squeezing | flowing ground ⁴⁾ swelling ³⁾ | |
| | | | iv D2 | block falls; cave-in; | | block falls; cave-in | | flowing ground ⁴⁾ | |
| | | | v D3 | cave-in; running ground | | cave-in; running ground | | flowing ground ⁴⁾ | |
| DISCONTINUOUS | C Jointed rocks intersected by weak layers or by seams (filled joints) | | C1 | block falls | water inflow ¹⁾ ; water inburst ²⁾ | block falls | block falls | swelling ³⁾ | |
| | | | C2 | | | | | | |
| | | | C3 | | | | | | swelling ³⁾ swelling ⁴⁾ (forming) |
| | B Rocks intersected by joints and partings | | B1 | block falls; buckling | | block falls | block falls | block falls; buckling | swelling ³⁾ |
| | | | B2 | | | | | | |
| | | | B3 | | | | | | |
| CONTINUOUS / intact | A Weak to strong rocks intersected by few joints | | A1 | stable - block falls) | WATER | stable - block falls) | rupturing | WATER | |
| | | | A2 | plastic deformations (initial) | | squeezing | swelling ³⁾ | | |
| | | | A3 | swelling ³⁾ swelling ⁴⁾ (forming) | | | | | |
| INFLUENCED / TRIGGERED BY: → | | | | low - moderate | overstressed | low - moderate | overstressed | low - moderate | overstressed |
| | | | | STRESSES | | STRESSES | | WATER | |

NOTE: Water influenced behaviour occurs simultaneously to the stress induced; example: cave-in may take place at the same time as swelling, block falls, together with water inburst, etc.

1) Will take place porous materials and where there are channels (open joints)
 2) Requires materials with swelling minerals (smectite, anhydrite)
 3) Requires content of swelling clay in seams and clay zones
 4) The process requires content of materials susceptible to moisture

⇒ Necessary initial support is performed and possible water inflow, water ingress or flowing ground is sealed

Fuente: área de Geomecánica

UGT Filita:

El diseño y desarrollo de labores de acceso (rampas) hacia los diferentes frentes de operación, se asocia a la UGT Filitas, los cuales presentan una alteración tipo clorita y sericita, con una calidad de regular a mala (A2). Las labores de acceso estarán desarrolladas en rocas filitas, que representan un alto dinamismo, con deformaciones plásticas en el corto plazo y el de squeezing en el largo plazo, debiendo generar las diferentes configuraciones de estabilidad con el sostenimiento adecuado.

UGT Mineral:

Esta unidad geotécnica es de mala a regular calidad geotécnica. Las labores a desarrollarse en este ambiente, corresponde a los subniveles de producción, los cuales tendrán una vida útil de mediano a corto plazo. En un ambiente de esfuerzos moderados los principales mecanismos serán principalmente de control estructural, mientras que en un ambiente de altos esfuerzos se tendrán deformaciones plásticas iniciales que en el largo plazo pueden transformarse en squeezing.

UGT MVOLM / MVOL:

Las rocas están caracterizadas con rocas volcánicas y meta volcánicas, con calidades de regular a buena del tipo A1, definiendo el comportamiento de estas rocas frágiles y homogéneas.

La infraestructura minera a desarrollarse en estas UGT corresponde principalmente a accesos y galerías de producción con una vida útil de mediano a largo plazo.

Los esfuerzos presentes son de medio a alto, en función al desarrollo de labores y minado de diferentes profundidades de las estructuras mineralizadas. De acuerdo al ábaco expuesto la UGT MVOLM y MVOL serán estables, con algunos sectores inestables por presencia de deformaciones estructurales generando deslizamiento de bloques y cuñas. Así mismo, se observa liberación de energía repentina en zonas de fallamiento frágil.

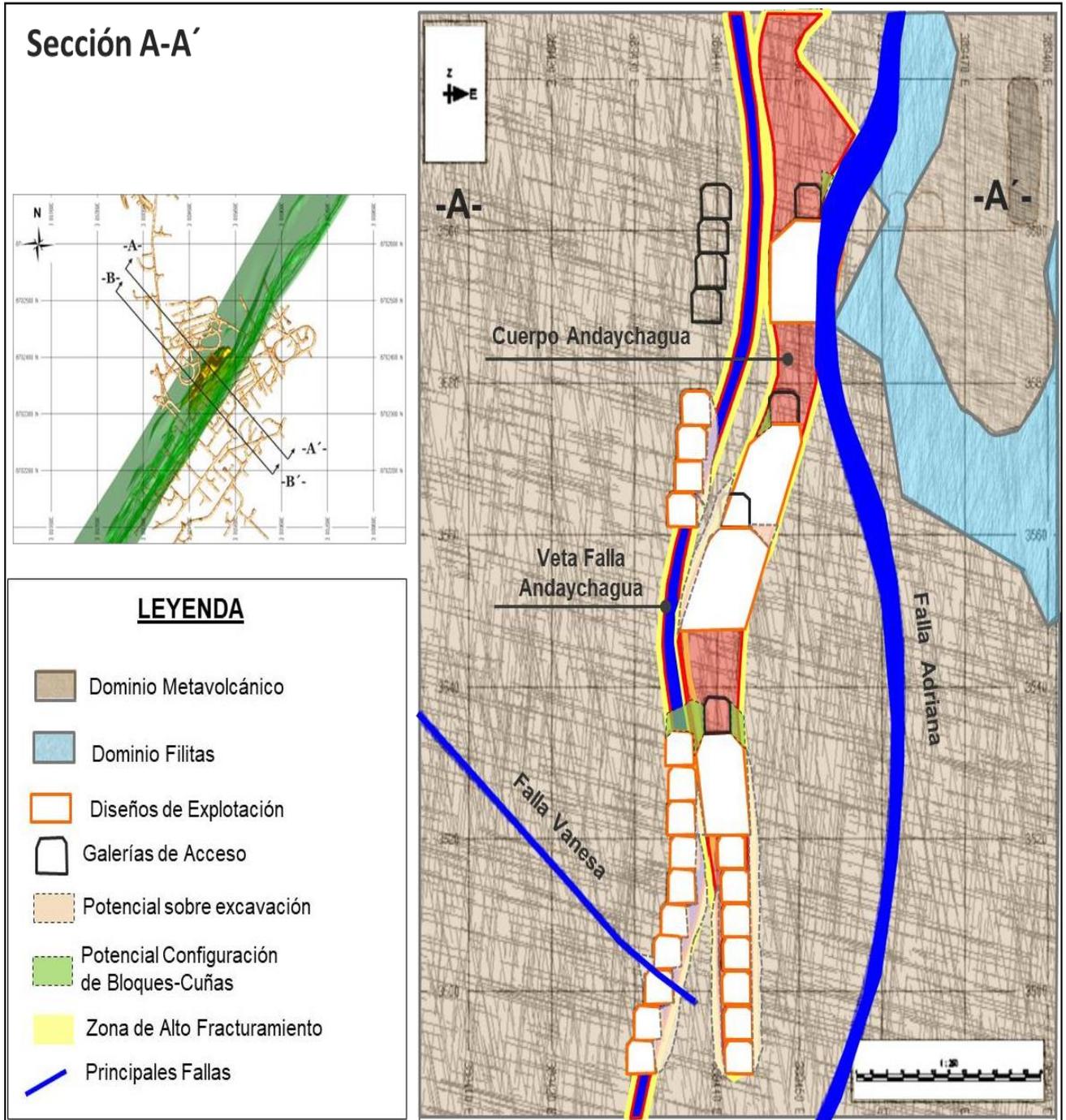


Figura 10. Unidades geotécnicas asociadas a la veta y cuerpo Andaychagua.
Fuente: área de Geomecánica

2.6.3 Características de fortificación

De acuerdo a las características mapeadas en la veta y cuerpo Andaychagua, se considera los siguientes características de fortificación:

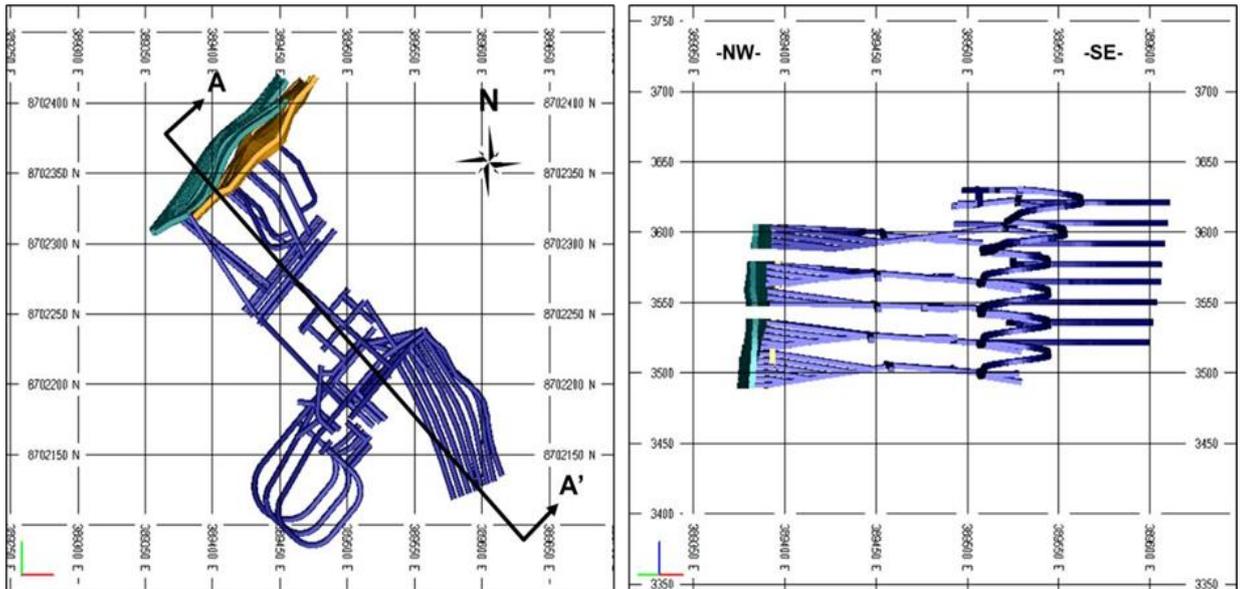


Figura 11. Accesos, preparaciones y rampas empleadas para el minado en la veta y cuerpo Andaychagua.

Fuente: área de Geomecánica

Tabla 6. Infraestructura en las diferentes UGT, veta y cuerpo Andaychagua

| Infraestructura | Ancho x Alto (m) | UGT |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Preparación | 4,5 x 4,5 | MIN / MVOLM / ZAF |
| Accesos | 4,0 x 4,0 | FLT / MVOL / ZAF |
| Rampa y Ny. de transporte | 4,5 x 4,5 | FLT / MVOL / ZAF |
| Crucetas | Span = 6,0 m | MIN / MVOLM / MVOL / ZAF |

Fuente: área de Geomecánica

2.6.4 Metodologías empíricas

Para la solución a problemas de estabilidad de labores se utiliza metodologías que relacionan la calidad del macizo rocoso, casos históricos y experiencias previas, para incrementar la seguridad en sistemas de soporte. Para el desarrollo del presente estudio se utiliza la metodología de Grimstad y Barton, el que se explicará a continuación.

a) Metodología de Grimstad y Barton

Barton y Grimstad (1993) propone un gráfico de diseño de soporte, el que incluye, largo y espaciamiento de pernos, espesor, uso de fibras y resistencia del shotcrete y en casos de muy mala calidad, el sistema de soporte puede incluir un casquete de concreto.

El método empírico relaciona el diámetro equivalente (D_e) y la calidad de roca expresada en el sistema Q. En base a esta relación y los casos históricos analizados, se establecieron 9 categorías:

- ✓ Sin sostenimiento.
- ✓ Perno puntual.
- ✓ Shotcrete reforzado 50 – 60 (mm) y perno sistemático.
- ✓ Shotcrete reforzado 60 – 90 (mm) y perno sistemático.
- ✓ Shotcrete reforzado 90 – 120 (mm) y perno sistemático.
- ✓ Shotcrete reforzado 120 – 150 (mm) con refuerzo de arcos armados y perno sistemático.
- ✓ Shotcrete reforzado > 150 (mm) con refuerzo de arcos armados y perno sistemático.
- ✓ Revestimiento de concreto.
- ✓ Evaluación especial.

Tabla 7. Parámetros según calidad del macizo rocoso, para el sistema de soporte

| UGT | Descripción | Q = Q' * (Jw/SRF) | | |
|-------|-----------------------------|-------------------|----------|--------|
| | | Mínimo | Promedio | Máximo |
| FLT | Filita | 0,07 | 0,19 | 0,45 |
| MVOL | Metavolcánico | 0,83 | 2,27 | 5,44 |
| MVOLM | Metavolcánico mineralizado | 1,77 | 2,91 | 4,24 |
| MIN | Mineralización | 0,15 | 0,37 | 0,89 |
| ZAF | Zona de alto fracturamiento | 0,004 | 0,01 | 0,03 |

Fuente: área de Geomecánica

De acuerdo al valor de ESR (Excavation Support Ratio), se considera un valor de 1.6 para labores de preparación (infraestructura temporal), 1.3 para accesos y rampas (mayor vida útil, trasladar mineral de tajos a su destino).

Tabla 8. Parámetros de infraestructura para el sistema de soporte, según Q

| Infraestructura/UGT | Ancho (m) | Alto (m) | ESR (*) | Span/ESR |
|--|--------------|----------|---------|----------|
| Preparación ZAF / MIN / MVOLM | 4,5 | 4,5 | 1,6 | 2,8 |
| | | | 1,0 (*) | 4,5 |
| Accesos FLT / MVOL / ZAF | 4,0 | 4,0 | 1,3 | 3,1 |
| | | | 1,0 (*) | 4,0 |
| Rampa y N _v de transporte FLT / MVOL / ZAF | 4,5 | 4,5 | 1,3 | 3,7 |
| | | | 1,0 (*) | 4,5 |
| Crucetas MVOL / MVOLM / MIN / ZAF | Span = 6,0 m | | 1,3 | 4,6 |
| | | | 1,0 (*) | 6,0 |

(*) En casos donde $Q \leq 0.1$ se recomienda utilizar ESR = 1 dado que los problemas de estabilidad pueden ser severos en un macizo rocoso de esa calidad geotécnica.

Fuente: área de Geomecánica

Finalmente, a partir de esta información se obtienen los resultados que se muestran en la siguiente figura.

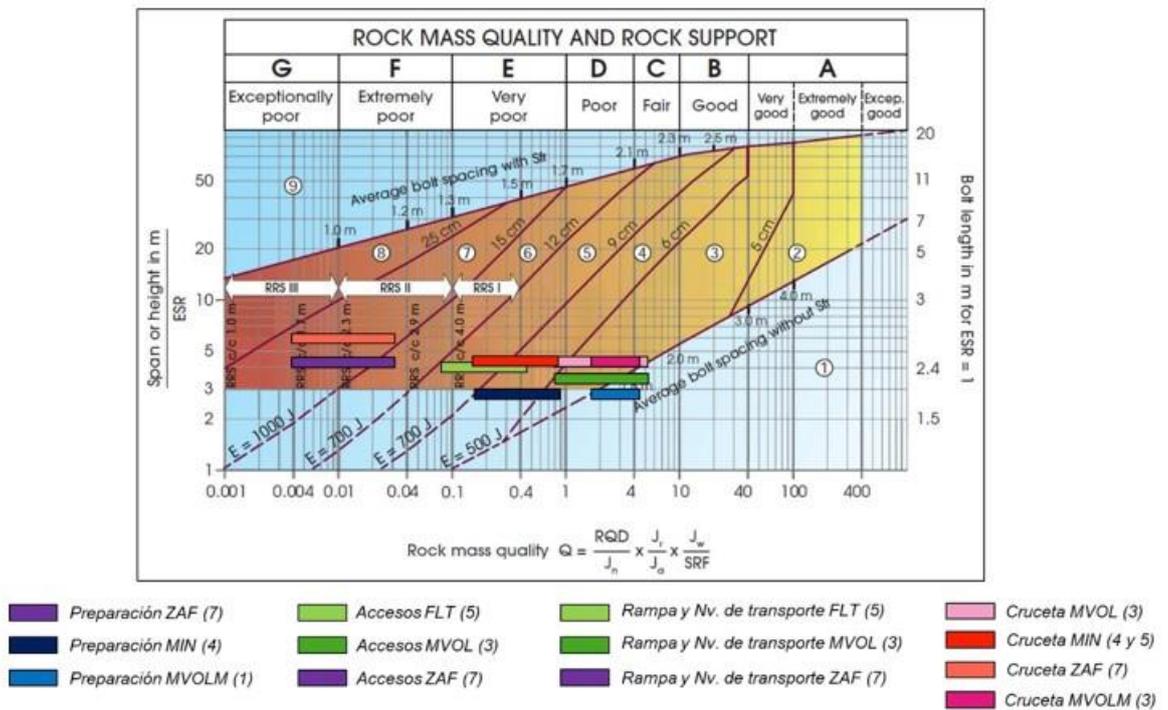


Figura 12. Resultados de la veta y cuerpo Andaychagua, según grimstad y Barton.

Fuente: área de Geomecánica

En la Tabla se muestra un resumen de los sistemas de fortificación recomendados por esta metodología empírica, para la veta y cuerpo Andaychagua.

Tabla 9. Resultados del diseño de soporte, recomendado por el sistema Q

| Infraestructura | UGT | Geometría | Categoría | Largo perno (m) | Largo ajustado (m) | Espaciamiento (m) | Shotcrete (cm) |
|----------------------|-------|-----------|-----------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Preparación y cortes | ZAF | Galería | 7 | 2,5 | 2,5 | 1,0 | > 15 |
| | MIN | Galería | 4 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 6 – 9 |
| | MVOLM | Galería | 3 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 5 - 6 |
| Accesos y Rampas | FLT | Galería | 5 | 2,5 | 2,5 | 1,3 | 9 - 12 |
| | MVOL | Galería | 3 | 2,2 | 1,7 | 2,0 | 5 - 6 |
| | ZAF | Galería | 7 | 2,5 | 2,5 | 1,0 | > 15 |
| Crucetas | MVOL | Cruceta | 3 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 5 – 6 |
| | MVOLM | Cruceta | 3 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 5 – 6 |
| | MIN | Cruceta | 4 - 5 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 6 – 12 |
| | ZAF | Cruceta | 7 | 2,6 | 2,6 | 1,0 | > 15 |

Fuente: área de Geomecánica

2.6.5 Consideraciones operacionales en la unidad minera

De acuerdo al estudio planteado, se considera un sostenimiento primario (shotcrete + malla + perno), los cuales, fueron afectados por la calidad del macizo rocoso (filitas, RMR de 30 a 35), por el hinchamiento posterior al sostenimiento, generando el sostenimiento secundario tipo bandas de shotcrete, para el reforzamiento primario, controlando la deformación y agrietamiento producida.

Una de las características de las filitas, que es considerada de mala calidad, es que se empieza a hinchar y el concreto de por sí solo no puede detener su deformación y se agrieta, por tal motivo se utiliza las mallas y pernos.

Pero, llega un punto en que la malla se carga tanto que es necesario percutir para liberar el shotcrete abierto que está cargado y para liberar la energía de la excavación.



Figura 13. Sostenimiento primario (shotcrete+perno+malla), veta Andaychagua.
Fuente: propia

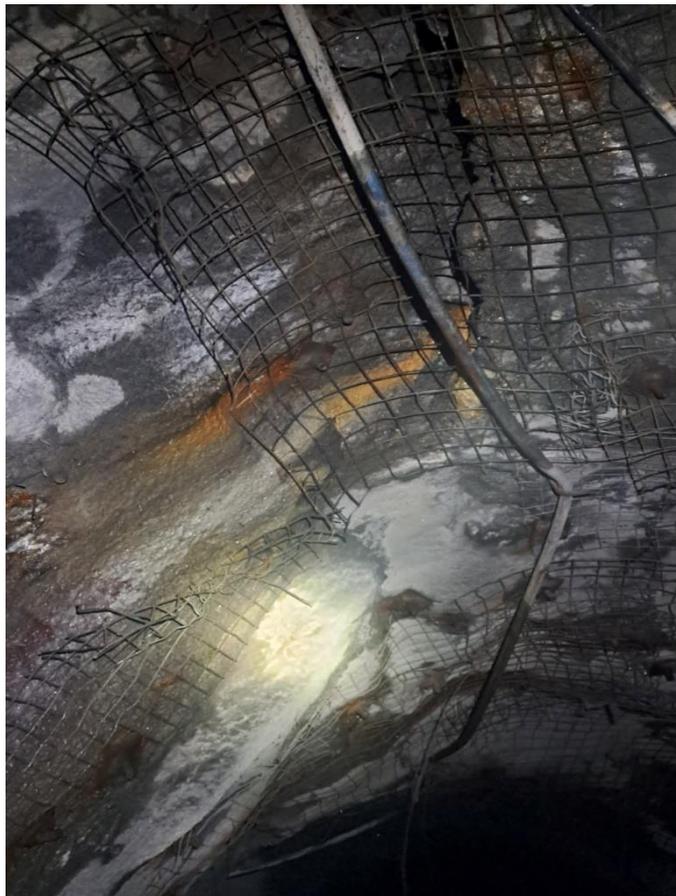


Figura 14. Deformación del sostenimiento primario, veta Andaychagua.
Fuente: propia

Una vez que se halla deformado lo suficiente, con el percutado correspondiente la roca disipa la energía presente y se rehabilita poniendo las bandas de shotcrete + cable bolting, y así sostener de una mejor manera el terreno disturbado.



Figura 15. Rehabilitación secundaria (bandas de shotcrete + cable bolting).
Fuente: propia



Figura 16. Deformación de las filitas.
Fuente: propia

Actualmente, no hay estudios referentes, para el cálculo de la cantidad de cable, orientación y la cantidad de banda de shotcrete correspondiente al sostenimiento secundario, por tal motivo la importancia del presente estudio desde un punto de vista técnico y económico. Para el desarrollo del presente estudio se considera las supervisiones geomecánicas en el área de estudio.

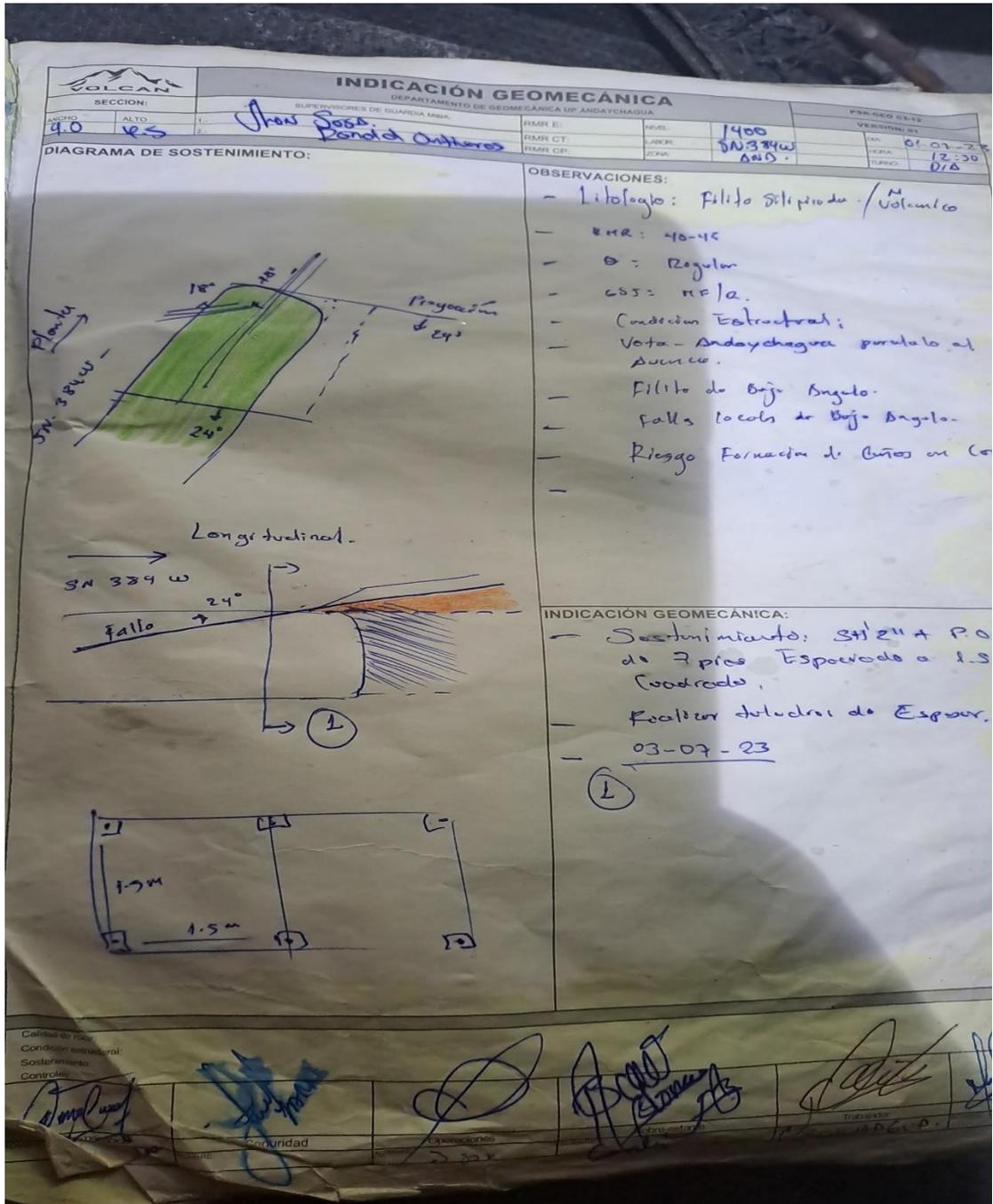


Figura 17. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua.
Fuente: propia

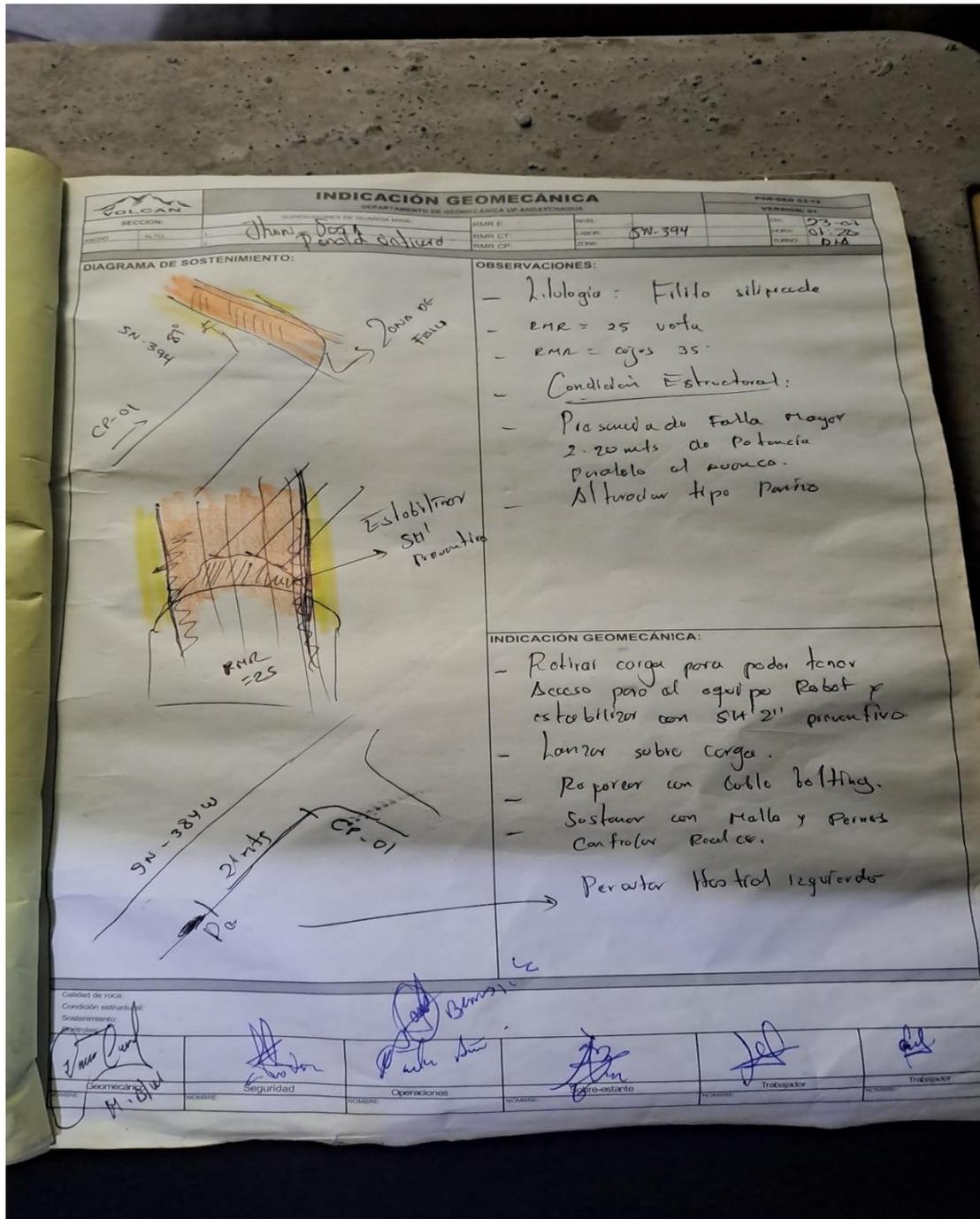


Figura 18. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua.
Fuente: propia

2.6.6 Dosificación de shotcrete y bandas de shotcrete

En base a las características asociadas en la unidad geotécnica de las filitas se consideran la dosificación de shotcrete asociada al sostenimiento primario (shotcrete + perno + malla) y el sostenimiento secundario (bandas de shotcrete).

Tabla 10. Dosificación para el diseño de sostenimiento primario

| DISEÑO DE CONCRETO - SOSTENIMIENTO PRIMARIO | |
|--|--------------|
| 1-B-300-SH-SC90-45-FS-5-3 | |
| Descripción | Dosificación |
| Cemento | 395 |
| Arena | 1605 |
| VISCOCRETE SC-90 | 2.7 |
| Fibra Sintética | 5 |
| Agua | 176 |
| Sigunit L-60 | 18 |
| Aire | 4 |
| Relacion A/C | 0.45 |
| Metro Cubico | 0.994 |
| Peso del Concreto | 2206 |

Fuente: propia

Tabla 11. Dosificación para el diseño de sostenimiento con bandas de shotcrete

| DISEÑO DE CONCRETO - SOSTENIMIENTO CON BANDAS | |
|--|--------------|
| 1-A-300-SH-SC90-45-FS-3-3 | |
| Descripción | Dosificación |
| Cemento | 395 |
| Arena | 1612 |
| VISCOCRETE SC-50 | 2.5 |
| Fibra Sintética | 3 |
| Agua | 179 |
| Sigunit L-60 | 19 |
| Aire | 4 |
| Relacion A/C | 0.45 |
| Metro Cubico | 1.001 |
| Peso del Concreto | 2217 |

Fuente: propia

De acuerdo a los parámetros asociados al uso de bandas de shotcrete (sostenimiento secundario), se considera una disminución del uso de aditivos Viscocrete SC 50, mejorando la resistencia de las propiedades físicas y mecánicas del shotcrete, así como el uso del acelerante Sigunit L-60 para un rápido desarrollo de tiempo de fraguado y de la resistencia inicial.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El desarrollo del trabajo aplica una metodología del tipo descriptivo, para lo cual se describirán el uso de las bandas de shotcrete y cable bolting como base del sostenimiento secundario y su incidencia en el refuerzo del sostenimiento primario en la deformación del macizo rocoso en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A.

a) Método general

Durante el desarrollo del trabajo se aplica el método inductivo y deductivo, donde analizaremos la deformación del macizo rocoso, producto del uso de bandas de shotcrete como reforzamiento del sostenimiento primario en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

b) Métodos específicos

Los métodos específicos aplicados en el presente trabajo de investigación, describe las diferentes etapas a desarrollar, considerando el uso de las bandas de shotcrete como base del sostenimiento secundario, siendo estas etapas:

- ✓ Recopilación de informes. Será base del análisis de la información de periodos anteriores, considerando el sostenimiento primario en la veta Andaychagua.
- ✓ Trabajo de campo. Se observará in situ, la aplicación de las bandas de shotcrete como refuerzo del sostenimiento primario (Shotcrete + malla + perno) en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.
- ✓ Trabajo de gabinete. De acuerdo a la información de campo e informes anteriores se realizará el análisis de las variables asociadas al uso de las bandas de shotcrete, desde un punto de vista operacional y económico.
- ✓ Resultados. Los resultados obtenidos en el análisis realizado en gabinete, se plantearán desde un punto de vista de dar solución al problema general y específicos planteados en el presente trabajo de investigación, en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

3.1.2 Alcances de la investigación

El alcance de la investigación es de carácter aplicada, donde analizaremos el comportamiento de las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario y su influencia en la estabilidad del macizo rocoso en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es del tipo descriptivo longitudinal, donde analizaremos el efecto de las variables operacionales y económicos asociados a las bandas de shotcrete, en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a Volcan Compañía Minera, en la Unidad Minera Yauli.

3.3.2 Muestra

Se realiza el estudio de las bandas de shotcrete en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos para el uso de las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Revisión de información: diferentes procesos unitarios.
- ✓ Observación de campo: procesos de sostenimiento, aplicados en la veta Andaychagua.
- ✓ Evaluaciones de información de las bandas de shotcrete.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Plantillas de sostenimiento.
- ✓ Abacos de sostenimiento.
- ✓ Análisis de información en hojas de cálculo.
- ✓ etc.

CAPÍTULO IV

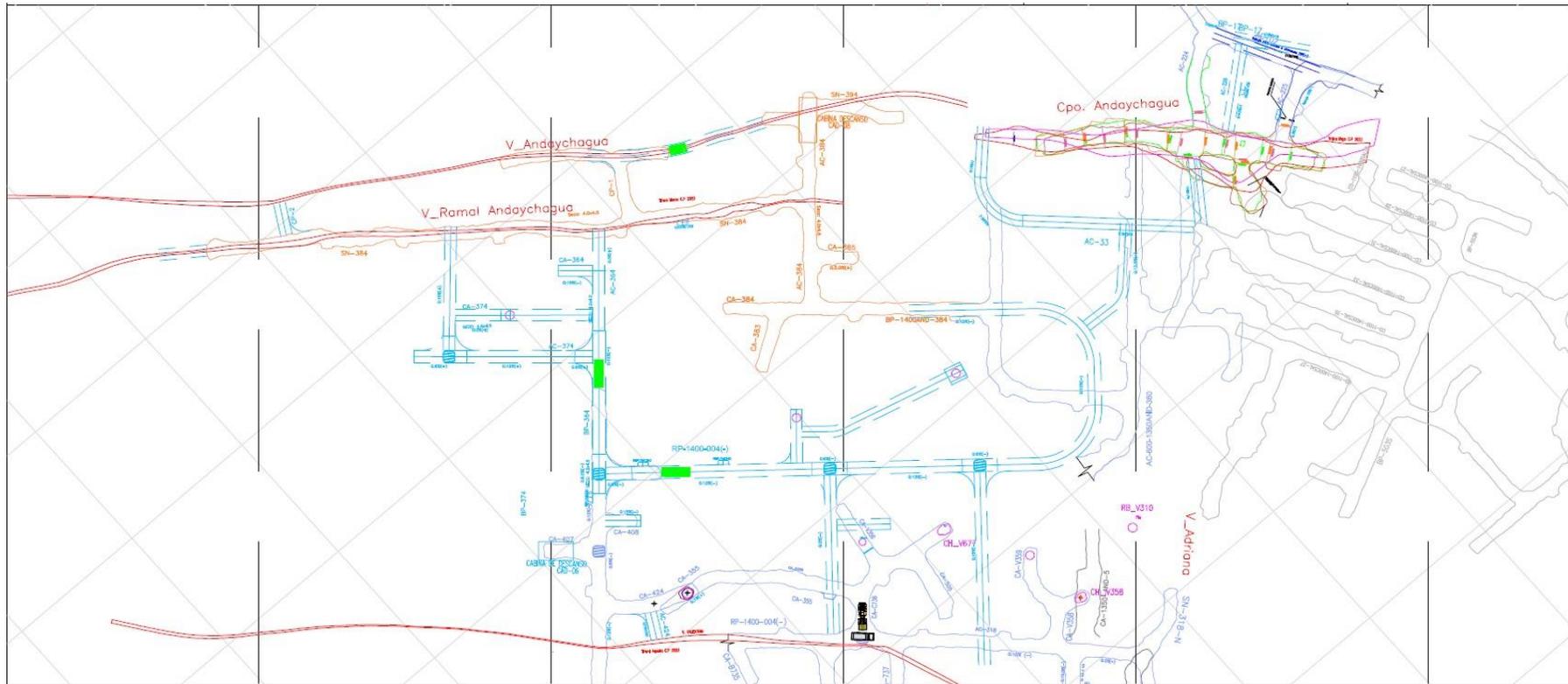
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, considera el análisis de la deformación del macizo rocoso mediante el uso de las bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394, Nv 1400 en la veta Andaychagua de Volcan Compañía Minera S.A.A.

4.1 Análisis de las consideraciones de sostenimiento en la veta Andaychagua

La veta de Andaychagua está asociada a filitas (grupo Excelsior) y metavolcánicos (grupo Mitu). La calidad del macizo rocoso asociado a las filitas tiene un rango de RMR entre 30 a 40, el cual considera una calidad de roca mala a muy mala. El sostenimiento primario utilizado en este dominio geomecánico (shotcrete + perno + malla), el cual se ve afectado por el hinchamiento de la filita, generando el agrietamiento, donde el concreto de por sí, no es suficiente para detener la deformación. Llega un punto en que se carga tanto y es necesario percutar, para liberar la energía de la excavación. Para luego usar las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario y así mantener la estabilidad del macizo rocoso.

El desarrollo del presente trabajo de investigación, permitirá realizar un análisis comparativo entre los escenarios con y sin uso de bandas de shotcrete, analizando variables operacionales y económicos.



PLAN DE PRODUCCIÓN Y AVANCES_SEMANA 35_AGO



SPT. PLANEAMIENTO: ING. A. VALENCIA.
 JEFE PLANEAMIENTO: ING. E. VERGARA V.
 JEFE INGENIERIA : INGENIERIA
 TOPOGRAFIA : L. RAMIREZ T.
 DISEÑO : PLANEAMIENTO

ÁREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA
 U.E.A. YAULI - ACUMULACIÓN ANDAYCHAGUA

PROGRAMA SEMANAL PRODUCCIÓN AVANCES
 VETA ANDAYCHAGUA- CPO. ANDAYCHAGUA

ESCALA : 1:2000

FECHA : 23/Aug/23

NIVEL :

VARIOS

Figura 19. Programa de avances, veta Andaychagua.

Fuente: departamento de planeamiento

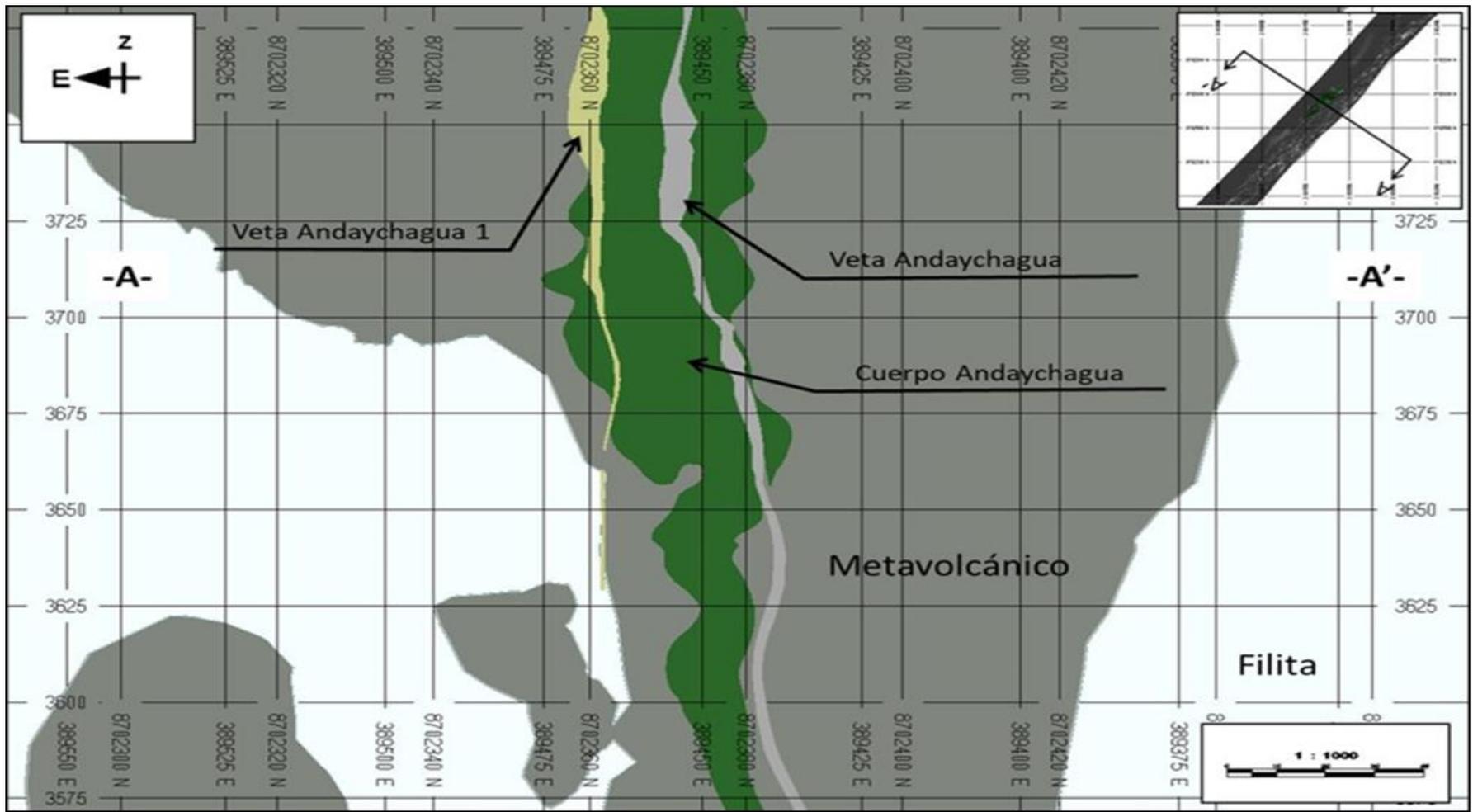


Figura 20. Unidades geotécnicas presentes en la veta Andaychagua.
 Fuente: departamento de geomecánica

Para la solución a problemas de estabilidad de labores afectadas en el sostenimiento primario se utiliza metodologías que relacionan la calidad del macizo rocoso, casos históricos y experiencias previas, utilizando la metodología de Barton y Grimstad (1993). *Los valores de Q de Barton, considera los siguientes resultados para el análisis en la veta Andaychagua.*

Tabla 12. Parámetros según calidad del macizo rocoso, para el sistema de soporte

| UGT | Descripción | Q = Q' * (Jw/SRF) | | |
|-------|-----------------------------|-------------------|----------|--------|
| | | Mínimo | Promedio | Máximo |
| FLT | Filita | 0,07 | 0,19 | 0,45 |
| MVOL | Metavolcánico | 0,83 | 2,27 | 5,44 |
| MVOLM | Metavolcánico mineralizado | 1,77 | 2,91 | 4,24 |
| MIN | Mineralización | 0,15 | 0,37 | 0,89 |
| ZAF | Zona de alto fracturamiento | 0,004 | 0,01 | 0,03 |

Fuente: departamento de geomecánica

Los valores de Q de Barton considerando las unidades geotécnicas presentes en el estudio consideran los valores para la UGT Filitas: Q mín 0.07 y Q max 0.45; para la UGT Metavolcánico: Q mín 0.83 y Q max 5.44 y para la UGT Metavolcánico mineralizado: Q mín 1.77 y Q max 4.24.

Tabla 13. Parámetros de infraestructura para el sistema de soporte, según Q

| Infraestructura/UGT | Ancho (m) | Alto (m) | ESR (*) | Span/ESR |
|---|--------------|----------|---------|----------|
| Preparación ZAF / MIN / MVOLM | 4,5 | 4,5 | 1,6 | 2,8 |
| | | | 1,0 (*) | 4,5 |
| Accesos FLT / MVOL / ZAF | 4,0 | 4,0 | 1,3 | 3,1 |
| | | | 1,0 (*) | 4,0 |
| Rampa y Nx de transporte FLT / MVOL / ZAF | 4,5 | 4,5 | 1,3 | 3,7 |
| | | | 1,0 (*) | 4,5 |
| Crucetas MVOL / MVOLM / MIN / ZAF | Span = 6,0 m | | 1,3 | 4,6 |
| | | | 1,0 (*) | 6,0 |

(*) En casos donde $Q \leq 0.1$ se recomienda utilizar ESR = 1 dado que los problemas de estabilidad pueden ser severos en un macizo rocoso de esa calidad geotécnica.

Fuente: departamento de geomecánica

Los parámetros de infraestructura para la estimación del diseño de soporte, según el sistema de Q.

En el caso de las unidades geotécnicas de la veta Andaychagua de las UGT Filitas, MVOL y ZAF, consideran secciones de 4.0 x 4.0 m, considera un valor de ESR (razón del soporte de la excavación) de 1.3 y una razón ESR/spam con valores de 3.1.

(*) En casos donde $Q \leq 0.1$ se recomienda utilizar ESR = 1 dado que los problemas de estabilidad pueden ser severos en un macizo rocoso de esa calidad geotécnica.

Tabla 14. Resultados del diseño de soporte, recomendado por el sistema Q

| Infraestructura | UGT | Geometría | Categoría | Largo perno (m) | Largo ajustado (m) | Espaciamiento (m) | Shotcrete (cm) |
|----------------------|-------|-----------|-----------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Preparación y cortes | ZAF | Galería | 7 | 2,5 | 2,5 | 1,0 | > 15 |
| | MIN | Galería | 4 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 6 – 9 |
| | MVOLM | Galería | 3 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 5 - 6 |
| Accesos y Rampas | FLT | Galería | 5 | 2,5 | 2,5 | 1,3 | 9 - 12 |
| | MVOL | Galería | 3 | 2,2 | 1,7 | 2,0 | 5 - 6 |
| | ZAF | Galería | 7 | 2,5 | 2,5 | 1,0 | > 15 |
| Crucetas | MVOL | Cruceta | 3 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 5 – 6 |
| | MVOLM | Cruceta | 3 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 5 – 6 |
| | MIN | Cruceta | 4 - 5 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 6 – 12 |
| | ZAF | Cruceta | 7 | 2,6 | 2,6 | 1,0 | > 15 |

Fuente: área de Geomecánica

En la tabla se muestra un resumen de los resultados del diseño de soporte recomendados por el sistema Q, para la veta de Andaychagua, considerando sus unidades geotécnicas a evaluar.

4.2 Análisis de consumo de shotcrete: Sn 394, Nv 1400 – veta Andaychagua

Para determinar el análisis comparativo del uso de bandas de shotcrete (sostenimiento secundario) realizado en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, aplicado en la unidad geotécnica de las filitas, considera parámetros de diseño como: longitud de perno en 2.5 m, espaciamento de 1.3 m y espesor de shotcrete entre 9 a 12 cm.

Tabla 15. Consumo de shotcrete, sostenimiento primario y secundario, veta Andaychagua

| CONSUMO DE SHOTCRETE - SOSTENIMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO (FILITA) | | | | | | |
|---|----------------|--------|-----------------------------|-------------|--------|--------------------|
| FECHA | SHOTCRETE - M3 | | SHOTCRETE PROGRAMADOS cm | SOBRE MALLA | UGT | TIPO ROCA (RMR) |
| | Promedio | Total | | | | |
| 19/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 20/07/2023 | 1.26 | 22.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 22/07/2023 | 0.86 | 26.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 23/07/2023 | 1.12 | 33.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 24/07/2023 | 1.26 | 25.20 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 25/07/2023 | 0.97 | 17.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 26/07/2023 | 1.00 | 16.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 27/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 28/07/2023 | 1.06 | 24.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 29/07/2023 | 1.03 | 15.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 30/07/2023 | 1.05 | 23.20 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 31/07/2023 | 0.83 | 15.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 01/08/2023 | 1.57 | 23.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 02/08/2023 | 1.02 | 25.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 03/08/2023 | 0.64 | 20.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 04/08/2023 | 0.77 | 19.20 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 05/08/2023 | 0.71 | 12.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 06/08/2023 | 0.63 | 17.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 07/08/2023 | 1.32 | 6.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 08/08/2023 | 1.06 | 7.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 09/08/2023 | 0.78 | 18.80 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 10/08/2023 | 0.59 | 10.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 11/08/2023 | 0.90 | 5.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 12/08/2023 | 0.90 | 18.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 13/08/2023 | 1.03 | 12.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 15/08/2023 | 1.00 | 7.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 16/08/2023 | 1.02 | 17.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 17/08/2023 | 0.97 | 14.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 19/08/2023 | 0.67 | 4.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 20/08/2023 | 0.46 | 3.20 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 21/08/2023 | 1.00 | 14.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 23/08/2023 | 0.00 | 0.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 24/08/2023 | 1.20 | 14.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 25/08/2023 | 0.75 | 6.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| Total/promedio | 0.91 | 534.20 | 9 - 12 | | Filita | 30 - 40 |

Fuente: personal

Para realizar el análisis del consumo de shotcrete se realizará el comparativo entre el sostenimiento primario (shotcrete + perno + malla) y el sostenimiento secundario (bandas de shotcrete), para proporcionar el sostenimiento adecuado producto de la liberación de energía realizado en las filitas presentes en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, realizado en los periodos de julio y agosto. El consumo total de shotcrete en los escenarios analizados, considera un total de 534.20 m³, y un promedio diario de 0.91 m³/día.

a) Consumo de shotcrete: sostenimiento primario

Tabla 16. Consumo de shotcrete, sostenimiento primario SN 394, NV 1400

| CONSUMO DE SHOTCRETE - SOSTENIMIENTO PRIMARIO (FILITA) | | | | | | |
|--|----------------|--------|-----------------------------|-------------|--------|--------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | |
| FECHA | SHOTCRETE - M3 | | SHOTCRETE PROGRAMADOS cm | SOBRE MALLA | UGT | TIPO ROCA (RMR) |
| | Promedio | Total | | | | |
| 19/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 20/07/2023 | 1.26 | 22.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 22/07/2023 | 0.86 | 26.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 23/07/2023 | 1.12 | 33.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 24/07/2023 | 1.26 | 25.20 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 25/07/2023 | 0.97 | 17.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 27/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 01/08/2023 | 1.57 | 23.60 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 02/08/2023 | 1.02 | 25.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 04/08/2023 | 0.77 | 19.20 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 06/08/2023 | 0.63 | 17.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 08/08/2023 | 1.06 | 7.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 10/08/2023 | 0.59 | 10.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 12/08/2023 | 0.90 | 18.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 15/08/2023 | 1.00 | 7.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 19/08/2023 | 0.67 | 4.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 21/08/2023 | 1.00 | 14.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 23/08/2023 | 0.00 | 0.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 24/08/2023 | 1.20 | 14.40 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| 25/08/2023 | 0.75 | 6.00 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |
| Total/promedio | 0.91 | 329.20 | 9 - 12 | No | Filita | 30 - 40 |

Fuente: elaboración propia

El consumo de shotcrete total en el sostenimiento primario, durante el periodo de julio y agosto, fue de 329.20 m3, con un promedio diario de 0.91 m3/día.

b) Consumo de shotcrete: sostenimiento secundario

Tabla 17. Consumo de shotcrete, sostenimiento secundario SN 394, NV 1400

| CONSUMO DE SHOTCRETE - SOSTENIMIENTO SECUNDARIO (BANDAS EN FILITAS) | | | | | | |
|---|----------------|--------|-----------------------------|-------------|--------|--------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | |
| FECHA | SHOTCRETE - M3 | | SHOTCRETE PROGRAMADOS cm | SOBRE MALLA | UGT | TIPO ROCA (RMR) |
| | Promedio | Total | | | | |
| 26/07/2023 | 1.00 | 16.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 28/07/2023 | 1.06 | 24.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 29/07/2023 | 1.03 | 15.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 30/07/2023 | 1.05 | 23.20 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 31/07/2023 | 0.83 | 15.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 03/08/2023 | 0.64 | 20.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 05/08/2023 | 0.71 | 12.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 07/08/2023 | 1.32 | 6.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 09/08/2023 | 0.78 | 18.80 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 11/08/2023 | 0.90 | 5.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 13/08/2023 | 1.03 | 12.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 16/08/2023 | 1.02 | 17.40 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 17/08/2023 | 0.97 | 14.60 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| 20/08/2023 | 0.46 | 3.20 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |
| Total/promedio | 0.92 | 205.00 | 9 - 12 | SI | Filita | 30 - 40 |

Fuente: elaboración propia

El consumo de shotcrete total en el sostenimiento secundario, durante el periodo de julio y agosto, fue de 205 m³, con un promedio diario de 0.92 m³/día.

El consumo adicional de shotcrete en la UGT Filita evaluada en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, considerada como rocas esquistas y deformables, los cuales sufren el efecto de sensibilidad a rockburts (evento de liberación de energía repentina), afectando el sostenimiento primario y estabilizando el área disturbada mediante bandas de shotcrete (sostenimiento secundario).

4.3 Análisis de la dosificación de shotcrete: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua

De acuerdo al estudio geomecánico realizado por la unidad minera en la unidad geotécnica Filita, considera los siguientes parámetros de sistemas de soporte, realizados en accesos (SN 394) y rampas con secciones de 4.0 x 4.0 y de 4.5 x 4.5 m, se considera las siguientes etapas:

- ✓ Shotcrete reforzado con fibra en una primera capa de 10 cm, luego instalar malla y luego otra capa de shotcrete reforzado con fibra con 5 cm de espesor.
- ✓ Pernos helicoidales de 2.4 m de largo, en un patrón de 1.2 x 1.2 m.
- ✓ Cableado sistemático, con largo de cables de 3.0 m, en un patrón de 1.8 x 1.8 m.

La dosificación realizada en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, considerando los escenarios sostenimiento primario (perno+malla+shotcrete) y sostenimiento secundario (bandas de shotcrete) se describe a continuación:

Tabla 18. Consumo de shotcrete, sostenimiento secundario SN 394, NV 1400

| DOSIFICACIÓN SHOTCRETE: SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | |
|---|------------------------|-----------------------------------|
| Descripción | SOSTENIMIENTO PRIMARIO | SOSTENIMIENTO SECUNDARIO - BANDAS |
| Cemento | 395 | 395 |
| Arena | 1,605 | 1,612 |
| VISCOCRETE SC-90 /50 | 2.7 | 2.5 |
| Fibra Sintética | 5 | 3 |
| Agua | 176 | 179 |
| Sigunit L-60 | 18 | 19 |
| Aire | 4 | 4 |
| Relacion A/C | 0.5 | 0.5 |
| Metro Cubico | 0.99 | 1.00 |
| Peso del Concreto | 2,206 | 2,217 |

Fuente: elaboración propia



Figura 21. Dosificación de shotcrete Sn 394, Nv 1400, veta Andaychagua.
Fuente: propia

De acuerdo a los parámetros asociados al uso de bandas de shotcrete (sostenimiento secundario), se considera una disminución del uso de aditivos Viscocrete SC 50, mejorando la resistencia de las propiedades físicas y mecánicas del shotcrete, así como el uso del acelerante Sigunit L-60 para un rápido desarrollo de tiempo de fraguado y de la resistencia inicial, mejorando el peso del concreto de 2,206 a 2,217 realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua.

4.4 Análisis de las bandas de shotcrete: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua

Durante el desarrollo del presente estudio, se consideró los siguientes parámetros:

Tabla 19. Parámetros de SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| | | |
|------------|-------|----------------|
| alto | 4.9 | 2 |
| ancho | 4.5 | m |
| avance | 1.2 | m |
| eficiencia | 7.5 | |
| Sección: | 12.87 | |
| Area: | 15.44 | m ² |
| M3 x arco | 2.06 | m ³ |

Fuente: propia

Los parámetros asociados al sistema de soporte en bandas de shotcrete (sostenimiento secundario) realizado en el SN 394, Nv 1400 – Veta Andaychagua, considera una sección de 4.5 x 4.9 m, un avance de 1.2 m y 2.06 m³ x arco. El análisis de las bandas de shotcrete realizado en el SN 394, Nv

1400 – Veta Andaychagua, se realiza el análisis durante los meses de julio y agosto considerando un avance de 37.40 m.

a) Análisis de parámetros operacionales en bandas de shotcrete SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua.

Los parámetros asociados a las bandas de shotcrete considera: el tiempo de percutado, metros lineales en cable bolting, m2 de mallas, tiempo de limpieza de labor, tiempo de percutado considerando perno y malla de 8.10 m y tiempo de puesta de perno.

✓ Tiempo de percutado

Tabla 20. Tiempo total de horas percutadas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| TIEMPO TOTAL DE HORAS PERCUTADAS - BANDA SHOTCRETE | | | | | | | |
|--|------------|---------------------|--------------|-------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Espaciado Banda (m) | Total Bandas | Talad por Cable Bolting | Total taladros | Tiempo Instal (min) | Tiempo Instal (hrs) |
| SN-394 | 37.40 | 1.5 | 24.93 | 5 | 125 | 2.5 | 5.2 |

Fuente: propia

Para el análisis del tiempo de horas percutadas, considerando el avance de 37.40 m realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume el espaciamiento de banda en 1.5 m, generando un total de 24.93 bandas. Así mismo considera un total de 125 taladros con un tiempo de instalación por taladro de 2.5 min, generando un tiempo de instalación de 5.2 hrs.

✓ Metros lineales de cable bolting

Tabla 21. Metros lineales de cable bolting, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| TOTAL DE METROS LINEALES EN CABLE BOLTING - BANDA SHOTCRETE | | | | | | | |
|---|------------|---------------------|--------------|-------------------------|----------------|----------------------|-------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Espaciado Banda (m) | Total Bandas | Talad por Cable Bolting | Total taladros | Long. Taladro (pies) | Total cable bolting (m) |
| SN-394 | 37.40 | 1.5 | 24.93 | 5 | 125 | 7 | 266 |

Fuente: propia

Para el análisis de los metros lineales en cable bolting, considerando el avance de 37.40 m realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume una longitud de taladro de 7 pies y un total de 266 metros de cable bolting.

- ✓ M2 de mallas

Tabla 22. M2 de mallas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| TOTAL DE M2 MALLAS - BANDA SHOTCRETE | | | | | | |
|--|------------|------------------|----------------|-------------------------------|---------|----------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA (8') | | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Avance malla (m) | Total disparos | Ancho malla -2 m (pañó total) | Sección | Total m2 malla |
| SN-394 | 37.40 | 2.44 | 15.34 | 20.78 | 12.87 | 267.41 |

Fuente: propia

Para el análisis de los metros cuadrado de mallas, considerando el avance de 37.40 m realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume un avance de malla de 2.44 m, con un total de 15.34 disparos. El ancho de malla es de 20.78 m, con una sección de 12.87 m², se genera un total de 267.41 m² de malla.

- ✓ Tiempo de instalación de mallas

Tabla 23. Tiempo de instalación de mallas, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| TIEMPO INSTALACIÓN DE MALLAS - BANDA SHOTCRETE | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | |
| Labor | Preparación (min) | Instalación (min) | Tiempo total (min) | Ancho malla -2 m (pañó total) | Tiempo Total Instal. (min) | Tiempo Total Instal. (hr) |
| SN-394 | 12.62 | 2.44 | 15.06 | 20.78 | 312.93 | 5.22 |

Fuente: propia

Para el análisis del tiempo de instalación de las mallas, considera el avance de 37.40 m, realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume un ancho de malla de 20.78 m, con un tiempo de instalación de 2.44 min. El tiempo total de instalación de mallas de 312.93 minutos, o 5.22 horas.

- ✓ Tiempo de limpieza

Tabla 24. Tiempo de limpieza de labor, SN 394, NV 1400, Veta Andaychagua

| TIEMPO DE LIMPIEZA DE LABOR: BANDA DE SHOTCRETE | | | | |
|---|-----------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | |
| Labor | Limpieza frente (min) | Total de disparos | Tiempo total (min) | Tiempo Total Limpieza (hr) |
| SN-394 | 35.00 | 15.34 | 536.83 | 8.95 |

Fuente: propia

Para el análisis del tiempo de limpieza, considera el avance de 37.40 m, realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume un total de disparos de 15.34 y un tiempo de limpieza de 35 min por disparo. El tiempo total de limpieza fue de 536.83 minutos, o 8.95 horas.

- ✓ Tiempo de percutado (perno y malla: 8.10 m)

Tabla 25. Tiempo de percutado (perno y malla 8.10 m), SN 394, NV 1400

| TIEMPO DE PERCUTADO DE LABOR: BANDA DE SHOTCRETE | | | | | | |
|--|------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Perno con malla y placa (m) | Total metros perc.(m) | Tiempo Instalación (min) | Tiempo Percutado (min) | Tiempo Percutado (hr) |
| SN-394 | 37.40 | 8.10 | 302.94 | 2.50 | 757.35 | 12.62 |

Fuente: propia

Para el análisis del tiempo de percutado, considerando perno y malla de 8.10 m, con un avance de 37.40 m, realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, se asume un total de 302.94 m percutados, con un tiempo de instalación de 757.35 minutos, o 12.62 horas.

- ✓ Tiempo de puesta de perno

Tabla 26. Tiempo de puesta de perno, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua

| TIEMPO DE PUESTA DE PERNO: BANDA DE SHOTCRETE | | | | | |
|---|------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Total metros perc.(m) | Espaciado banda (m) | Tiempo puesta en pernos (min) | Tiempo puesta en pernos (hr) |
| SN-394 | 37.40 | 302.94 | 1.50 | 454.41 | 7.57 |

Fuente: propia

El análisis del tiempo de puesta de perno, considerando perno y malla de 8.10 m, con un avance de 37.40 m y un total de 302.94 m percutados realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua, considera un total de 454.41 min, o 7.57 horas.

- b) Resumen de Parámetros Operacionales en Bandas de Shotcrete: SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua.

Los resultados obtenidos en la instalación de bandas de shotcrete consideran las siguientes relaciones operacionales como:

Tabla 27. Resumen de parámetros operacionales en bandas de shotcrete, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua

| RESUMEN DE PARÁMETROS OPERACIONALES EN BANDAS DE SHOTCRETE | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | | | | | | | |
| Labor | Avance (m) | Espaciado Banda (m) | Total Bandas (und) | Tiempo Instal (hrs) | Total cable bolting (m) | Total m2 malla | Tiempo Instal. Mallas (hr) | Tiempo Limpieza (hr) | Tiempo Percutado (hr) | Tiempo puesta pernos (hr) |
| SN-394 | 37.40 | 1.5 | 24.93 | 5.19 | 266 | 267.41 | 5.22 | 8.95 | 12.62 | 7.57 |

Fuente: propia

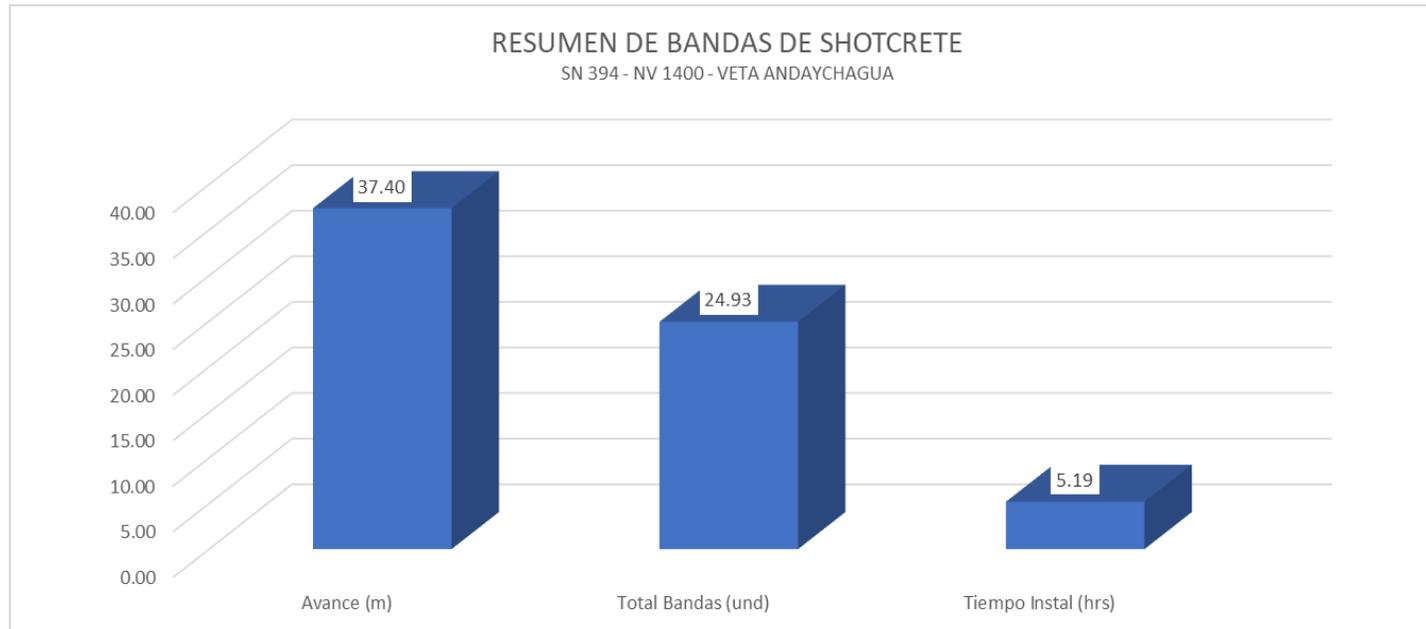


Figura 22. Resumen de bandas de shotcrete, SN 394, Nv 1400, veta Andaychagua.
Fuente: propia

El análisis de los parámetros operacionales realizado en el uso de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, producto de la deformación del macizo rocoso.

El primer análisis del uso de bandas de shotcrete del presente estudio, considera un avance de 37.40 m, con un total de 24.93 bandas y un espaciado de bandas de 1.5 m, generando un tiempo de instalación de 5.19 horas.

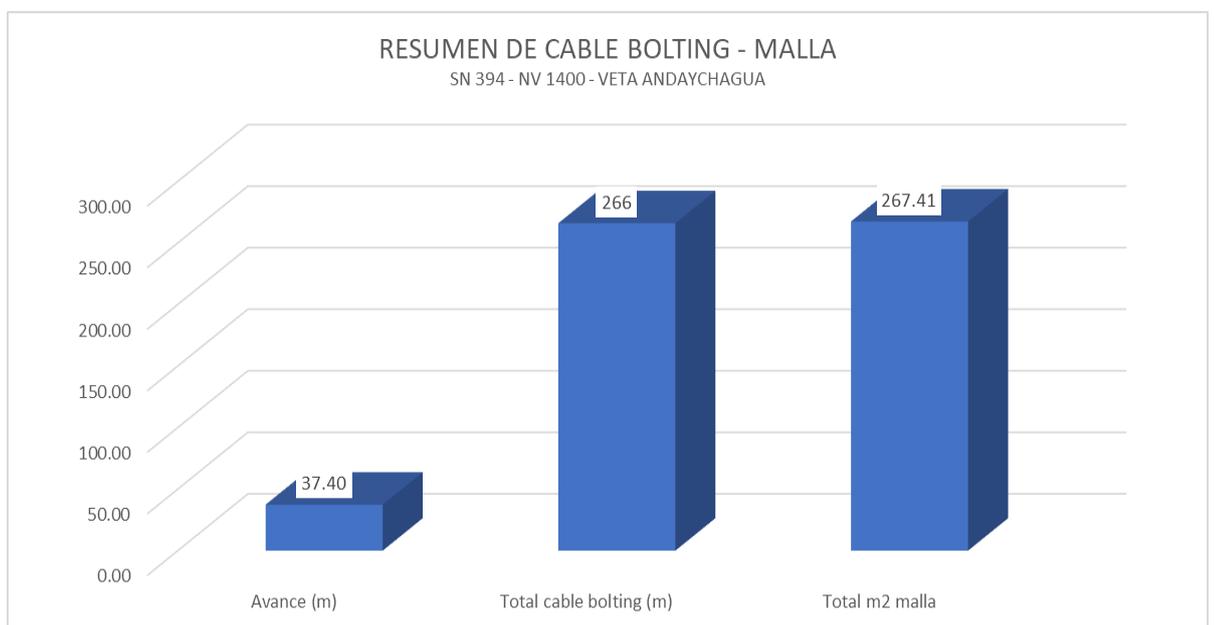


Figura 23. Resumen de cable bolting y malla en bandas de shotcrete.
Fuente: propia

El segundo análisis del uso de bandas de shotcrete del presente estudio, considera un avance de 37.40 m, con un total de 266 m de cable bolting y un total de malla en 267.41 m2.

De acuerdo al análisis del total de bandas de shotcrete, total de cable bolting y total de malla utilizada en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, para reforzar el sostenimiento primario, influenciado por la liberación de la energía producto de las características físicas y químicas de en la UGT de las Filitas, presentes en el área de estudio.

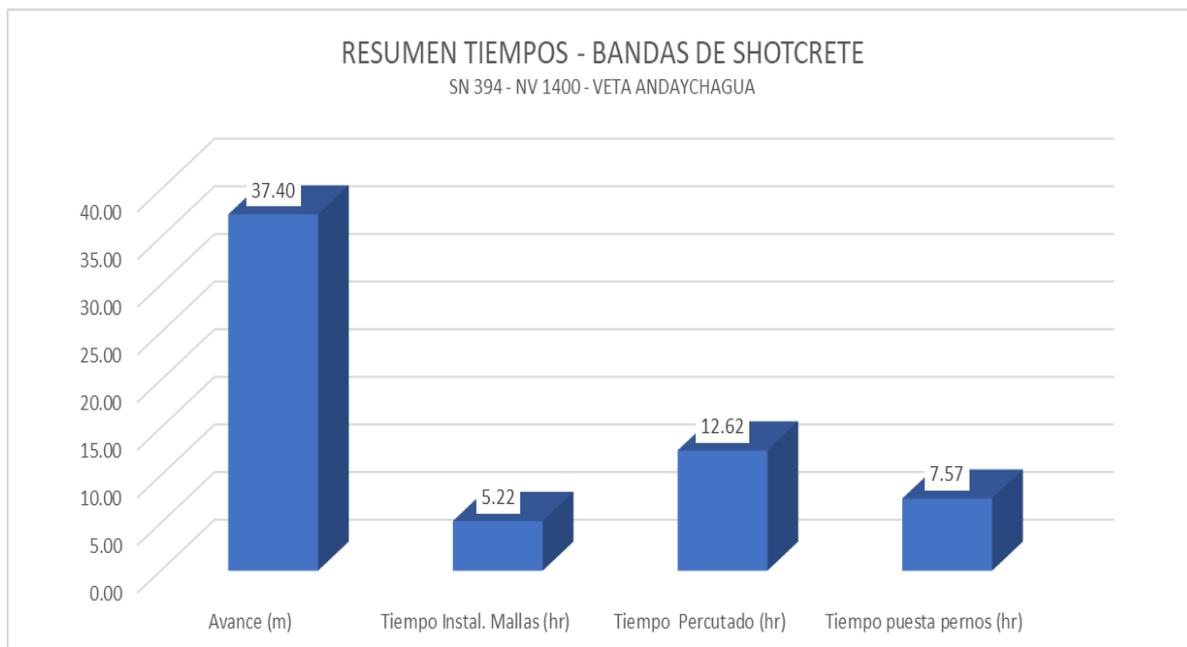


Figura 24. Resumen de tiempos en bandas de shotcrete.
Fuente: propia

Finalmente, el tiempo de instalación de bandas de shotcrete para reforzar el sostenimiento primario, para un avance de 37.40 m, considera un tiempo de instalación de mallas en 5.22 horas, tiempo de percutado en 12.62 horas y tiempo de puesta de pernos en 7.57 horas.

4.5 Análisis de las actividades en sostenimiento primario: SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua

Para realizar el análisis de las actividades del sostenimiento primario en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua se utilizó la herramienta de Pareto, el cual considera que el 20% de actividades inciden en el 80% de problemas asociados al proceso unitario de sostenimiento.

Durante el desarrollo del presente estudio, se analizó las diferentes actividades y su tiempo asociado, relacionados al sostenimiento primario durante los meses de julio y agosto, desde el reparto de guardia hasta la finalización de la misma, considerando un total de 58 actividades con un tiempo total de 14,760.23 horas operacionales.

El 80% de problemas asociados al sostenimiento está relacionado a un total de 16 actividades.

Tabla 28. Análisis de Pareto, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua

| ANÁLISIS DE PARETO - SOSTENIMIENTO | | | | |
|---|-------------------------|----------------|------------------|--------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | |
| ACTIVIDAD | FRECUENCIA HORAS | % | ACUMULADO | % ACUMULADO |
| EQUIPO NO PLANEADO | 3,174.83 | 21.51% | 3,174.83 | 21.51% |
| ESPERANDO ORDEN | 1,109.36 | 7.52% | 4284.20 | 29.03% |
| SALIDA DE PERSONAL | 1,012.14 | 6.86% | 5296.34 | 35.88% |
| TRANSPORTE DE SHOTCRETE PLANTA A LABOR | 856.15 | 5.80% | 6152.49 | 41.68% |
| RETORNO DE EQUIPO VACIO A PLANTA | 688.95 | 4.67% | 6841.44 | 46.35% |
| ESPERANDO FRENTE TRABAJO - LIMPIEZA | 673.39 | 4.56% | 7514.83 | 50.91% |
| ESPERANDO CARGA | 636.41 | 4.31% | 8151.24 | 55.22% |
| LAVADO DE EQUIPO | 518.34 | 3.51% | 8669.58 | 58.74% |
| EQP. EN EJEC. DE INSPECCIÓN | 507.00 | 3.43% | 9176.58 | 62.17% |
| EQP. EN EJEC. DE MANT. CORRECTIVO | 504.54 | 3.42% | 9681.12 | 65.59% |
| LIMPIEZA DE EQUIPO | 424.12 | 2.87% | 10105.24 | 68.46% |
| TRASLADO DE EQUIPO A LABOR | 396.72 | 2.69% | 10501.96 | 71.15% |
| LANZADO SHOTCRETE | 384.22 | 2.60% | 10886.18 | 73.75% |
| TRASEGADO DE MEZCLA A ROBOT | 350.81 | 2.38% | 11236.99 | 76.13% |
| REFRIGERIO | 345.03 | 2.34% | 11582.02 | 78.47% |
| ESPERANDO ATENCIÓN DE SHOTCRETE | 303.98 | 2.06% | 11886.00 | 80.53% |
| ALIMENTACION DE MEZCLA EN PLANTA | 272.57 | 1.85% | 12158.57 | 82.37% |
| INGRESO DE PERSONAL | 263.95 | 1.79% | 12422.52 | 84.16% |
| TRASLADO DE EQUIPO FIN DE TURNO | 256.49 | 1.74% | 12679.01 | 85.90% |
| CHEQUEO DE MAQUINA | 240.01 | 1.63% | 12919.02 | 87.53% |
| TRASLADO DE EQUIPO X FALTA LABOR/CARGA | 236.58 | 1.60% | 13155.61 | 89.13% |
| ESPERANDO FRENTE TRABAJO - SOSTENIMIENTO | 221.92 | 1.50% | 13377.52 | 90.63% |
| ESPERANDO PARA DESCARGA | 146.09 | 0.99% | 13523.61 | 91.62% |
| ABASTECIMIENTO DE ADITIVO | 127.40 | 0.86% | 13651.01 | 92.49% |
| REPARTO DE GUARDIA | 126.05 | 0.85% | 13777.06 | 93.34% |
| TRASEGADO DE CEMENTO A PLANTA | 100.50 | 0.68% | 13877.56 | 94.02% |
| ABASTECIMIENTO DE COMBUST. | 94.68 | 0.64% | 13972.24 | 94.66% |
| CAPACITACION | 85.24 | 0.58% | 14057.48 | 95.24% |
| TRANSPORTE DE CEMENTO A PLANTA | 81.37 | 0.55% | 14138.85 | 95.79% |
| EQP. EN EJEC. DE MANT. PREVENTIVO | 69.97 | 0.47% | 14208.81 | 96.26% |
| ESPERANDO EQUIPO ROBOT | 68.30 | 0.46% | 14277.12 | 96.73% |
| TRASLADO GENERAL DE EQUIPO | 67.99 | 0.46% | 14345.10 | 97.19% |
| ESPERANDO FRENTE TRABAJO - DESATE | 50.12 | 0.34% | 14395.22 | 97.53% |
| FALTA DE LABOR | 48.70 | 0.33% | 14443.92 | 97.86% |
| ESPERANDO FRENTE TRABAJO - VENTILACION | 40.55 | 0.27% | 14484.47 | 98.13% |
| MORTERO VACEADO | 33.24 | 0.23% | 14517.71 | 98.36% |
| TRASEGADO DE MEZCLA A ROBOT DE SLINKLINE | 26.40 | 0.18% | 14544.11 | 98.54% |
| ESPERA DE PESAJE Y DESTARE | 26.37 | 0.18% | 14570.48 | 98.71% |
| TRASLADO DE EQUIPO A BALANZA | 23.44 | 0.16% | 14593.92 | 98.87% |
| FALTA DE SERVICIOS - AIRE | 21.63 | 0.15% | 14615.55 | 99.02% |
| LLENADO DE REPORTES DE GESTION | 21.51 | 0.15% | 14637.07 | 99.17% |
| PARADO POR TRAFICO EN VIA | 17.48 | 0.12% | 14654.55 | 99.28% |
| CAMBIO DE LABOR/ORDEN | 17.17 | 0.12% | 14671.71 | 99.40% |
| INSPECCION DE MONOXIDO | 15.43 | 0.10% | 14687.15 | 99.50% |
| COLOCACION DE CALIBRADORES | 14.44 | 0.10% | 14701.59 | 99.60% |
| MORTERO BOMBEADO | 11.85 | 0.08% | 14713.44 | 99.68% |
| INSTALACIÓN DE ACCESORIOS | 9.81 | 0.07% | 14723.25 | 99.75% |
| FALTA DE SERVICIOS - ENERGIA | 8.50 | 0.06% | 14731.75 | 99.81% |
| POLITICA PARE | 7.53 | 0.05% | 14739.28 | 99.86% |
| FALLA EQ. Y COMUNICACIÓN A MANTENIMIENTO | 7.10 | 0.05% | 14746.38 | 99.91% |
| EQP. TRASLADO AL TALLER POR MANT.PREV. | 3.99 | 0.03% | 14750.37 | 99.93% |
| FALTA DE OPERADOR | 3.12 | 0.02% | 14753.49 | 99.95% |
| REUNION DE SEGURIDAD / SIMULACROS | 3.06 | 0.02% | 14756.54 | 99.98% |
| INSTALACIÓN DE AGUA/ENERGIA/AIRE | 1.50 | 0.01% | 14758.04 | 99.99% |
| DESECHADO DE MEZCLA | 1.43 | 0.01% | 14759.48 | 99.99% |
| EQP. EN ESPERA DE PERSONAL DE MANTENIM | 0.33 | 0.00% | 14759.81 | 100.00% |
| FALTA DE INSUMOS/ACCESORIOS | 0.25 | 0.00% | 14760.06 | 100.00% |
| EQP. EN EJEC. DE MANT. PREDICTIVO | 0.17 | 0.00% | 14760.23 | 100.00% |
| TOTAL GENERAL | 14,760.23 | 100.00% | | |

Fuente: propia

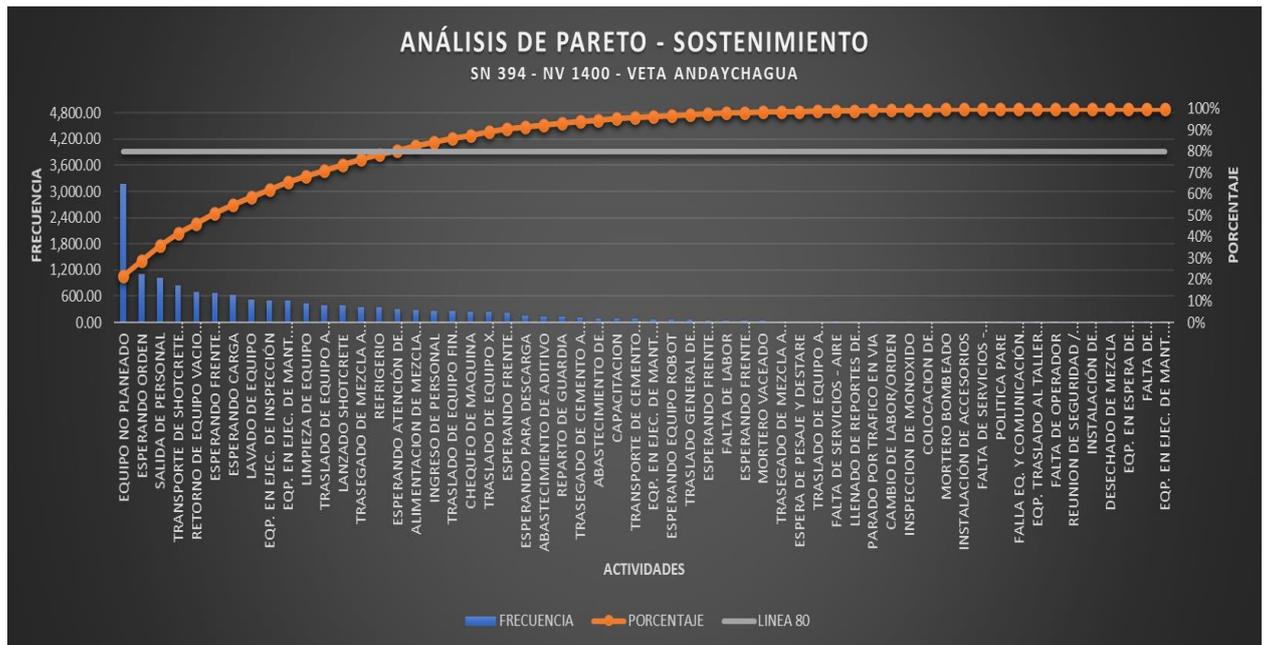


Figura 25. Análisis de Pareto en sostenimiento, SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua.
Fuente: propia

Las actividades principales que afectan el 80% de problemas o inciden en el mayor consumo de tiempo están asociados a las siguientes actividades: equipo no planeado, esperando orden, salida de personal, transporte de shotcrete de planta a labor, retorno de equipo vacío a planta, esperando frente trabajo – limpieza, esperando carga, lavado de equipo, equipo en ejecución de inspección, equipo. en ejecución de mantenimiento correctivo, limpieza de equipo, traslado de equipo a labor, lanzado de shotcrete, trasegado de mezcla a robot, refrigerio y esperando atención de shotcrete, los cuales consideran tiempos asociados de: 3,174.83, 1,109.36, 1,012.14, 856.15, 688.95, 673.39, 636.41, 518.34, 507.00, 504.54, 424.12, 396.72, 384.22, 350.81, 345.03 y 303.98 horas respectivamente.

a) Resumen de pérdida de tiempo operacional -

Durante el análisis de Pareto se consideró un total de 16 actividades que inciden en el 80% de pérdida de tiempo operacional. Siendo un total de 6 actividades que inciden en la pérdida de tiempo operacional, considerando una pérdida de 6,162.82 horas que representan el 51.85% de las 16 actividades de sostenimiento.

Tabla 29. Resumen de pérdidas de tiempo en sostenimiento, SN 394, NV 1400, veta Andaychagua

| RESUMEN DE PÉRDIDAS DE TIEMPO EN SOSTENIMIENTO | | |
|--|----------------------|----------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | |
| ACTIVIDAD | PÉRDIDA TIEMPO (hrs) | INCIDENCIA (%) |
| EQUIPO NO PLANEADO | 3,174.83 | 26.71% |
| ESPERANDO ORDEN | 1,109.36 | 9.33% |
| ESPERANDO FRENTE TRABAJO - LIMPIEZA | 673.39 | 5.67% |
| EQP. EN EJEC. DE MANT. CORRECTIVO | 504.54 | 4.24% |
| TRASLADO DE EQUIPO A LABOR | 396.72 | 3.34% |
| ESPERANDO ATENCIÓN DE SHOTCRETE | 303.98 | 2.56% |
| TOTAL GENERAL | 6,162.82 | 51.85% |

Fuente: propia

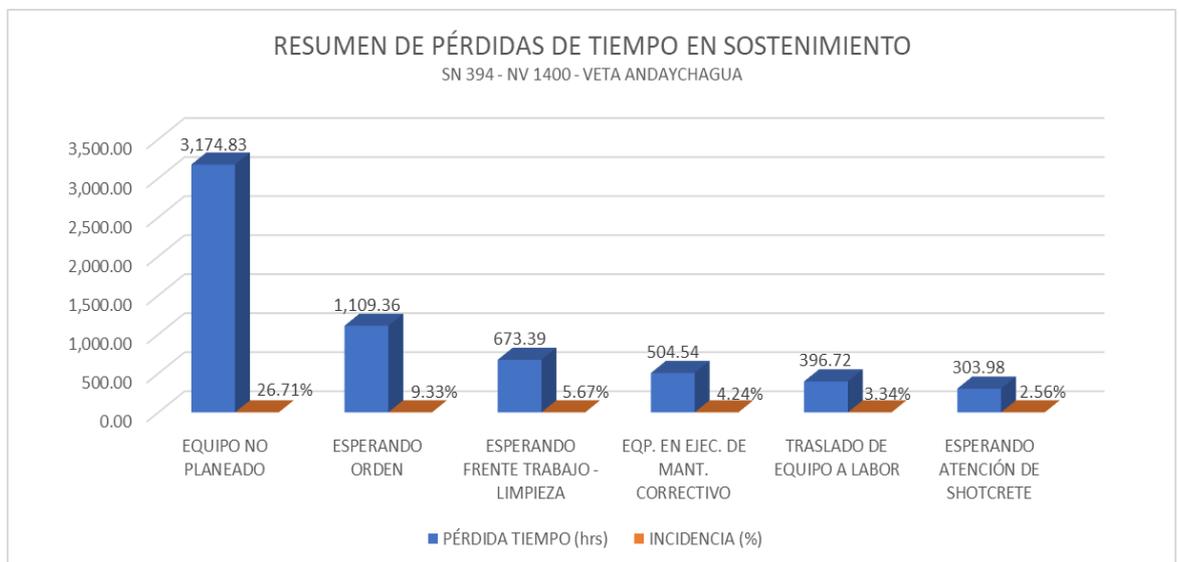


Figura 26. Resumen de pérdida de tiempo en sostenimiento, veta Andaychagua.
Fuente: propia

Las actividades asociadas a la pérdida de tiempo en sostenimiento en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua están asociadas a: equipo no planeado, esperando orden, esperando frente trabajo – limpieza, equipo en ejecución de mantenimiento correctivo, traslado de equipo a labor y esperando atención de shotcrete. los tiempos asociados a estas actividades han sido: 3,174.83 hrs (26.71%), 1,109.36 hrs (9.33%), 673.39 hrs (5.67%), 504.54 hrs (4.24%), 396.72 hrs (3.34%) y 303.98 hrs (2.56%).

4.6 Análisis económico de consumo de shotcrete SN 394, Nv 1400–veta Andaychagua

Durante el desarrollo del consumo de shotcrete se analizó, el costo asociado a los escenarios primario y secundario.

a) Análisis de costos de shotcrete en sostenimiento primario

Para el análisis de costos en sostenimiento primario, se considera un total de 329.20 m³ durante los periodos de julio y agosto, considerando un promedio diario de 0.91 m³.

Tabla 30. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento primario

| COSTO DE CONSUMO DE SHOTCRETE - SOSTENIMIENTO PRIMARIO (FILITA) | | | | |
|--|----------------|--------|---|--------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | |
| FECHA | SHOTCRETE - M3 | | Costo Unitario (US \$/m ³) | Costo Parcial (US \$) |
| | Promedio | Total | | |
| 19/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 143.09 | 2,690.09 |
| 20/07/2023 | 1.26 | 22.60 | 143.09 | 3,233.83 |
| 22/07/2023 | 0.86 | 26.80 | 143.09 | 3,834.81 |
| 23/07/2023 | 1.12 | 33.60 | 143.09 | 4,807.82 |
| 24/07/2023 | 1.26 | 25.20 | 143.09 | 3,605.87 |
| 25/07/2023 | 0.97 | 17.40 | 143.09 | 2,489.77 |
| 27/07/2023 | 0.75 | 18.80 | 143.09 | 2,690.09 |
| 01/08/2023 | 1.57 | 23.60 | 143.09 | 3,376.92 |
| 02/08/2023 | 1.02 | 25.40 | 143.09 | 3,634.49 |
| 04/08/2023 | 0.77 | 19.20 | 143.09 | 2,747.33 |
| 06/08/2023 | 0.63 | 17.00 | 143.09 | 2,432.53 |
| 08/08/2023 | 1.06 | 7.40 | 143.09 | 1,058.87 |
| 10/08/2023 | 0.59 | 10.00 | 143.09 | 1,430.90 |
| 12/08/2023 | 0.90 | 18.00 | 143.09 | 2,575.62 |
| 15/08/2023 | 1.00 | 7.00 | 143.09 | 1,001.63 |
| 19/08/2023 | 0.67 | 4.00 | 143.09 | 572.36 |
| 21/08/2023 | 1.00 | 14.00 | 143.09 | 2,003.26 |
| 23/08/2023 | 0.00 | 0.00 | 143.09 | 0.00 |
| 24/08/2023 | 1.20 | 14.40 | 143.09 | 2,060.50 |
| 25/08/2023 | 0.75 | 6.00 | 143.09 | 858.54 |
| Total/promedio | 0.91 | 329.20 | 143.09 | 47,105.23 |

Fuente: propia

Para realizar el análisis de costo de consumo de shotcrete en sostenimiento primario, considera un total de 329.20 m³, asumiendo un costo unitario de sostenimiento unitario de 143.09 US \$/m³, generando un total de 47,105.23 US\$.

b) Análisis de costos de shotcrete en sostenimiento secundario (bandas)

Para el análisis de costos en sostenimiento secundario (bandas de shotcrete), se considera un total de 205.00 m³ durante los periodos de julio y agosto, considerando un promedio diario de 0.92 m³.

Tabla 31. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento secundario (bandas)

| COSTO CONSUMO DE SHOTCRETE - SOSTENIMIENTO SECUNDARIO (BANDAS EN FILITAS) | | | | |
|--|----------------|--------|---|--------------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | | | |
| FECHA | SHOTCRETE - M3 | | Costo Unitario (US \$/m ³) | Costo Parcial (US \$) |
| | Promedio | Total | | |
| 26/07/2023 | 1.00 | 16.00 | 143.09 | 2,289.44 |
| 28/07/2023 | 1.06 | 24.40 | 143.09 | 3,491.40 |
| 29/07/2023 | 1.03 | 15.40 | 143.09 | 2,203.59 |
| 30/07/2023 | 1.05 | 23.20 | 143.09 | 3,319.69 |
| 31/07/2023 | 0.83 | 15.00 | 143.09 | 2,146.35 |
| 03/08/2023 | 0.64 | 20.60 | 143.09 | 2,947.65 |
| 05/08/2023 | 0.71 | 12.00 | 143.09 | 1,717.08 |
| 07/08/2023 | 1.32 | 6.60 | 143.09 | 944.39 |
| 09/08/2023 | 0.78 | 18.80 | 143.09 | 2,690.09 |
| 11/08/2023 | 0.90 | 5.40 | 143.09 | 772.69 |
| 13/08/2023 | 1.03 | 12.40 | 143.09 | 1,774.32 |
| 16/08/2023 | 1.02 | 17.40 | 143.09 | 2,489.77 |
| 17/08/2023 | 0.97 | 14.60 | 143.09 | 2,089.11 |
| 20/08/2023 | 0.46 | 3.20 | 143.09 | 457.89 |
| Total/promedio | 0.92 | 205.00 | 143.09 | 29,333.45 |

Fuente: propia

Para realizar el análisis de costo de consumo de shotcrete en sostenimiento secundario, considera un total de 205.00 m³, asumiendo un costo unitario de sostenimiento unitario de 143.09 US \$/m³, genera un total de 29,333.45 US\$.

c) Resumen de costos de shotcrete

De acuerdo a la evaluación económica realizada en los escenarios de sostenimiento primario y sostenimiento secundario (bandas de shotcrete), para reforzar el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, se observa un incremento en los costos de sostenimiento, mejorando el control de la deformación en el macizo rocoso, producto del hinchamiento de las filitas para la liberación de la energía generada en estos ambientes geotécnicos.

Tabla 32. Costo de consumo de shotcrete en sostenimiento secundario (bandas)

| RESUMEN DE COSTO CONSUMO DE SHOTCRETE | | |
|---------------------------------------|----------------|-----------------------|
| SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA | | |
| TIPO SOTENIMIENTO | SHOTCRETE (m3) | Costo Parcial (US \$) |
| PRIMARIO | 329.20 | 47,105.23 |
| SECUNDARIO (BANDAS) | 205.00 | 29,333.45 |
| Total | 534.20 | 76,438.68 |
| Diferencia | 124.20 | 17,771.78 |

Fuente: propia

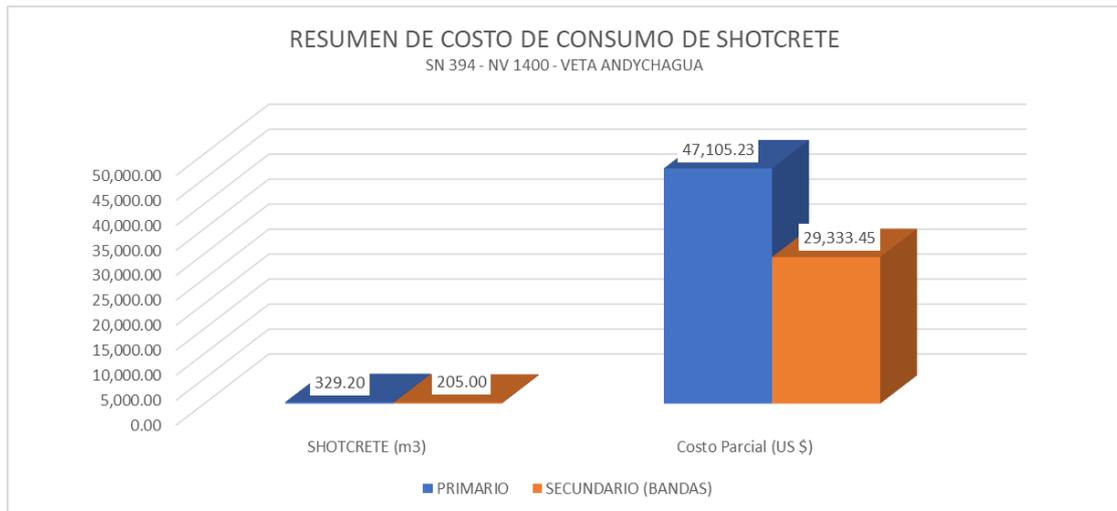


Figura 27. Resumen de costos de consumo de shotcrete, veta Andaychagua.
Fuente: propia

El total de consumo de shotcrete en los escenarios de sostenimiento primario y secundario (bandas de shotcrete), considera un total de 534.20 m3 de shotcrete y un costo total de 76,438.68 US \$. La diferencia generada entre los escenarios de sostenimiento primario y secundario (bandas) hubo un incremento de 124.20 m3 de shotcrete y un costo de 17,771.78 US \$, durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

4.7 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS: VARIABLES OPERACIONALES, ECONÓMICAS Y ACTIVIDADES ASOCIADAS.

El desarrollo del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo principal es analizar la deformación del macizo rocoso (filitas) para reforzar el sostenimiento primario con bandas de shotcrete en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, de Volcan Compañía Minera, durante los periodos de julio y agosto, considera el análisis de las variables operacionales y económicas, así como las actividades que inciden en la pérdida de tiempo operacional.

Tabla 33. Validación de variables operacionales y económicas en bandas de shotcrete

VALIDACIÓN: VARIABLES OPERACIONALES Y ECONÓMICAS EN BANDAS DE SHOTCRETE

SN 394 - NV 1400 - VETA ANDAYCHAGUA

| Labor | Avance (m) | Espaciado Banda (m) | Total Bandas (und) | Total cable bolting (m) | Total malla (m2) | Total Shotcrete (m3) | Costo Parcial (US \$) | INCIDENCIA DE ACTIVIDADES (HRS) | | |
|--------|------------|---------------------|--------------------|-------------------------|------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | | | | | | | ESPERA ORDEN (HRS) | MANTENIMIENTO CORRECTIVO (HRS) | ESPERA ATENCIÓN SHOTC (HRS) |
| SN-394 | 37.40 | 1.5 | 24.93 | 266 | 267 | 205 | 29,333.45 | 1109.36 | 504.54 | 303.98 |

Fuente: propia

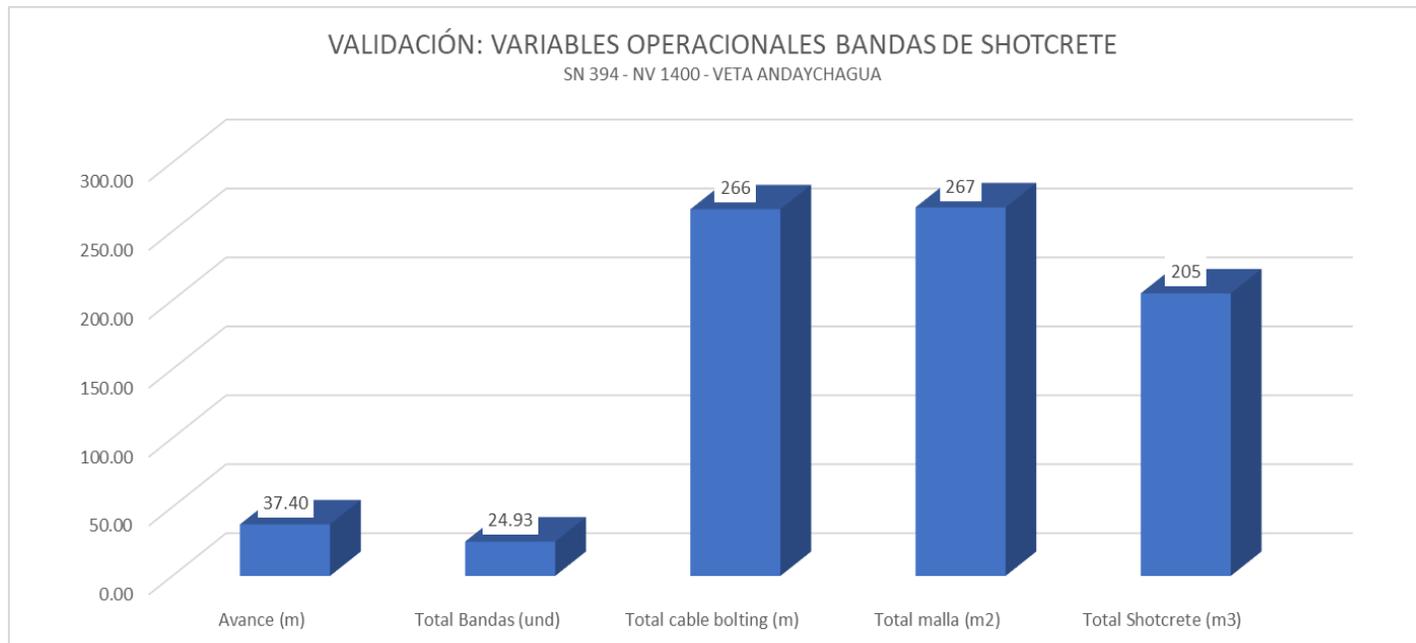


Figura 28. Validación de variables operacionales en bandas de shotcrete.

Fuente: propia

El desarrollo del estudio considera el análisis de los parámetros operacionales en bandas de shotcrete, para lo cual se analiza el avance asociado, total de bandas, total de cable bolting, total de malla y total de shotcrete.

El total de avance en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua considera 37.40 metros, con un total de 24.93 bandas de shotcrete, 266 metros de cable bolting, 267 m² de malla y un total de 205 m³ de shotcrete.

Finalmente, el uso de las bandas de shotcrete en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, permitió estabilizar la deformación del macizo rocoso aplicado en el sostenimiento primario (filitas).

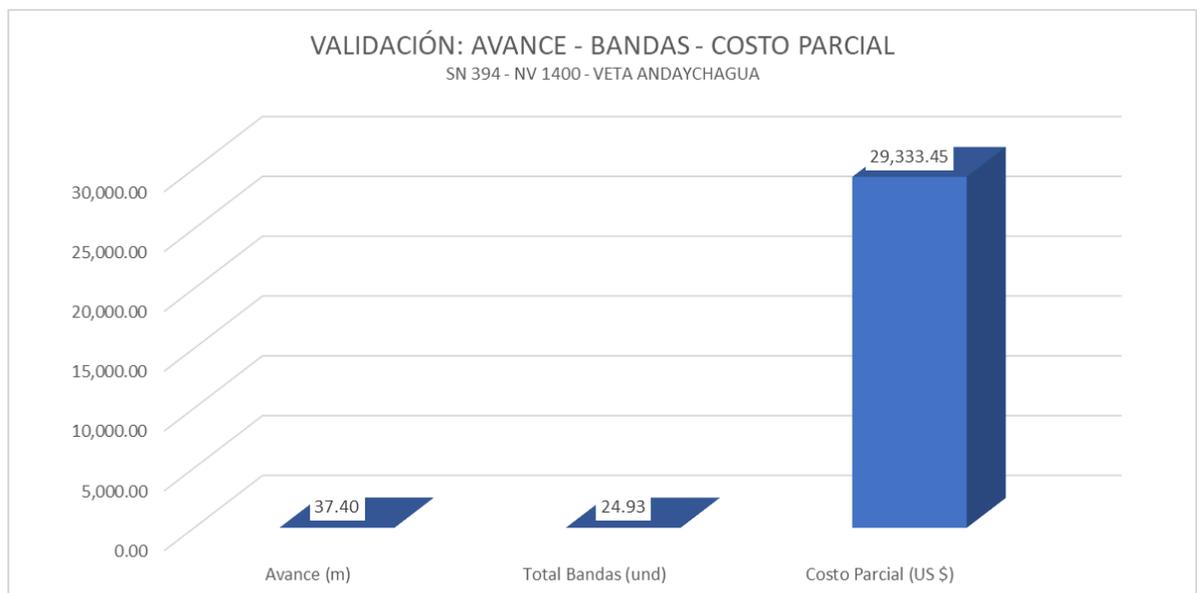


Figura 29. Validación de variables económicas en bandas de shotcrete.
Fuente: propia

De acuerdo al uso de las bandas de shotcrete en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, considerando un avance de 37.40 metros y un total de 24.93 bandas, se asocia un costo total de 29,333.45 US \$,

El costo asociado al sostenimiento primario realizado en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua fue de 47,105.23 US \$.

Generando un costo total de 76,438.68 US \$, considerando el sostenimiento primario y el sostenimiento secundario (bandas de shotcrete), permitiendo estabilizar la deformación del macizo rocoso aplicado en el sostenimiento primario (filitas).

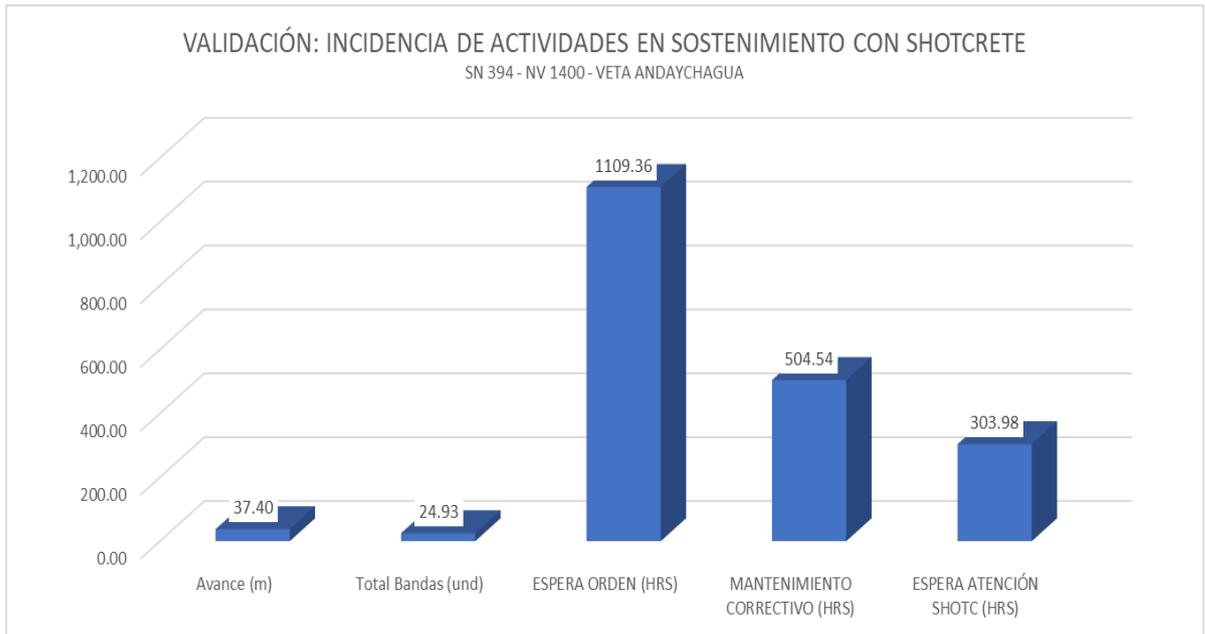


Figura 30. Validación de incidencia de actividades en sostenimiento con shotcrete.
Fuente: propia

El análisis de las diferentes actividades asociadas al sostenimiento, mediante la herramienta de Pareto considera las actividades que inciden directamente a nivel operativo como: espera de orden, mantenimiento correctivo y espera atención de shotcrete con un total de 1,917.88 horas durante los meses de julio y agosto. Finalmente, la incidencia que generan estas actividades en la pérdida de tiempo operacional durante el proceso de sostenimiento fue de 9.33%, 4.24% y 2.56% respectivamente.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo del trabajo de investigación involucra el análisis de la deformación del macizo rocoso, mediante el uso de bandas de shotcrete, para reforzar el sostenimiento primario en el SN 394, NV 1400 de la veta Andaychagua en Volcan Compañía Minera S.A.A. Las variables operacionales analizadas consideran: el total de bandas instaladas, total de cable bolting, total de mallas, tiempos asociados (instalación, percutado, limpieza, puesta de pernos, etc), costos asociados y actividades de sostenimiento para determinar la pérdida de tiempo operacional.
2. La calidad del macizo rocoso asociado a las filitas tiene un rango de RMR entre 30 a 40, el cual considera una calidad de roca mala a muy mala. El sostenimiento primario utilizado en este dominio geomecánico (shotcrete + perno + malla), el cual se ve afectado por el hinchamiento de la filita, generando el agrietamiento, donde el concreto de por sí, no es suficiente para detener la deformación. Llega un punto en que se carga tanto y es necesario percutar, para liberar la energía de la excavación. Para luego usar las bandas de shotcrete como sostenimiento secundario y así mantener la estabilidad del macizo rocoso.
3. El consumo de shotcrete total durante el periodo de julio y agosto en el sostenimiento primario, fue de 329.20 m³, con un promedio diario de 0.91 m³/día y en el sostenimiento secundario fue de 205.00 m³, con un promedio diario de 0.92 m³/día.
4. La dosificación de acuerdo al estudio geomecánico en la unidad geotécnica Filita, considera los siguientes parámetros de sistemas de soporte, realizados en accesos (SN 394) y rampas con secciones de 4.0 x 4.0 y de 4.5 x 4.5 m, se considera las siguientes etapas:
 - ✓ Shotcrete reforzado con fibra en una primera capa de 10 cm, luego instalar malla y luego otra capa de shotcrete reforzado con fibra con 5 cm de espesor.
 - ✓ Pernos helicoidales de 2.4 m de largo, en un patrón de 1.2 x 1.2 m.

- ✓ Cableado sistemático, con largo de cables de 3.0 m, en un patrón de 1.8 x 1.8 m.
5. De acuerdo a los parámetros asociados al uso de bandas de shotcrete (sostenimiento secundario), se considera una disminución del uso de aditivos Viscocrete SC 50, mejorando la resistencia de las propiedades físicas y mecánicas del shotcrete, así como el uso del acelerante Sigunit L-60 para un rápido desarrollo de tiempo de fraguado y de la resistencia inicial, mejorando el peso del concreto de 2,206 a 2,217 realizado en el SN 394, Nv 1400, Veta Andaychagua.
 6. El total de avance en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua fue de 37.40 metros, con un total de 24.93 bandas de shotcrete, 266 metros de cable bolting, 267 m² de malla y un total de 205 m³ de shotcrete, permitiendo estabilizar la deformación del macizo rocoso aplicado en el sostenimiento primario (filitas).
 7. El costo asociado al sostenimiento primario realizado en el SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua fue de 47,105.23 US \$. Así mismo el costo con el uso de las bandas de shotcrete, considerando el uso de 24.93 bandas fue de 29,333.45 US \$, generando un costo total durante el periodo de estudio de 76,438.68 US \$.
 8. El análisis de las diferentes actividades asociadas al sostenimiento, mediante la herramienta de Pareto considera las actividades que inciden directamente a nivel operativo como: espera de orden, mantenimiento correctivo y espera atención de shotcrete con un total de 1,917.88 horas durante los meses de julio y agosto.
 9. La incidencia que generan estas actividades en la pérdida de tiempo operacional durante el proceso de sostenimiento fue de 9.33%, 4.24% y 2.56% respectivamente.

10. Finalmente, el uso de bandas de shotcrete permitió estabilizar la deformación del macizo rocoso aplicado en el sostenimiento primario (filitas) en SN 394, Nv 1400 de la veta Andaychagua, de acuerdo al uso del total de bandas de shotcrete, total de cable bolting y total de malla utilizada en la UGT de las Filitas, presentes en el área de estudio.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios comparativos similares en diferentes frentes operacionales con similares UGT Filitas, caracterizándolas en mayor detalle, para un mejor control operacional y económico en el sostenimiento secundario.
2. Se recomienda identificar similares UGT Filitas en la veta y cuerpo Andaychagua, y demás estructuras mineralizadas presentes en la unidad minera, para determinar el comportamiento de liberación de energía en el sostenimiento primario instalado.
3. Se recomienda aplicar modelos numéricos de predictibilidad, considerando el análisis de información mediante herramientas de mining data y machine learning.
4. Se recomienda, realizar estudios de dosificación de shotcrete en el sostenimiento primario y secundario que permita disminuir el tiempo de instalación, controlar el uso de aditivos para mejorar la resistencia del shotcrete instalado. .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRESANA, Leire. Análisis comparativo de metodología de sostenimiento de túneles. Memoria (Tesis de maestría). Oviedo, España: Universidad de Oviedo, 2016, pág. 103.
2. LAIN, Carlos. Estudio de las distribuciones tensionales y de las resistencias de los rellenos de pasta de la mina subterránea de aguas teñidas. Memoria (Tesis doctoral). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2015. pág. 85.
3. MOYA, Gilmer. Aplicación del sistema de sostenimiento de arcos noruegos para garantizar la estabilidad permanente de los túneles del polvorín principal de la mina Pallca – Cía Minera Santa Luisa S.A. – 2019. Memoria (Tesis de pre grado). Huaraz: Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, 2020. pág. 145.
4. GONZALES, Mannix y FLORES, Wilmer. Control de costos y beneficios en un sistema de Sostenimiento de una Mina Convencional, en la Empresa Minera “Max Pala S.A.C. Memoria (Tesis de pregrado). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2021. pág. 97.
5. QUISPE, Alex y PORTAL, Marvin. Estudio del sostenimiento activo y pasivo en labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad. Memoria (Tesis de pregrado). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. pág. 115.
6. UNIDAD MINERA YAULI, Mina Andaychagua, información de bandas de shotcrete y sostenimiento primario en el SN 394, NV 1400, 2023.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición operacional | | |
|---|--|---|--|---|
| | | Dimensiones | Sub-Dimensiones | Indicadores |
| <p>VI:</p> <p>Aplicación de las bandas de shotcrete en el SN 394 - NV 1400, Veta Andaychagua.</p> | <p>El uso de bandas de shotcrete, es de vital importancia como complemento del sostenimiento primario, estabilizando áreas con liberación de energía en las filitas presentes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Variable Geológica • Variable Geomecánica • Variables Operacionales | <p>Área de Geología</p> <p>Área de Geomecánica</p> <p>Área de Sostenimiento</p> | <p>Tipo estructura, potencia, buzamiento, etc.</p> <p>RQD, GSI, RMR, dureza, humedad, etc.</p> <p>Parámetros dosificación, m³ de shotcrete, etc.</p> |
| <p>VD:</p> <p>Análisis de las variables operacionales y económicos de sostenimiento mediante el uso de bandas de shotcrete.</p> | <p>Al realizar el análisis operacional y económico, con el uso de bandas de shotcrete, permitirá la estabilidad y control del sostenimiento primario en la veta Andaychagua.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros operacionales • Parámetros económicos | <p>Variables operacionales de sostenimiento</p> <p>Variables económicas de sostenimiento</p> | <p>Total bandas, cable bolting, mallas, tiempo de percutado, tiempo de instalación, etc.</p> <p>Costo de sostenimiento primario y con bandas de shotcrete.</p> |

Anexo 2
Planos en planta y perfil

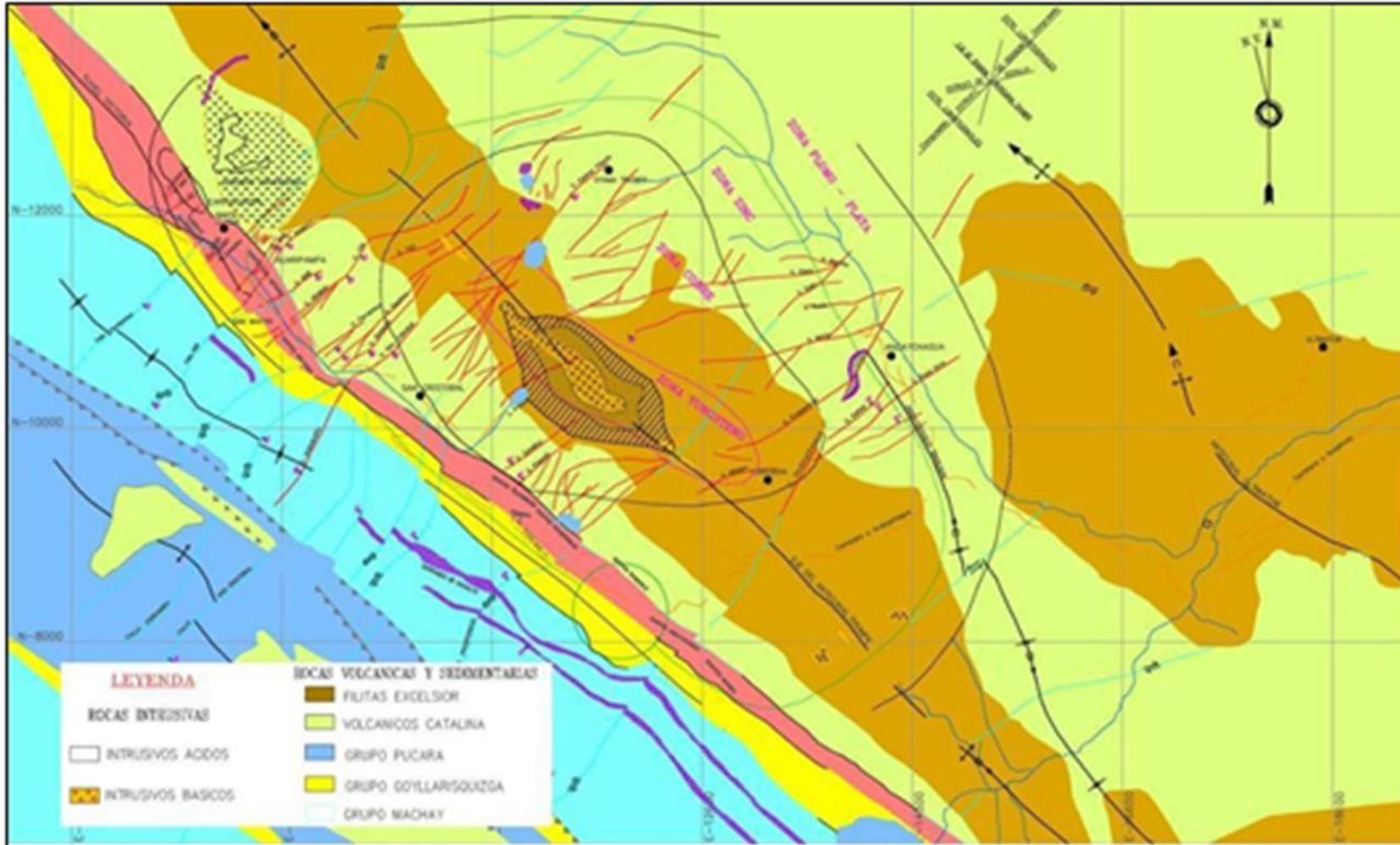


Figura 2. Geología regional, mina Andaychagua
Fuente: área de Geología

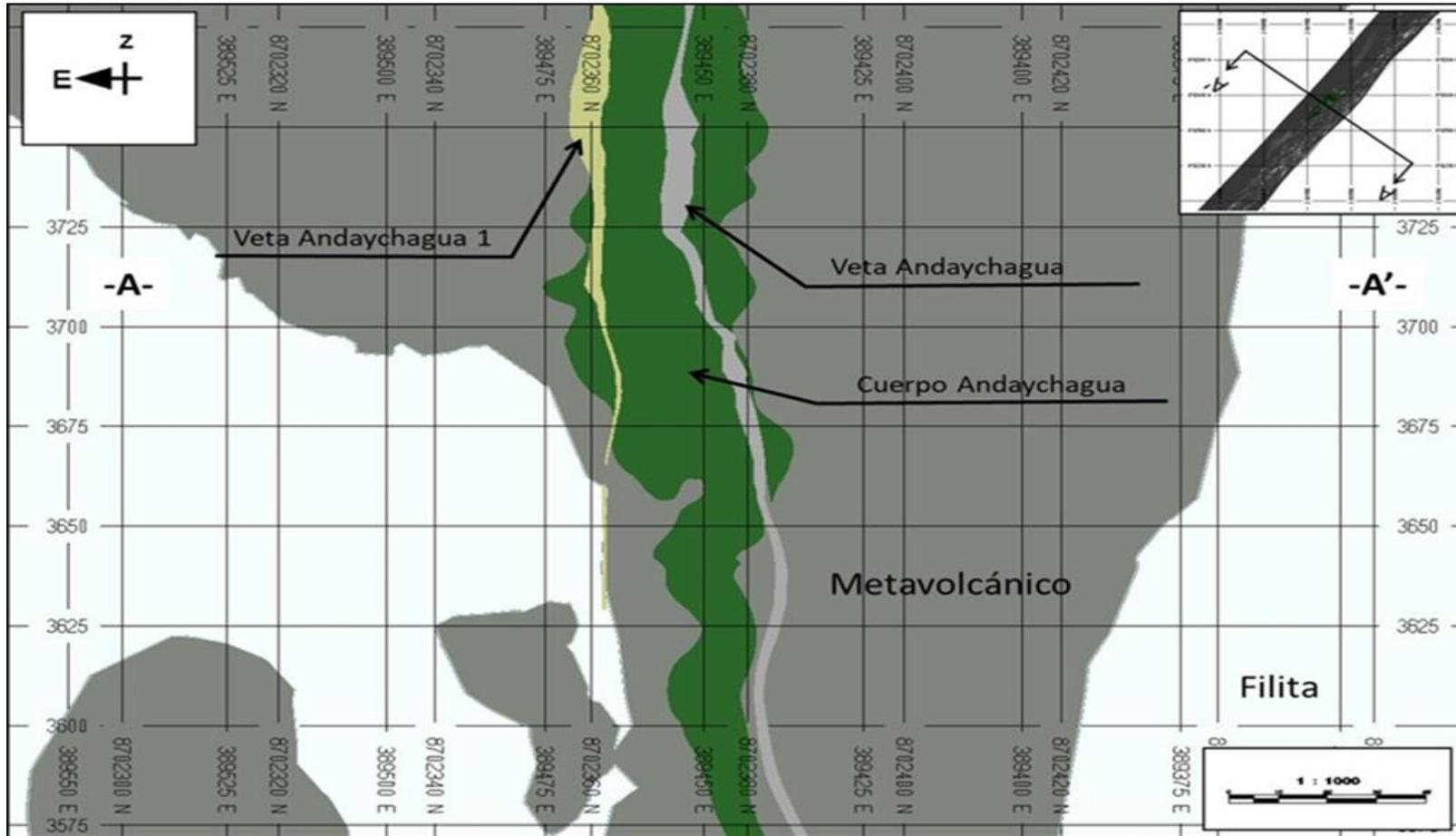


Figura 3. Unidades litológicas en la veta y cuerpo Andaychagua
 Fuente: área de Geología

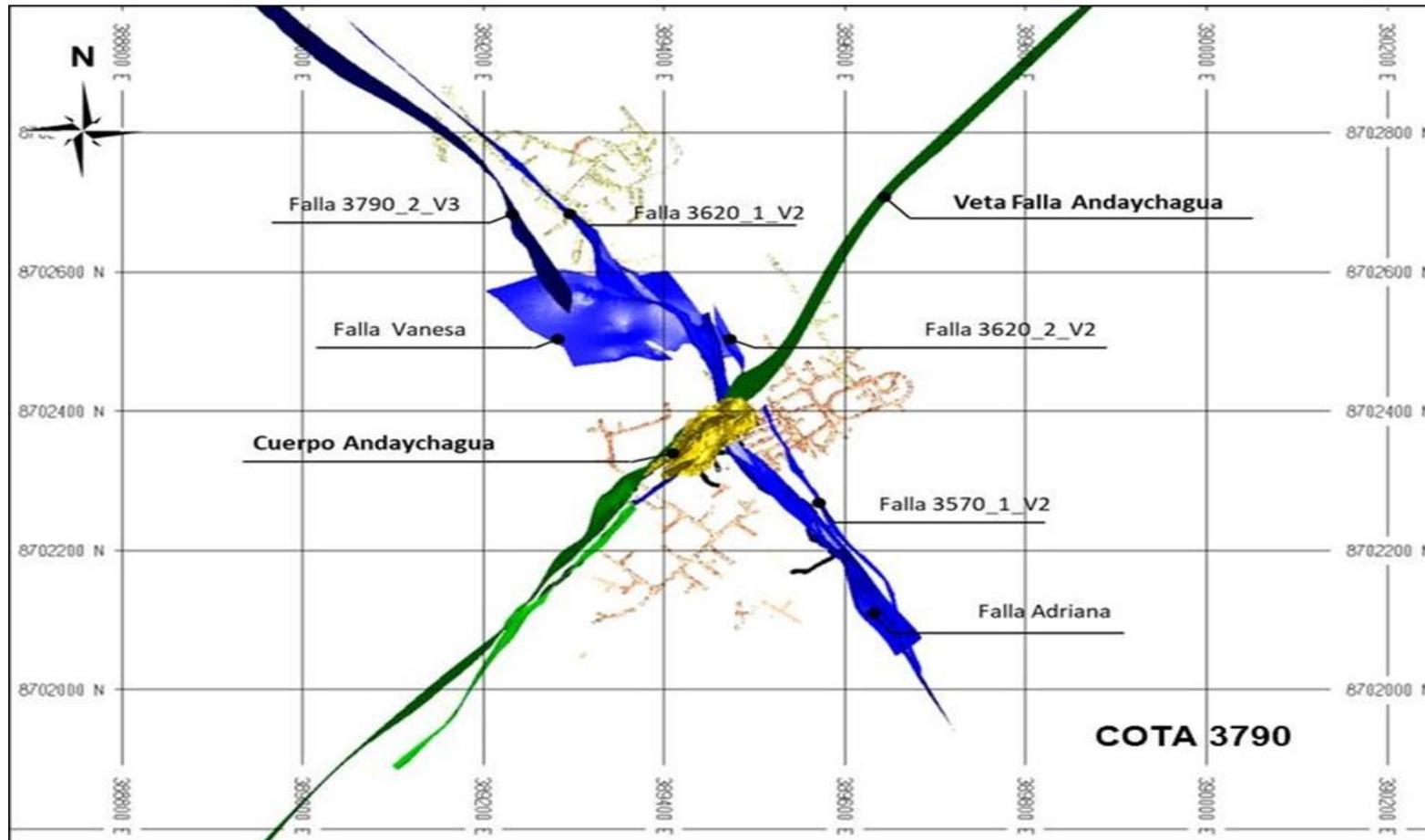


Figura 4. Modelo estructural de fallas mayores en la veta y cuerpo Andaychagua
 Fuente: área de Geomecánica

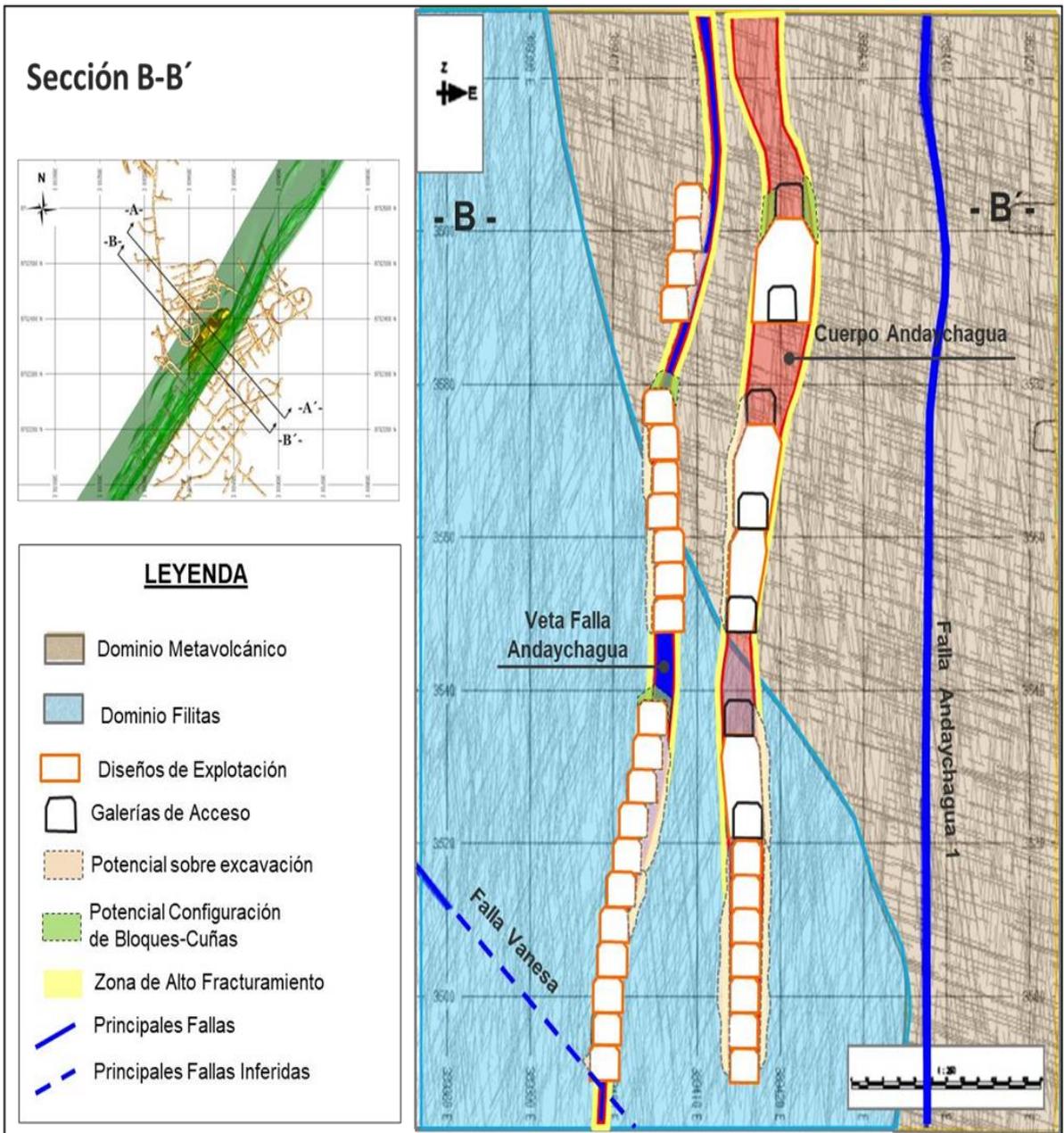


Figura 5. Veta y cuerpo mineralizado, presentes en la mina Andaychagua
Fuente: área de Geología

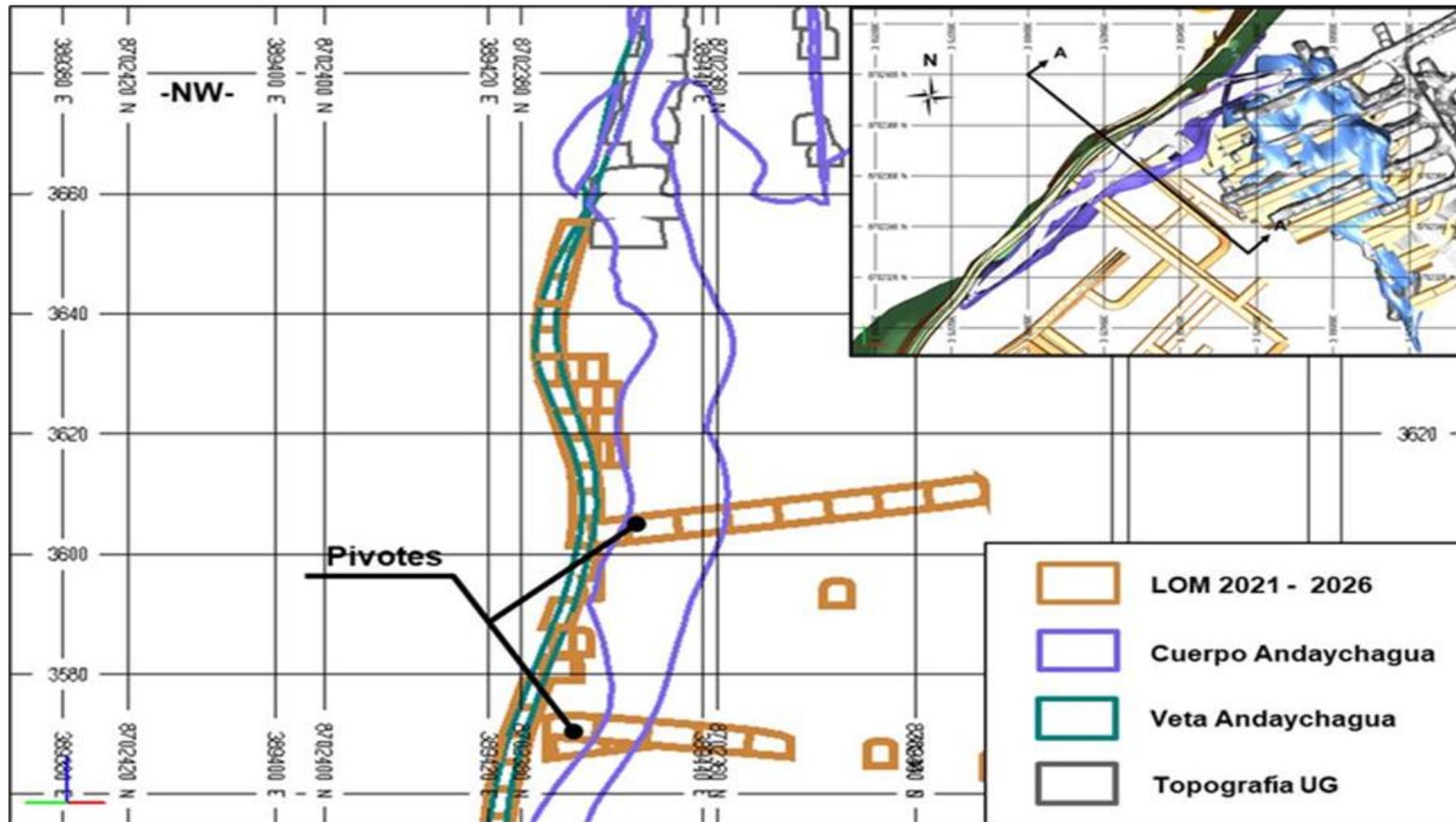


Figura 7. Método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua
 Fuente: área de Geomecánica

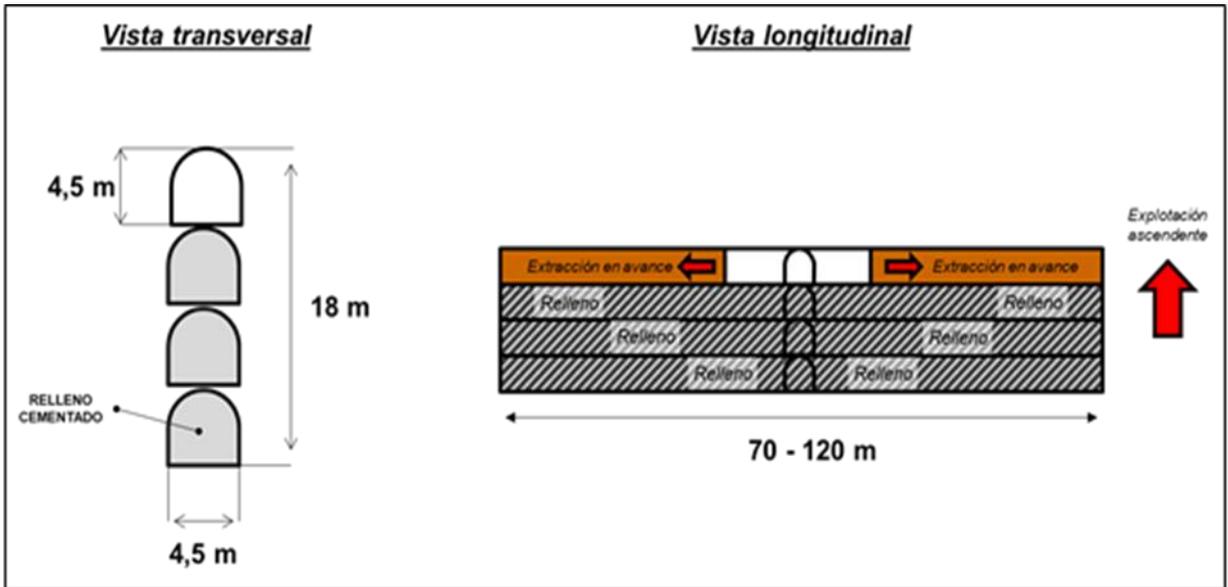


Figura 8. Esquema del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua.
Fuente: área de Geomecánica

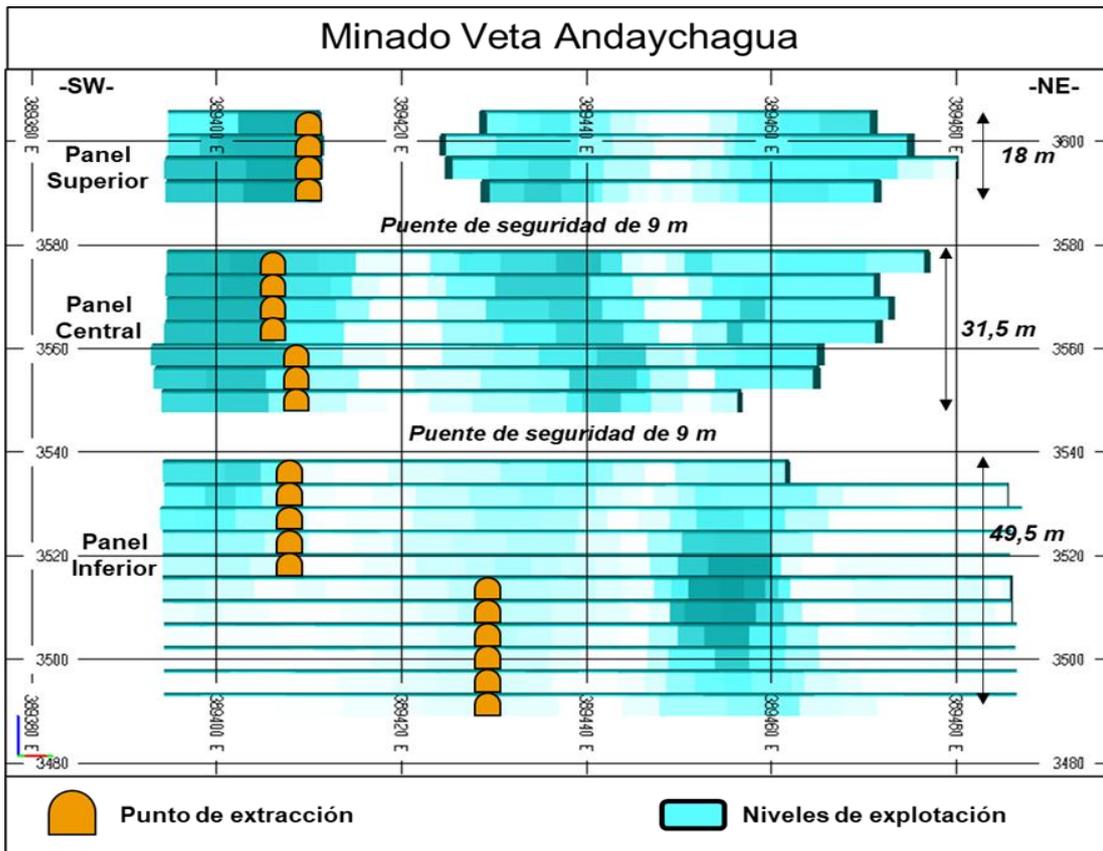


Figura 9. Diseño del método de minado Cut and fill, aplicado a la veta Andaychagua.
Fuente: área de Geomecánica

Anexo 3

Formatos de Supervisión Geomecánica

SN 394 – NV 1400 - Veta Andaychagua

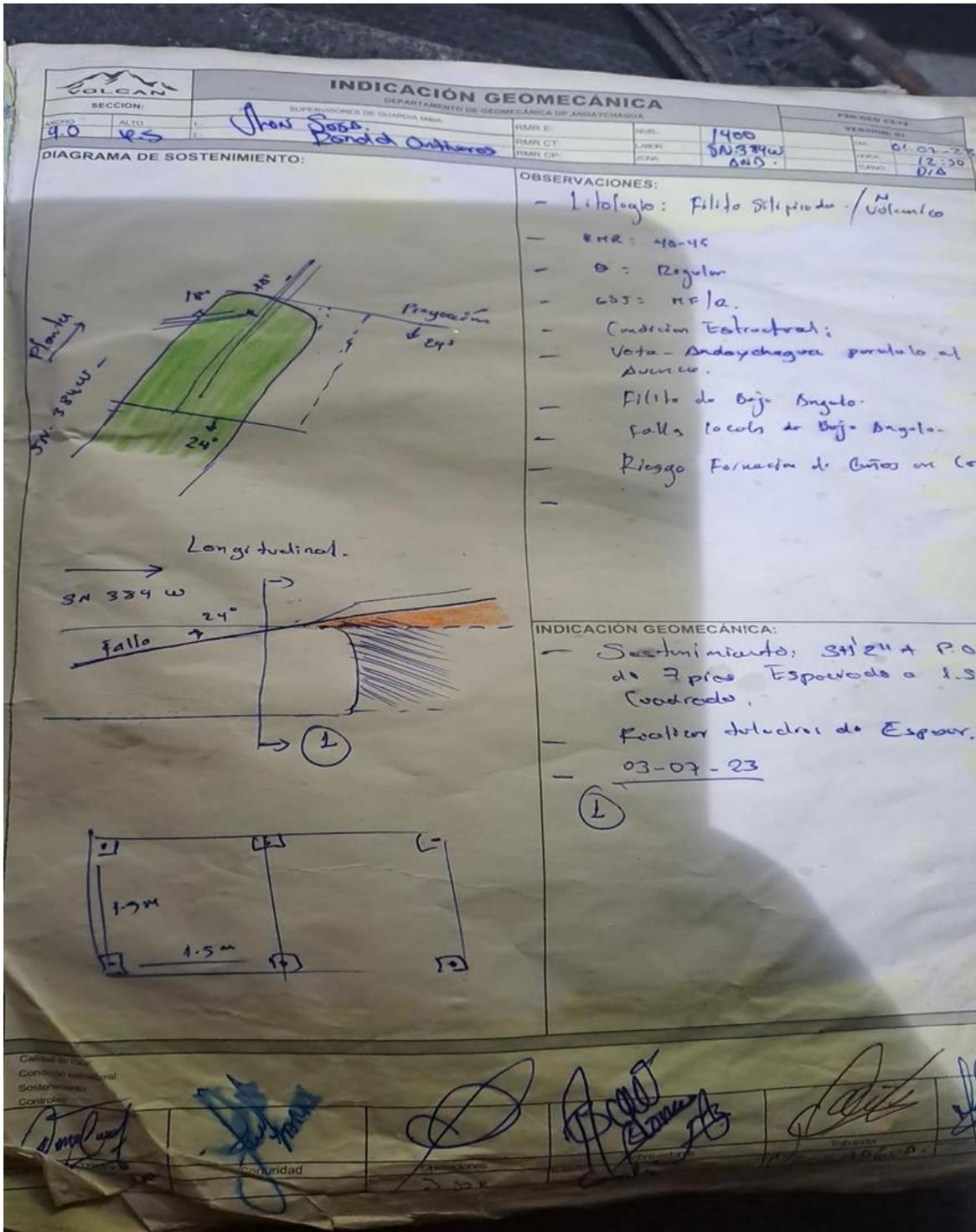


Figura 17. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua.
Fuente: propia

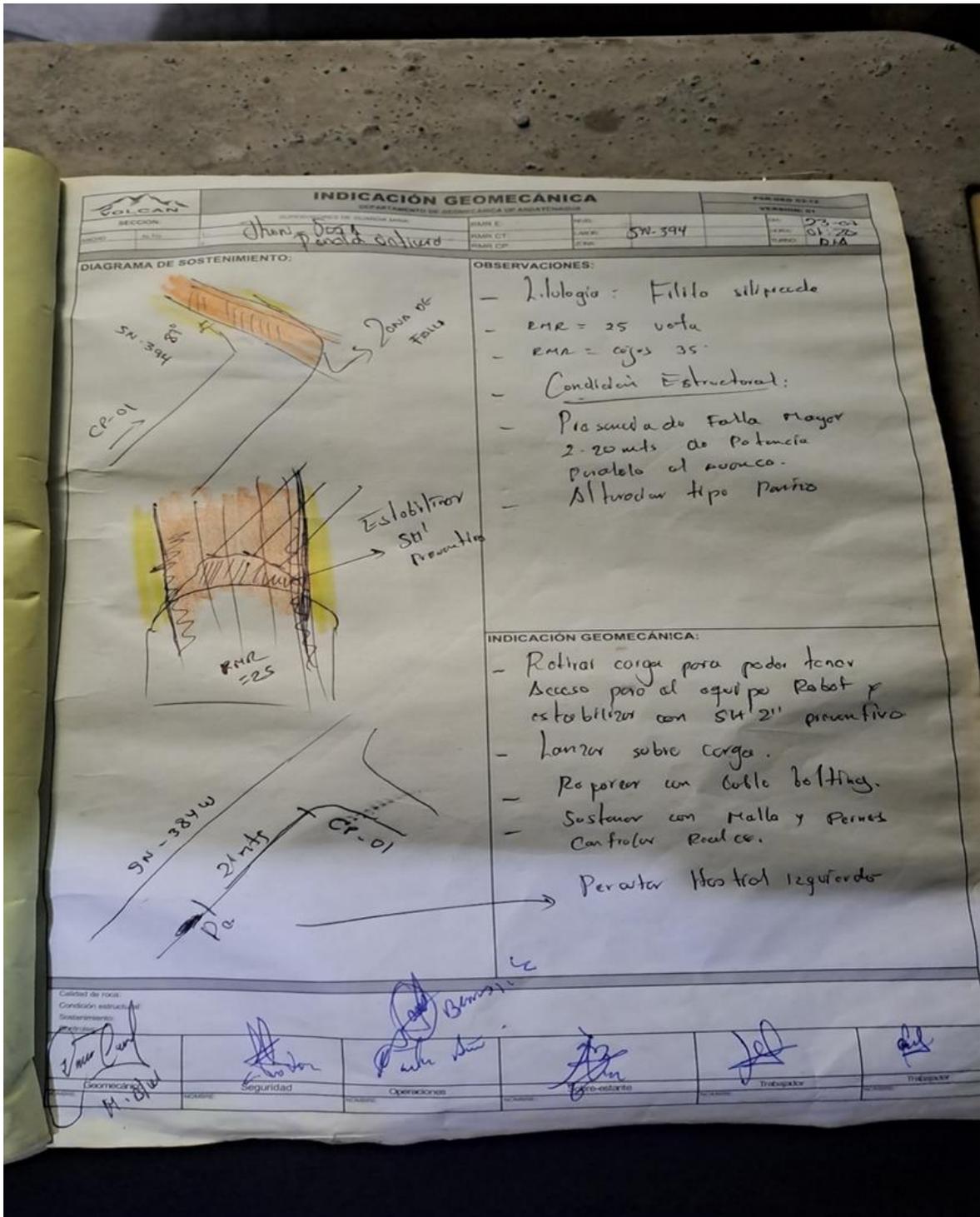


Figura 18. Supervisión geomecánica, veta Andaychagua.
Fuente: propia

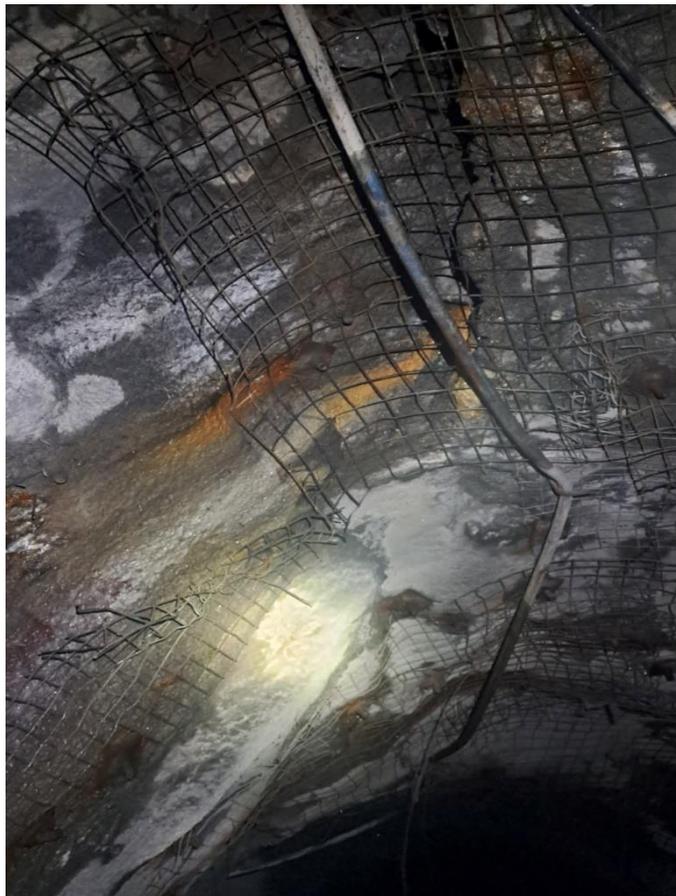
Anexo 4

Fotos de sostenimiento

SN 394 – NV 1400 - Veta Andaychagua



**Figura 13. Sostenimiento primario (shotcrete + perno + malla), veta Andaychagua.
Fuente: propia**



**Figura 14. Deformación del sostenimiento primario, veta Andaychagua.
Fuente: propia**



Figura 15. Rehabilitación secundaria (bandas de shotcrete + cable bolting).
Fuente: propia



Figura 16. Deformación de las filitas.
Fuente: propia