

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización del tiempo de fraguado de cable bolting
con resina para reducir costos de producción de la veta
principal NV. 4050 en la unidad operativa Chungar -
Volcán Compañía Minera S. A. A.**

Alex Miler Cruz Aliaga
Richard Ericcson Silvestre Zevallos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Guterra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 16 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "OPTIMIZACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CABLE BOLTING CON RESINA PARA REDUCIR COSTOS DE PRODUCCION DE LA VETA PRINCIPAL NV. 4050 EN LA UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR – VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A", perteneciente a los estudiantes RICHARD ERICSSON SILVESTRE ZEVALLOS y ALEX MILER CRUZ ALIAGA, de la E.A.P. de 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 16 % de similitud (informe adjunto) 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 (Nº de palabras excluidas: 10) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


 UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ING. JAVIER CARLOS CORDOVA BLANCAS
E.A.P. INGENIERIA DE MINAS

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

El presente documento tiene por finalidad declarar adecuada y explícitamente el aporte de cada autor en la elaboración del trabajo de investigación:

Título:

“OPTIMIZACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CABLE BOLTING CON RESINA PARA REDUCIR COSTOS DE PRODUCCION DE LA VETA PRINCIPAL NV. 4050 EN LA UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR – VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A”

Yo: RICHARD ERICSSON, Silvestre Zevallos, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 44167772, de la – EAP. Ingeniería de Minas.

Yo: ALEX MILER, Cruz Aliaga, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73531161, de la – EAP. Ingeniería de Minas.

Declaro bajo juramento:

1. El trabajo de investigación es de mi autoría, dado que he participado en la ideación del problema, recolección de datos, elaboración y aprobación final del trabajo de investigación.
2. El trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. El trabajo de investigación es original e inédito, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, falta de probidad académica, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

15 de Marzo de 2024



SILVESTRE ZEVALLOS RICHARD ERICSSON
DNI N° 44167772

Firma
Richard Ericsson, SILVESTRE ZEVALLOS
DNI. No. 44167772



Firma
Alex Miler Cruz Aliaga

DNI. No. 73531161

OPTIMIZACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CABLE BOLTING CON RESINA PARA REDUCIR COSTOS DE PRODUCCION DE LA VETA PRINCIPAL NV. 4050 EN LA UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR – VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	1%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	dspace.uib.es Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	cibernetia.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	id.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
14	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud inicial a Dios, por velar por mi camino y darme el coraje necesario para vencer todos los obstáculos que encontré a lo largo de mi vida.

A mi familia por estar conmigo en todo momento, ofreciendo su apoyo incondicional para mi desarrollo personal.

A la EAP Minas de la Universidad Continental, especialmente a los docentes que me brindaron valiosas enseñanzas tanto teóricas como prácticas durante mi trayectoria universitaria.

A la UO Chungar – Volcan Compañía Minera S.A.A. por brindarme la ocasión de adquirir conocimientos y crecer como profesional, demostrando todas mis habilidades y rendimiento laboral.

Por último, mi gratitud a todo el equipo con el que compartí años en la industria minera hasta el día de hoy, quienes me instruyeron y compartieron su sabiduría en este campo.

DEDICATORIA

A Dios, a mis familiares, a mis jefes de área, a mis compañeros de trabajo, a mis compañeros de estudio que han escalado junto a mi hasta alcanzar la meta con esta frase en la mente: “Nunca te rindas”.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema	17
1.1.1. Planteamiento del problema	17
1.1.2. Formulación del problema	18
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación e importancia	19
1.3.1. Justificación social - práctica.....	19
1.3.2. Justificación académica	19
1.4. Hipótesis de la investigación.....	20
1.4.1. Hipótesis general.....	20
1.4.2. Hipótesis específicas.....	20
1.5. identificación de las variables	20
1.5.1. Variable independiente	20
1.5.2. Variable dependiente	20
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables.....	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes del problema	22
2.1.1 Antecedentes internacionales	22
2.1.2 Antecedentes nacionales	23
2.2 Generalidades de la unidad operativa Chungar	25
2.2.1 Ubicación de la mina Animón.....	25

2.2.2 Accesibilidad a la mina Animón -----	26
2.3 Geología general-----	26
2.3.1 Geología local-----	26
2.3.2 Tipo de yacimiento -----	27
2.3.3 Consideraciones geomecánicas -----	29
2.3.4 Método y ciclo de minado-----	29
2.4 Bases teóricas del estudio-----	32
2.4.1 Cable bolting y sus funciones -----	32
2.4.2 Funciones de cable <i>bolting</i> -----	35
2.4.3 Cable <i>bolting</i> con resina -----	35
2.4.4 Consideraciones operacionales-----	37
2.4.5 Aplicación de resina en cable <i>bolting</i> -----	41
2.4.6 Consideraciones económicas en cable <i>bolting</i> -----	43
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	45
3.1 Método y alcances de la investigación-----	45
3.1.1 Método de la investigación -----	45
3.1.2 Alcances de la investigación -----	46
3.2 Diseño de la investigación-----	46
3.3 Población y muestra -----	46
3.3.1 Población-----	46
3.3.2 Muestra -----	47
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	47
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	49
4.1 Consideraciones operacionales-----	49
4.2 Análisis de cable <i>bolting</i> con cemento -----	51
4.3 Análisis de cable <i>bolting</i> con resina-----	59
4.4 Análisis de cable <i>bolting</i> mixto (cemento + resina) -----	63
4.5 Análisis comparativo de cable <i>bolting</i> por producto -----	66
4.6 Análisis económico de cable <i>bolting</i> por producto -----	68
4.7 Validación de la hipótesis-----	69
CONCLUSIONES-----	74
RECOMENDACIONES-----	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	78
ANEXOS -----	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón	26
Tabla 3. Propiedades de la resina	37
Tabla 4. Análisis de inyección de cemento en cable bolting – veta Melissa	40
Tabla 5. Análisis de pull test de cemento en cable bolting – veta Melissa	41
Tabla 6. Precio unitario de cable bolting	44
Tabla 7. Programa de sostenimiento, periodo 2023 mina Animón	50
Tabla 8. Características geomecánicas por método de minado	51
Tabla 9. Inyección de cemento en cable bolting, veta Principal	52
Tabla 10. Resumen de Inyección con cemento en cable bolting, veta Principal.....	55
Tabla 11. Pull test de cable bolting con cemento, veta Principal.....	56
Tabla 12. Resumen de pull test de cable bolting con cemento, veta Principal.....	58
Tabla 13. Inyección de resina en cable bolting, veta Principal	60
Tabla 14. Pull test de cable bolting con resina, veta Principal.....	61
Tabla 15. Resumen de pull test de cable bolting con resina, veta Principal.....	62
Tabla 16. Análisis cable bolting con inyección mixta (cemento + resina) veta Principal	64
Tabla 17. Pull test de cable bolting con cemento + resina	65
Tabla 18. Resumen de pull test de cable bolting con cemento + resina	65
Tabla 19. Comparativo de inyección de cable bolting con: cemento – resina - mixto	67
Tabla 20. Comparativo de pull test de cable bolting con: cemento – resina - mixto	68
Tabla 21. Costo comparativo de inyección con cemento – resina - mixto.....	69
Tabla 22. Validación de la hipótesis general y específica del estudio	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón	25
Figura 2. Geología local de la mina Animón.....	27
Figura 3. Zoniamiento de la mina Animón.....	28
Figura 4. Plano de zonificación geomecánico veta Principal, mina Animón	30
Figura 5. Desarrollo del método de minado con taladros largos	31
Figura 6. Método de minado con taladros largos	31
Figura 7. Procedimientos de inyección de cables de sujeción	34
Figura 8. Diseño de cables de sujeción.....	34
Figura 9. Instalación de cable bolting con resina.....	36
Figura 10. Instalación de cable bolting con inyección de resina previa	36
Figura 11. Veta principal en planta y sección, mina Animón	38
Figura 12. Veta Gisela en planta y sección, mina Animón	39
Figura 13. Resumen de relación de cemento y tiempo de inyección	40
Figura 14. Resumen de tiempo de fraguado y carga aplicada en cable bolting con cemento.....	41
Figura 15. Resumen de carga y tiempo de fraguado en cable bolting con resina	42
Figura 16. Línea de tendencia del tiempo de fraguado y carga aplicada en cable bolting con resina.....	43
Figura 17. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de marzo.....	53
Figura 18. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de abril.....	53
Figura 19. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de mayo.....	54
Figura 20. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de junio	54
Figura 21. Resumen de relación cemento y tiempo de inyección	55
Figura 22. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de marzo ...	56
Figura 23. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de abril	57
Figura 24. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de mayo	57
Figura 25. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de junio	58
Figura 26. Resumen de relación de tiempo fraguado y carga aplicada.....	59
Figura 27. Relación de resina con tiempo de inyección	60
Figura 28. Relación tiempo de fraguado – carga aplicad, 26 febrero	61

Figura 29. Relación tiempo de fraguado – carga aplicad, 28 febrero	62
Figura 30. Resumen de relación tiempo de fraguado – carga aplicada	63
Figura 31. Relación resina + cemento con tiempo de inyección	64
Figura 32. Relación tiempo fraguado y carga aplicada - mixto.....	65
Figura 33. Resumen de relación tiempo fraguado y carga aplicada - mixto	66
Figura 34. Comparativo de tiempo de inyección y total del producto	67
Figura 35. Comparativo de tiempo de fraguado y carga aplicada por producto	68
Figura 36. Costo comparativo de tiempo de fraguado y carga aplicada por producto	69
Figura 37. Resumen de consumo y tiempo de inyección: cemento, resina y mixto	70
Figura 38. Resumen de tiempo de fraguado y carga aplicada: cemento, resina y mixto	71
Figura 39. Resumen de costo de cable bolting con cemento, resina y mixto	72

RESUMEN

La presente investigación realiza la optimización del tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina para reducir los costos de producción de la veta Principal, Nv 4050, en la unidad operativa Chungar de Volcan Compañía Minera S. A. A.

En el trabajo de investigación se aplica el método inductivo – deductivo, donde se observa e investiga las variables asociadas a la instalación de cable *bolting* para la reducción de costos de operación. Para esto, se analiza el tiempo de fraguado de cemento y resina en cable *bolting* con la finalidad de mejorar el tiempo del ciclo de minado y disminuir los costos operacionales.

El tiempo de inyección de cemento promedio por taladro durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio fueron de 3.58 min, 3.27 min, 3.15 min y 3.14 min, con un promedio de 3.28 min, considerando una longitud de taladro de 6 metros.

El análisis comparativo considera el consumo total de cemento, resina y mixto (cemento + resina) con valores de 435.21 kg, 234.5 kg y 134.0 kg respectivamente, observándose un menor consumo en el escenario mixto con respecto a los otros dos escenarios.

El análisis comparativo considera del tiempo de fraguado y carga aplicada en cemento, resina y mixto (cemento + resina), con valores de tiempo de fraguado en 24 horas, 1.73 horas y 1.45 horas, respectivamente. Los menores valores de tiempo de fraguado se dan en el escenario de consumo de resina y mixto.

El resultado económico obtenido, considerando los costos unitarios en cemento, resina y mixto, genera valores de 15,410.25 \$ para el cemento, 16,376.95 \$ para la resina y de 7,137.43 \$ para el mixto.

Palabras clave: cable bolting, resina, tiempo de fraguado, costos, etc.

ABSTRACT

The present research performs the optimization of the setting time of cable bolting with resin to reduce the production costs of the Main vein, Lv 4050, in the Chungar Operating Unit of Volcan Compañía Minera S.A.A.

The research work applies the inductive-deductive method, where the variables associated with the installation of cable bolting are observed and investigated, to reduce operating costs. For which the setting time of cement and resin in cable bolting is analyzed, with the purpose of improving the mining cycle time and reducing operational costs.

The average cement injection time per drill during the periods of March, April, May and June were 3.58 min., 3.27 min., 3.15 min. and 3.14 min., with an average of 3.28 min, considering a drill length of 6 meters.

The comparative analysis considers the total consumption of cement, resin and mixed (cement + resin) with values of 435.21 kg, 234.5 kg and 134.0 kg respectively, observing a lower consumption in the mixed scenario with respect to the other two scenarios.

The comparative analysis considers the setting time and load applied in cement, resin and mixed (cement + resin), with setting time values of 24 hours, 1.73 hours and 1.45 hours respectively. The lowest setting time values occur in the resin and mixed consumption scenario.

The economic result obtained, considering the unit costs of cement, resin and mixed, generates values of 15,410.25 US\$ for cement, 16,376.95 US\$ for resin and 7,137.43 US\$.

Keywords: cable bolting, resin, setting time, costs, etc.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo la optimización del tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina para reducir costos de producción de la veta principal Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar – Volcan Compañía Minera S. A. A., donde se aplica los métodos de minado: *cut and fill* y *sublevel stoping* con taladros largos, con el sistema de sostenimiento del cable bolting con pasta cementada para intensificar la estabilidad de cada labor.

Actualmente, en la veta principal Nv. 4050 se tienen problemas de inestabilidad del macizo rocoso, generando demoras en el tiempo de fraguado por el mal uso de recursos, falta de control por parte del área de Geomecánica en la mala instalación e interpretación del sistema de reforzamiento, generando un bajo rendimiento.

Asimismo, se busca reducir costos de producción sumado a la protección de la seguridad e integridad de cada uno de los colaboradores y cumplir con los planes de minado programados; por tal motivo, el presente trabajo ayudará analizar el uso de cable *bolting* con resina para la disminución del tiempo de fraguado y así optimizar los diferentes procesos de producción.

En lo que concierne al tema de la estructura de la investigación, consta de cuatro capítulos: en el Capítulo I se realiza el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos, así como la matriz de operacionalización de variables; el Capítulo II describe los antecedentes internacionales y nacionales, así como las bases teóricas del estudio; el Capítulo III describe la metodología, tipo, diseño y nivel de investigación, así como técnicas e instrumentos de recolección de datos y el Capítulo IV analiza e interpreta los resultados obtenidos con y sin consumo de resina líquida.

Los autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Para un adecuado sostenimiento en operaciones subterráneas, se requiere que sea eficiente, versátil y fácil de utilizar, además debe garantizar la estabilidad del macizo rocoso y asimismo, la seguridad de los colaboradores, equipos y el medio ambiente.

El uso de cable *bolting* en la industria minera subterránea es de gran aplicabilidad, ya que permite un sostenimiento adecuado en grandes áreas, considerando la aplicación de métodos de minado masivos con taladros largos.

Una de los criterios de sostenimiento a tener en consideración es el tiempo de fraguado y su aplicabilidad en la continuidad del avance de labores de desarrollo y producción. Actualmente, el uso de aditivos que ayuden al tiempo de fraguado permite, en gran medida, el cumplimiento de los planes de minado, por tal motivo el presente estudio ayuda a entender el comportamiento del uso de cable *bolting* con resina y su influencia en el cumplimiento de los programas de avance.

El presente trabajo ayudará a ver el uso de aditivos asociado al tiempo de fraguado en sistemas de sostenimiento con cable *bolting* en la veta principal

del Nv 4050 con el objetivo de reducir costos de producción en la unidad operativa Chungar.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina para reducir los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo relacionar el cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* para reducir los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar?

- b) ¿Cómo relacionar la resina con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* para reducir los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar?

- c) ¿Cómo influye el consumo de cemento y resina en cable *bolting* para la reducción de costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina para reducir los costos de producción en la Veta Principal, Nv. 4050 en la Unidad Operativa Chungar.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación del cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* para reducir los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

- b) Determinar la relación de resina con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* para reducir los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.
- c) Determinar la influencia del consumo de cemento y resina en cable *bolting* para la reducción de costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

1.3. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el aporte teórico-práctico para mejorar la estabilidad del macizo rocoso optimizando el tiempo de fraguado de la resina del sostenimiento con cable *bolting*, además de reducir el costo de producción en la veta principal del NV 4050 de la unidad operativa Chungar – Volcan Compañía Minera, permitiendo identificar tramos inestables dentro de la zona de producción, estabilizando las labores de riesgo, dándole condiciones seguras para los trabajadores, equipos.

Finalmente, el aporte de una propuesta para identificar ciertos criterios que permitan la mejora de estabilidad y optimización de tiempo de fraguado servirá para que los profesionales del rubro minero puedan aplicar y tener mejores resultados, tanto en mejora de estabilidad y optimización de tiempo, lo que generará una mayor producción resultado del proyecto de investigación.

1.3.1. Justificación social - práctica

El desarrollo del presente trabajo ayuda a comparar el uso de aditivos en el sostenimiento con cable *bolting* que reduce el tiempo de fraguado, así como la mejora de la resistencia asociada y la reducción de costos. Esta mejora en la reducción de costos ayudará a la mejora en inversiones sociales, generando proyectos sostenibles en la mejora de la convivencia de las comunidades aledañas al proyecto minero.

1.3.2. Justificación académica

La aplicación de nuevos usos de aditivos que ayuden a mejorar el tiempo de fraguado en la aplicación de sostenimiento con cable *bolting* en diferentes

frentes operacionales de la unidad minera permitirá comparar con el uso de cemento en dichos procesos unitarios. Los resultados obtenidos en el presente trabajo servirán como herramienta comparativa para estudiantes y docentes que se involucran en este tema.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar la influencia del tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina se influye en la reducción de los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar la relación del cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* se influye en la reducción de los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.
- b) Al determinar la relación de resina con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* se influye en la reducción de los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.
- c) Al determinar la influencia del consumo de cemento y resina en cable *bolting* se influye en la reducción de los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Reducción de costos de producción

1.5.2. Variable dependiente

Análisis del tiempo de fraguado, resistencia de resina en cable *bolting*

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición		Definición operacional		
	Conceptual		Dimensiones	Sub- Dimensiones	Indicadores
VI:					
Reducción de costos de producción.	Generar programas de reducción de costos en sostenimiento, mediante la aplicación de cable bolting con resina, es de vital importancia en la reducción del tiempo de fraguado.	de	• Condiciones geológicas	Parámetros Geológicos	Litología, alteraciones asociadas, lineamientos, etc.
			• Condiciones geomecánicas	Parámetros geomecánicos	RMR, GSI, dureza, densidad, etc.
			• Condiciones de operación	Parámetros Operacionales	Inyección de cemento y resina, longitud de taladro, etc.
VD:					
Análisis del tiempo de fraguado y resistencia de resina en cable bolting para la reducción de costos.	Los parámetros asociados a la aplicación de cable bolting con resina, ayudará a reducir el tiempo de fraguado y la reducción de costos de producción.	de	• Parámetros operacionales de cable bolting.	Indicadores técnicos en cable bolting.	Kg de cemento, kg de resina, tiempo de inyección (min), carga aplicada (t), etc.
			• Parámetros económicos	Indicadores económicos en cable bolting.	PU de instalación de cable bolting, costo unitario y costo parcial de cable bolting.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada». El propósito del estudio es investigar la estabilidad de los taludes del macizo rocoso asociado a los factores clave que determinan la rotura en un entorno rocoso. El resultado considera pasar de un valor dimensional a un valor adimensional y viceversa. El resultado obtenido es consistente según el programa geotécnico comercial Slope AV. El factor de seguridad calculados considera 144 casos de deslizamiento con el 2.5 % y de 27 casos con el 5 %. Las contribuciones de los estudios anteriores son comprender y analizar la estabilidad de los terraplenes de lecho rocoso en hipótesis de deslizamiento tanto superficial como circular, teniendo en cuenta los criterios de Mohr-Coulomb para fracturas lineales o los criterios empíricos de fractura no lineal de Hoek & Brown. El estudio, por lo tanto, proporciona conocimientos más amplios sobre el tema en estudio (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Estudio sobre la estabilidad de taludes en macizos rocosos fracturados. Influencia de los parámetros relativos a las juntas*». El objetivo principal fue contribuir a una mejor comprensión del impacto de ciertos aspectos de las fisuras del macizo rocoso en el comportamiento de estabilidad en fracturas planas o en cuña. El efecto de las propiedades planas es cinemáticamente desfavorable sobre la estabilidad. Las principales propiedades consideradas son la continuidad, la rugosidad y la calidad de la roca. Al aplicar el método de análisis multivariante se pudo cuantificar el efecto sobre el movimiento articular. Por lo tanto, se han desarrollado funciones discriminantes para ayudar a estimar el riesgo en diferentes direcciones (basadas en ciertos parámetros simples). Esta función se utiliza como peso para ponderar la distribución de barras en un diagrama 3D, facilitando la visualización del peligro dada la geometría de desmonte. Los aportes de investigación permiten el análisis de variables estables en roca madre que son consistentes con el trabajo de investigación desde los marcos teóricos y conceptuales que sirven de referencia para la investigación y el desarrollo (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis del macizo rocoso y su aplicación de cables bolting en la ejecución de echaderos de relleno detrítico en la mina San Rafael Melgar - Puno*». El propósito de este trabajo fue controlar las propiedades de la roca que causan la inestabilidad del tajo con el fin de mejorar y optimizar las operaciones mineras de la mina San Rafael. Los resultados que se encontraron indican que el método de sujeción del cable *bolting* Twins incide mucho en los beneficios que tiene sobre las características de la roca. Es importante tener en cuenta que la detección de una instalación incorrecta de cables atornillados es invisible a simple vista una vez completada. Por esta razón, se deben tomar métodos de instalación estrictos y precisos como limpieza de orificios, inserción de cables, fijación con cemento y ajuste de tensión. Finalmente, el estudio concluye que los grandes vacíos están alojados en esquisto y el 80 % están alojados en granito intrusivo Monzo. Su dirección es de 30 a 40 grados noroeste, en los niveles 4310, 4370, 4395 y 4450, con fallas locales paralelas y laterales al

vacío. Al instalar el cable de anclaje doble, se pudo controlar la inestabilidad de pérdida causada por la falla, por lo que desarrolla alta estabilidad y garantiza el proceso de llenado óptimo para grandes cavidades (3).

✓ Tesis titulada: «*Optimización del sostenimiento con cable bolting para la recuperación del mineral en el tajo 1964 nivel 4262 - Unidad Minera Pallancata Hochschinld Mining S.A. - Ayacucho 2020*». El propósito fue determinar el efecto de la optimización de la fijación del anclaje del cable en la extracción de mineral en el tajo, nivel 4264, unidad minera Pallancata. Los resultados muestran la instalación de puntales con cables anclados y sus especificaciones técnicas de acero estándar ASTM A 416-90, resistencia mínima a la rotura 58,600 lb (260.7 KN). Los cables de anclaje son refuerzos de alambre de acero trenzado que consisten en siete alambres adheridos a la roca, de acuerdo con el propósito general, se detectó un impacto significativo de la optimización del soporte de cable perno en la recuperación de mineral, la prueba de esfuerzo aplicada mejorará la cantidad de recuperación en términos de desplazamiento y elongación. Los estudios citados brindan una descripción general completa de la comprensión del problema, la formulación del problema y la metodología, teniendo en cuenta la optimización variable de la fijación con anclajes de cable y las explicaciones de las propiedades del lecho rocoso. Estimación del costo de fijación de cables a partir de una evaluación geomecánica (4).

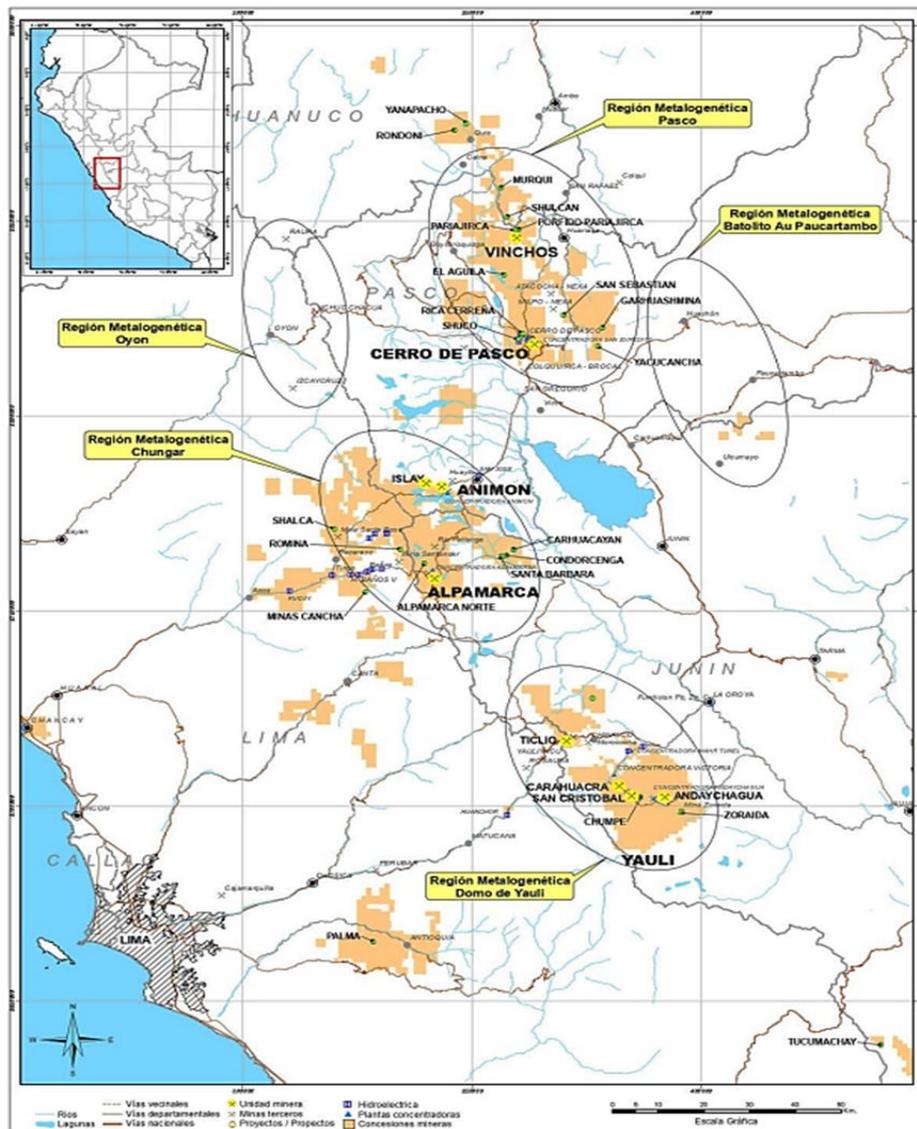
✓ Tesis titulada: «*Implementación del sistema de sostenimiento con cable bolting para la recuperación del mineral*». El propósito fue determinar el impacto del diseño de un sistema de soporte con anclajes de cable en la extracción de mineral en Nv. unidad minera Pallancata 4306. Como resultado, la implementación de un sistema de soporte de bridas para la extracción de minerales permitió el control y la reducción de la dilución, y el tonelaje producido aumentó durante el período 2018-2019. Se puede concluir que la producción en rajo aumentó en 302.789,57 toneladas, un incremento del 60 %. Este aumento en la producción se debe al respeto de los programas de desarrollo y preparación para las diferentes etapas de

producción. Este estudio contribuye a la comprensión de la variable “Implementación de un sistema de soporte de cable perno para la extracción de minerales” y al análisis del impacto de la implementación de un sistema de soporte de cable perno en la extracción de mineral (5).

2.2 Generalidades de la unidad operativa Chungar

2.2.1 Ubicación de la mina Animón

La mina Chungar, ubicado en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, ubicado a 46 kilómetros al SE de la ciudad de Pasco, con una altura de promedio de 4600 m s. n. m., en las coordenadas UTM: 8 780728 N y 344654 E.



**Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón
Tomada del Departamento de Geología**

2.2.2 Accesibilidad a la mina Animón

La accesibilidad a la mina Animón es por 3 rutas:

Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Lima – Oroya – Pasco – Mina Animón	327 kms	6.0 hrs	Vía asfaltada (100%)
Lima – Huaral – Mina Animón	225 kms	4.0 hrs	Vía asfaltada (30%)
Lima - Canta – Mina Animón	219 kms	4.0 hrs	Vía asfaltada (30%)

Tomada del área de Geología

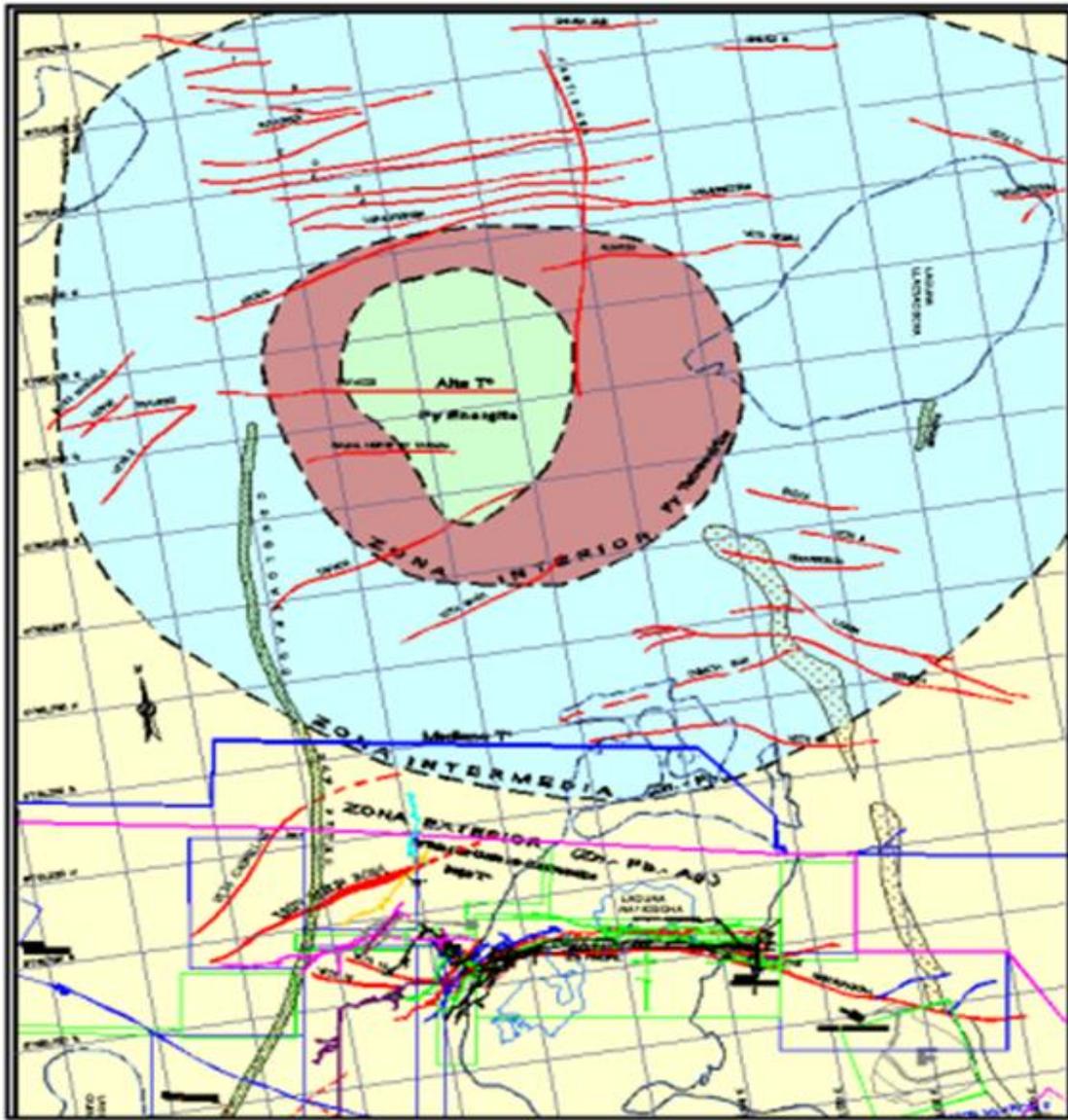
2.3 Geología general

Están asociadas a rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas. La presencia de las ambientes sedimentarios están compuestas por areniscas, margas rojas y conglomerados pertenecientes a la formación Casapalca. Así mismo, las rocas volcánicas están asociadas a andesitas, dacitas y riolitas.

2.3.1 Geología local

Localmente, la mina Animón se emplaza, en un ambiente sedimentario compuesto por intercalación de areniscas, lutitas y calizas, altamente silicificadas, con intercalación de algunos horizontes del grupo Casapalca. La edad geológica asociada pertenece al cretáceo superior y el terciario inferior, ubicadas al SE de la mina Animón.

La formación Casapalca tiene una potencia de 1400 a 1500 metros en la etapa inicial, mientras que en la etapa posterior es de 850 metros. En la parte inferior de cada ciclo, se caracterizan por la presencia de conglomerados y areniscas y en el nivel superior se encuentran chert, yeso y piroclásticos. La clasificación y orientación de los fragmentos provienen de la cordillera oriental. En la zona minera, se pueden identificar claramente dos formaciones distintas: la formación inferior y la formación superior.



**Figura 3. Zoneamiento de la mina Animón
Tomada del área de Geología**

La mineralogía presente se observa en una primera etapa, está compuesta por pirita, enargita y tetraedrita y durante la segunda etapa asociado principalmente a galena y minerales de Zn (martita, esfalerita).

La alteración hidrotermal presente en las estructuras es alta en sílice y potasio, así como hacia las cajas adyacentes se observa una alteración propilítica.

Las estructuras mineralizadas están relacionadas con minerales de zinc (Zn), plomo (Pb) y cobre (Cu). En el yacimiento de Chungar, se encuentran más de 20 vetas principales. Estas estructuras varían en tamaño, desde

algunas que tienen solo unos pocos metros de longitud, como la veta Noreste, hasta otras que abarcan distancias que van desde 300 hasta 1,800 metros, como la veta Principal y la veta Precaución. El reconocimiento geológico de estas vetas se realiza desde la superficie hasta una profundidad de 500 metros (Nivel 150).

2.3.3 Consideraciones geomecánicas

El área de estudio de la mina está relacionada con la calidad muy deficiente de las rocas, que son extremadamente incompetentes. Esto ha generado la caída de rocas, desprendimientos y asentamientos de diferentes magnitudes en algunos puntos. Las juntas presentes tienen un ancho que oscila entre 0.05 y 0.30 metros y se ha observado una resistencia inferior a 15 MPa en las áreas no mineralizadas e inferior a 60 MPa en la veta. La alteración hidrotermal es alta en las rocas no mineralizadas y moderada en la estructura mineralizada. Las grietas están rellenas con arcilla y limo, y la presencia de agua es escasa o se presenta en forma de goteo en las áreas no mineralizadas, mientras que en la estructura mineralizada el flujo de agua es más abundante. Para estabilizar el macizo rocoso, se utiliza los cables *bolting* con resina.

2.3.4 Método y ciclo de minado

Durante el inicio de las operaciones, se aplicaba el método corte y relleno ascendente, considerando altos costos de minado y baja productividad en niveles de explotación más profundas, actualmente se aplica el método de minado con taladros largos.

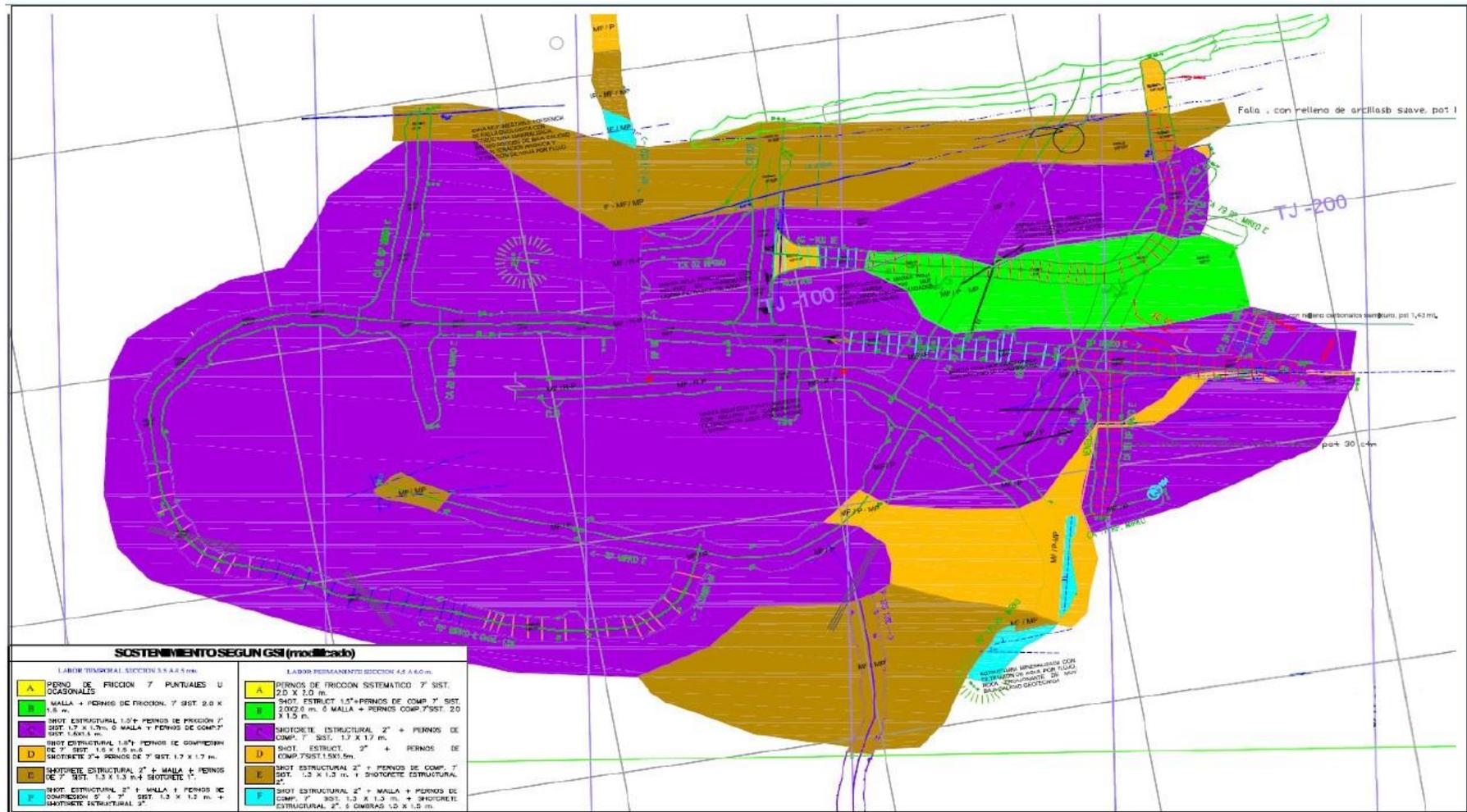
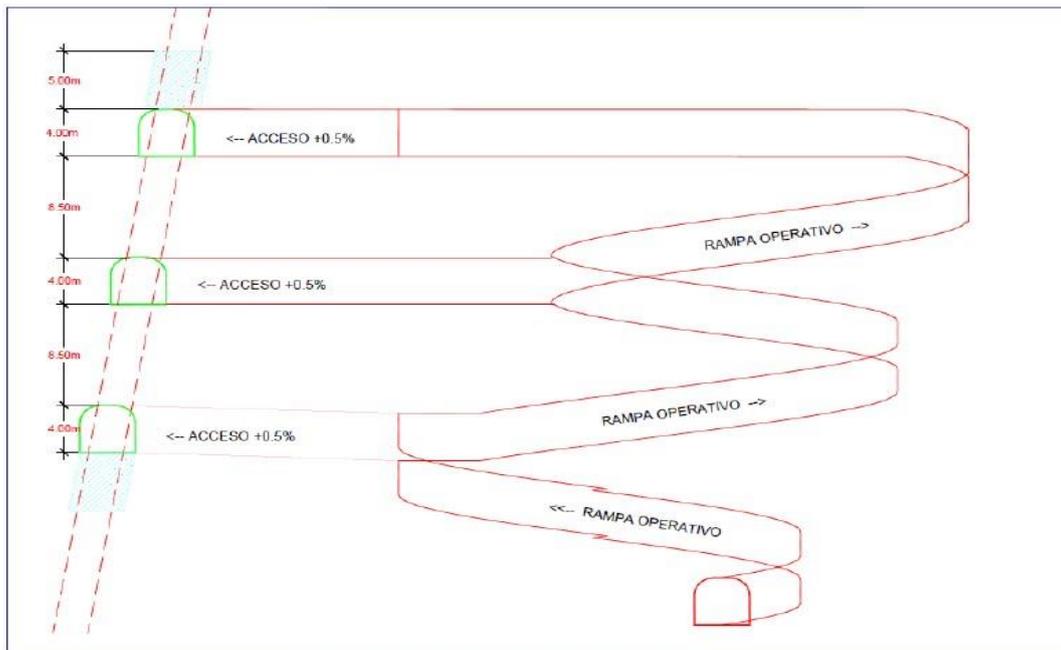
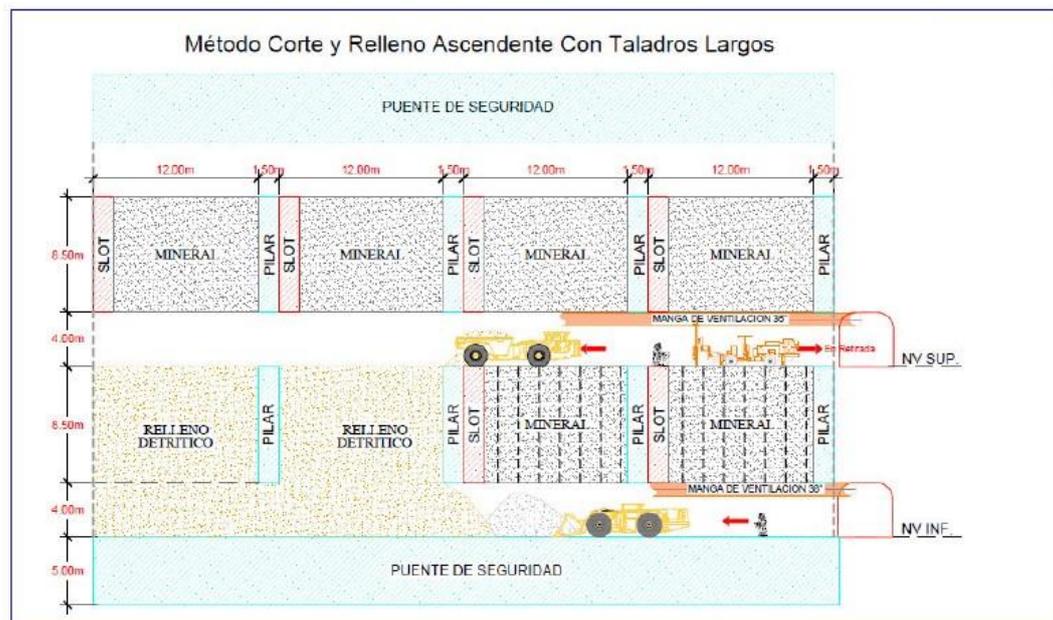


Figura 4. Plano de zonificación geomecánica veta Principal, mina Animón
Tomado del área de Operaciones Mina



**Figura 5. Desarrollo del método de minado con taladros largos
Tomada del área de Operaciones Mina**



**Figura 6. Método de minado con taladros largos
Tomada del área de Operaciones Mina**

Actualmente, considerando la mayor cantidad de estructuras exploradas y el incremento de tonelaje planificado, se viene aplicando el método de minado *sublevel stoping* con taladros largos. El ciclo de minado involucra la perforación y voladura, limpieza y relleno.

Las dimensiones del tajo consideran longitudes de 250 metros, con alturas de tajeo de 50 metros y potencias entre 3 a 12 metros. Los subniveles estarán separados por distancias de 25 metros, utilizando equipos de perforación tipo Spider. La voladura se realiza mediante el emulnor 3000, con iniciador no eléctrico (fanel) de periodo corto.

El sostenimiento se realiza mediante Split set de 7' con una malla de 2.0 x 2.0 metros en rampas y subniveles.

El transporte de mineral de mina a planta se realiza con volquetes de 15 m³ de capacidad y la limpieza se realiza con scoops de 4 yd³.

2.4 Bases teóricas del estudio

El presente estudio permite analizar el tiempo de fraguado de cable *bolting* utilizando las condiciones normales con cemento y mediante la mejora con resina con la finalidad de reducir los costos de producción de la veta Principal Nv 4050 en la unidad operativa Chungar.

2.4.1 Cable bolting y sus funciones

En un yacimiento subterráneo, los cables de sujeción detienen de manera efectiva el movimiento de las excavaciones y otras piedras angulares importantes del yacimiento:

- Recomendaciones:
- ✓ En la industria minera, los cables de sujeción convencionalmente se fijan sin tensión y se colocan antes de iniciar la operación de la excavación, pudiendo estirarse a medida que avanza.
- ✓ Al instalar los cables, se debe tener en cuenta lo siguiente: el diámetro de la perforación debe permitir el paso del cable y las tuberías de inyección y drenaje.

La parte más frágil en la operación de los cables de cemento es el sistema de cemento/cable (Kaiser, 1992); por lo tanto, se sugiere utilizar cables

modificados que brinden una mayor resistencia inicial (entre otros, cables de bulbo: cinta en jaula, cable con tuerca y cinta con bulbo (Hutchins, 1990 y Garford, 1990).

Algunas consideraciones para tomar en cuenta son:

- ✓ La proporción agua/cemento (a/c) de la mezcla de cemento debe ser lo suficientemente baja (por ejemplo, $a/c = 0.3$) para que el cable adquiera una alta resistencia al desprendimiento.
- ✓ El uso de aditivos ayudará a minimizar al máximo la proporción agua/cemento (por ejemplo, superplastificantes, reductores de agua, etc.).
- ✓ La elección de la bomba adecuada es crucial para la inyección de una mezcla de cemento muy viscosa (baja proporción agua/cemento).
- ✓ Entre los dos métodos de inyección disponibles: inyección por la boca del taladro y/o por el fondo del taladro, se debe elegir aquel que asegure el llenado completo del taladro, evitando la formación de huecos (burbujas) internas que reducirían la eficacia del confinamiento.
- ✓ En las minas peruanas, los cables de anclaje cortos se anclan utilizando el método de inyección del "tubo retráctil".
- ✓ El diámetro mínimo de la manguera de purga debe permitir el paso de la mezcla de cemento a través de ella. El flujo de retorno de la mezcla de cemento a través de la manguera de purga indica que el taladro ha sido completamente inyectado.

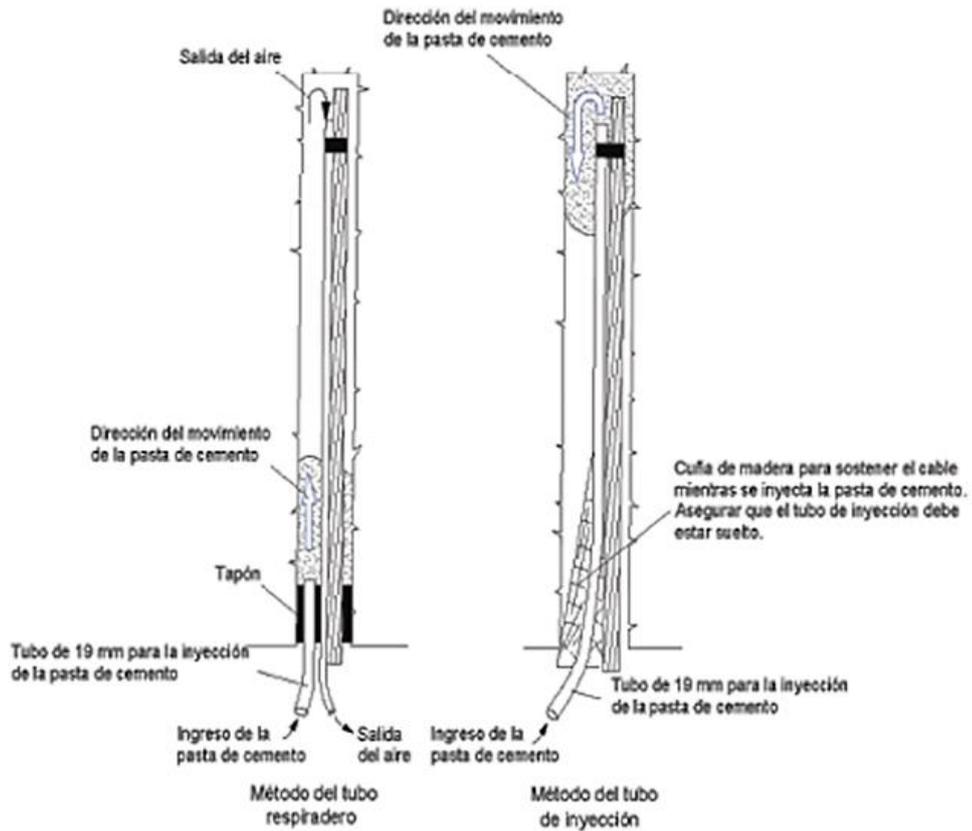


Figura 7. Procedimientos de inyección de cables de sujeción
Tomada de Hoek, Kaiser, Bawden, 1995

Alta capacidad al corte (Mathews et al, 1996)		
Trenzado tipo jaula (Hutchins et al, 1990)		
Trenzado embulbado (Garford, 1920)		
Trenzado tipo remalle (Windsor, 1966)		

Figura 8. Diseño de cables de sujeción
Tomada de Hoek, Kaiser, Bawden, 1995

2.4.2 Funciones de cable *bolting*

En la minería subterránea, los cables de anclaje demuestran su eficacia al detener el desplazamiento de la roca circundante en las áreas de explotación y otras excavaciones de mayor tamaño. Dentro de las que se usan más tenemos:

- ✓ Los cables de anclaje utilizados en labores mineras suelen ser de tipo no tensionados y se colocan antes de comenzar la explotación del tajeo. Estos cables pueden seguir instalándose a medida que avanza la explotación.

- ✓ Durante la colocación de los cables, es importante considerar lo siguiente: El tamaño de la perforación debe ser lo suficientemente amplio como para permitir el paso del cable, así como de las mangueras de inyección y purga

En cuanto al desempeño de los cables cementados, el componente más frágil es el sistema de cemento/cable. Por lo tanto, se recomienda utilizar algún tipo de cable modificado que brinde una mayor fuerza de tracción, como los cables recubiertos con resina, entre otros como:

- ✓ Birdcaged strand,
- ✓ Nutcaged strand
- ✓ Bu1bed strand

2.4.3 Cable *bolting* con resina

Para controlar y disminuir el tiempo de fraguado en cable *bolting* se viene utilizando la resina líquida en base de silicatos denominada resina mineral bolt para una mejor aplicación en el sostenimiento de labores subterráneas.

En la mina Animón se aplicó en diferentes frentes operacionales, la resina líquida, que es comparada con el uso de cemento (lechada de cemento) en el uso del cable *bolting*, siendo parte fundamental el análisis comparativo del presente estudio.



**Figura 9. Instalación de cable bolting con resina
Tomada de DSI Underground**



**Figura 10. Instalación de cable bolting con inyección de resina previa
Tomada de DSI Underground**

Se realiza la perforación con el diámetro propuesto, donde se inyecta la resina desde el fondo hacia afuera de la perforación. Luego se inserta el perno de fortificación, una vez fraguada la resina, se instala plancha y tuerca.

Las propiedades técnicas de la resina mineral bolt de DSI Underground, se considera en la siguiente tabla.

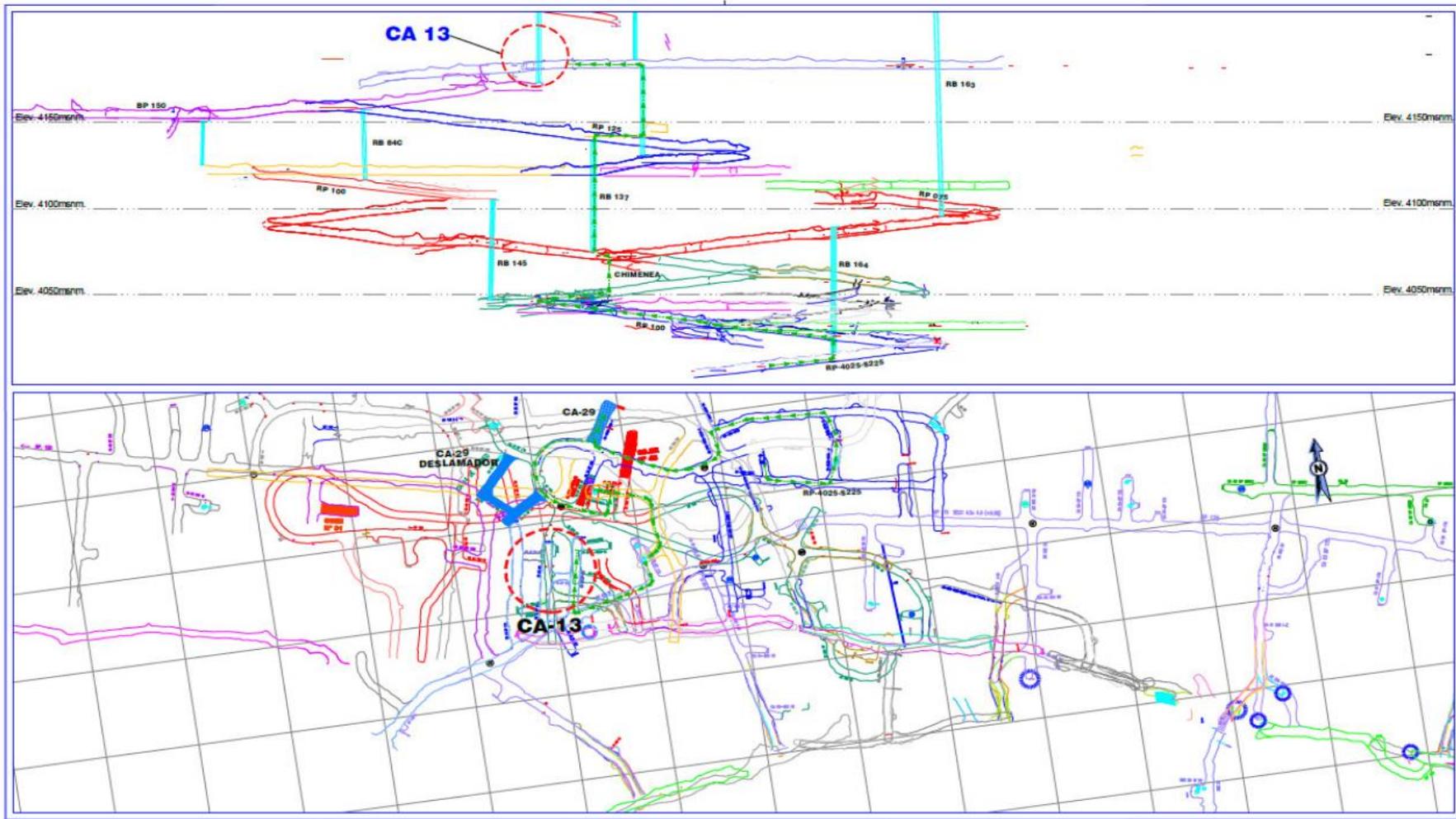
Tabla 3. Propiedades de la resina

Especificación	Unidad	Mineral Bolt FAST	Mineral Bolt MEDIUM	Mineral Bolt SLOW
Densidad componente A	g/cm ³	1.45		
Densidad componente B	g/cm ³	1.21		
Viscosidad Com. A	mPas (cps)	400		
Viscosidad Com. B	mPas (cps)	200		
Factor de Espuma	----	1.0	1.0	1.0
Tiempo de reacción	s	< 90	90 - 360	> 360
Máx. T° de reacción	°C	< 135	< 135	< 120
Compresión Uniaxial	MPa	> 50		
Relación de Mezcla	Volumen	1:1		

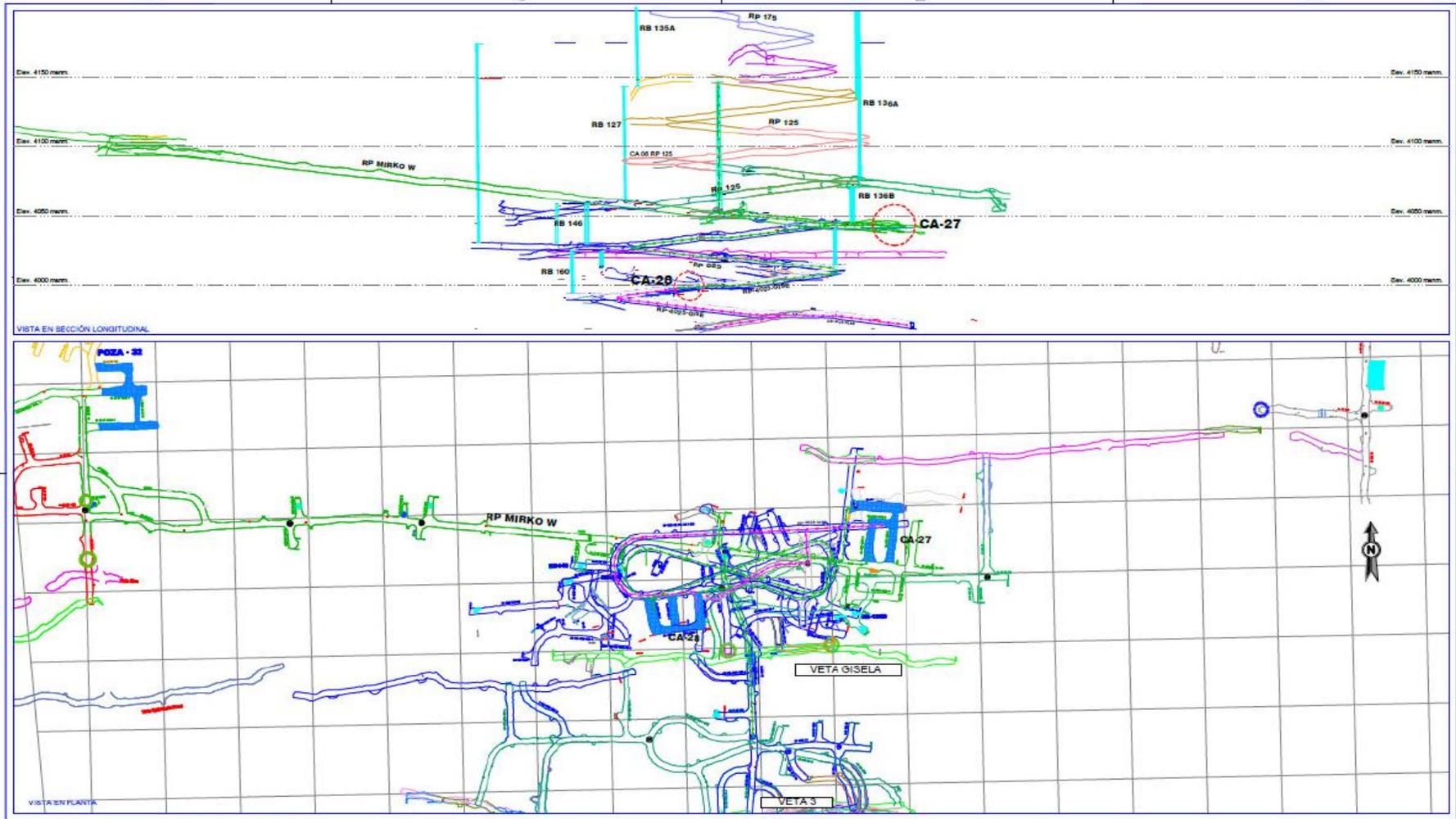
Tomada de DSI Underground

2.4.4 Consideraciones operacionales

Para la realización del presente estudio, se considera el análisis de la veta Melissa considerando la aplicación tradicional de instalación de cable *bolting* con cemento durante los meses de setiembre, octubre y noviembre para entender el comportamiento de los parámetros asociados al consumo de cemento, el tiempo de fraguado y la carga aplicada y pudiera servir de base para realizar el trabajo de investigación entre los meses de marzo, abril, mayo y junio, comparando el cable *bolting* con cemento y con resina.



**Figura 11. Veta principal en planta y sección, mina Animón
Tomada de Operaciones Mina**



**Figura 12. Veta Gisela en planta y sección, mina Animón
Tomada de Operaciones Mina**

Tabla 4. Análisis de inyección de cemento en cable bolting – veta Melissa

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - VETA MELISSA

INYECCIÓN DE CEMENTO - VETA MELISSA

PERIODO	TOTAL CEMENTO (kg)	PROMEDIO CEMENTO (kg)	PROMEDIO TIEMPO DE INYECCION (min)	PROMEDIO LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (KG/m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (min/m)	VETA
SETIEMBRE	871.60	41.50	3.71	10.00	4.15	0.37	VETA MELISSA
OCTUBRE	2,564.90	50.29	6.09	14.00	3.59	0.43	VETA MELISSA
NOVIEMBRE	1,118.90	50.86	6.04	14.00	3.63	0.43	VETA MELISSA
PROMEDIO	1,518.47	47.55	5.28	12.67	3.79	0.41	

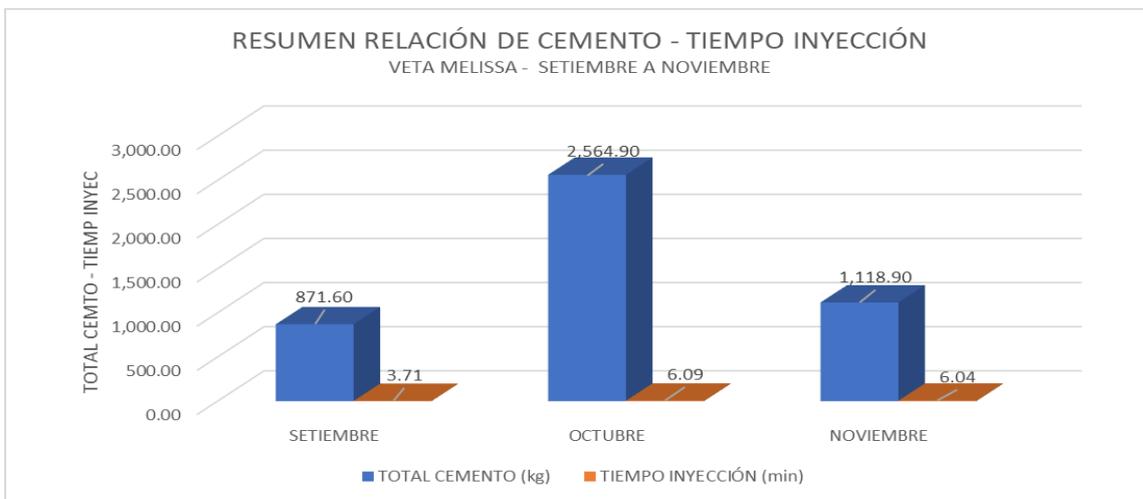


Figura 13. Resumen de relación de cemento y tiempo de inyección

Uno de los parámetros para ser analizados es la relación de consumo de cemento con el tiempo de inyección, considerando para este periodo un promedio de consumo de cemento mensual de 1,518.47 kg y un tiempo de inyección por taladro de 5.28 minutos. Considerando una longitud de taladro promedio de 12.67 metros.

El otro parámetro para ser estudiado es el análisis de *pull test* de cemento para considerar la carga aplicada en el cable bolting.

Tabla 5. Análisis de pull test de cemento en cable bolting – veta Melissa

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - VETA MELISSA

PULL TEST DE CEMENTO

PERIODO	TOTAL DE PRUEBAS	TIPO DE ROCA	PROMEDIO LONGITUD DE CABLE	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	VETA
SETIEMBRE	9	IIIB - IVA	10	24	21.78	VETA MELISSA
OCTUBRE	18	IIIB - IVA	14	24	19.94	VETA MELISSA
NOVIEMBRE	10	IIIB - IVA	10	24	20.00	VETA MELISSA
PROMEDIO	12.33	IIIB - IVA	11.33	24	20.57	

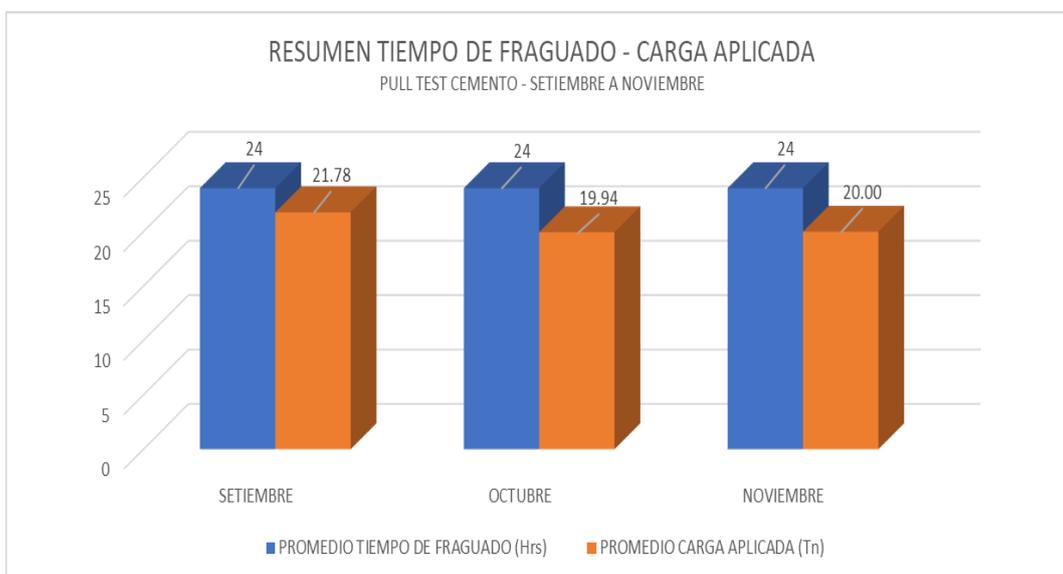


Figura 14. Resumen de tiempo de fraguado y carga aplicada en cable bolting con cemento

Los resultados obtenidos y relacionados entre el tiempo de fraguado y la carga aplicada durante los periodos de setiembre, octubre y noviembre, debe considerar un tiempo de fraguado de 24 horas, la carga aplicada varía entre 19.94 a 21.78 toneladas, considerando una longitud promedio de 11.33 metros.

2.4.5 Aplicación de resina en cable bolting

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación, se realizaron diferentes pruebas utilizando resina, ya que incide directamente en el tiempo de fraguado y la resistencia a la carga aplicada. Considerando algunas visitas realizadas por especialistas de DSI Underground, se obtuvieron los siguientes resultados como el tiempo posterior a la inyección (min) y la carga asociada

(ton), siendo estas en promedio de 120 minutos y 20 toneladas respectivamente.

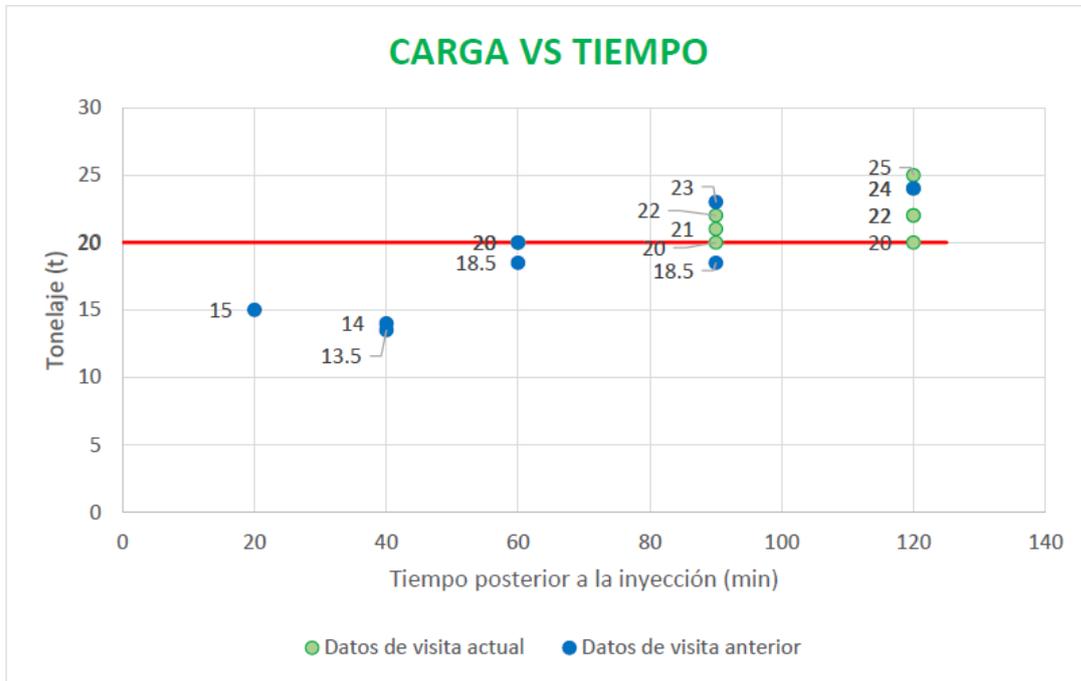
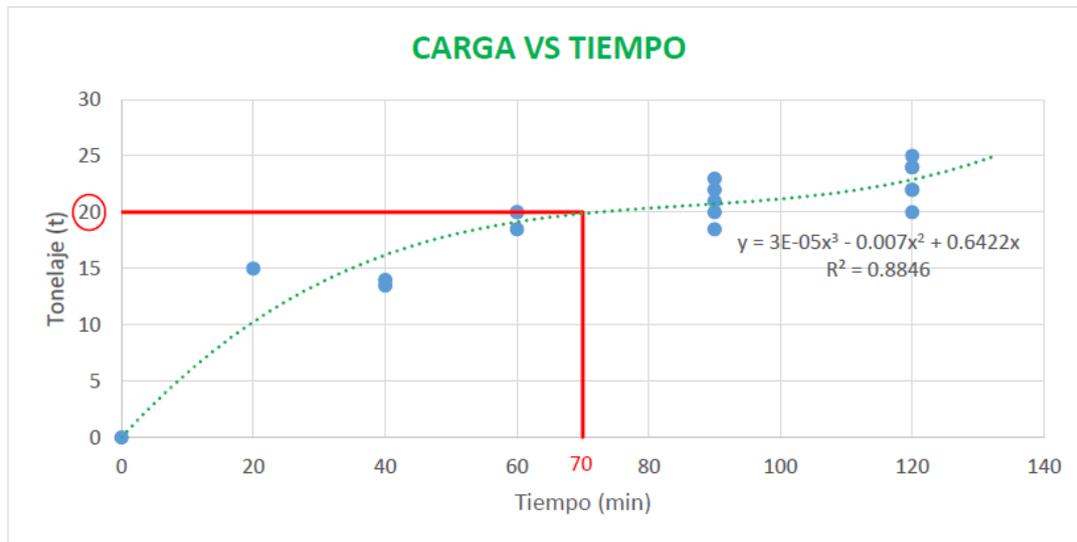


Figura 15. Resumen de carga y tiempo de fraguado en cable bolting con resina Tomada de DSI Underground

De acuerdo con los resultados obtenidos se considera un tiempo promedio de 60 minutos para alcanzar una resistencia mínima a más de 20 toneladas.

Asimismo, la línea de tendencia para los datos obtenidos, con las pruebas de *pull test* en los cables *bolting* con resina, se observa en la siguiente figura.



**Figura 16. Línea de tendencia del tiempo de fraguado y carga aplicada en cable bolting con resina
Tomada de DSI Underground**

De acuerdo con la línea de tendencia del tiempo de fraguado y carga aplicada en la instalación de cable bolting con resina, considera un tiempo promedio de 70 minutos para una carga aplicada de 20 toneladas.

2.4.6 Consideraciones económicas en cable bolting

De acuerdo con el análisis desarrollado en la unidad operativa Chungar, se considera el precio unitario de la instalación de cable bolting teniendo en cuenta el cemento y resina, en su instalación.

El precio unitario de cable bolting considerando el uso de cemento es de 36.69 \$/m y el precio unitario de cable bolting considerando la resina es de 69.84 \$/m.

Los ítems están asociados a mano de obra, implementos y seguridad, aceros de perforación, materiales y herramientas y equipos de perforación (thelehandler, bomba y tensado).

Tabla 6. Precio unitario de cable bolting

PU INSTALACION DE CABLE BOLTING

Metros instalados de cable mes
Longitud perf:

2,850.00 metros
6.00 metros

T/C= 3.80

DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	C.Unitario US\$ + Leyes sociales	Tareas Mes	Costo x US\$	Costo/m. (US\$/m.)	
1. MANO DE OBRA							
Operador Jumbero	Tarea	3.00	66.64	25.00	4,997.93		
Ayud. Jumbero	Tarea	3.00	39.98	25.00	2,998.76		
Maestro instalador	Tarea	3.00	47.98	25.00	3,598.51		
Ayudantes	Tarea	9.00	42.65	25.00	9,596.02		
Operador de bomba inyectar lechada cemento	Tarea	3.00	47.98	25.00	3,598.51		
Operador de telehandler	Tarea				-		
		21.00			24,789.71	8.70	9
2. IMPLEMENTOS SEGURIDAD							
Implemento de seguridad operadores	Tarea	150.00	8.00		1,200.00		
Implemento de seguridad Inyeccion	Tarea	375.00	10.00		3,750.00		
					4,950.00	1.74	1.74
3. ACEROS PERFORACION							
Barra de extension 1.50 m (4 barras)	Pza	17.00	230.69		3,921.69		
Broca boton 51 mm	Pza	22.00	118.35		2,603.70		
Couplin	Pza	5.00	45.00		225.00		
Shank Adapter	Pza	5.00	281.80		1,409.00		
Herramientas de mina	Global	1.00	37.67		37.67		
					8,197.06	2.88	2.88
4. MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Cable Bolting	metros	2,850	2.45		6,982.50		
Cemento	Bolsas	237.50	10.00		2,375.00		
Resina Liquida	Kg	9,975.00	8.50		84,787.50		
Placa Flat	Pza	408.00	14.88		6,070.88		
Conjunto barril, cuña	Pza	408.00	7.21		2,943.03		
Tuberia de PVC 3/4"	Mts.	500.00	0.60		300.00		
Tuberia de PVC 3/8"	Mts.	2,850.00	0.30		855.00		
Manguera aire 1"	Mts.	30.00	4.95	150.00	0.99		
Manguera agua 1/2"	Mts.	30.00	3.74	150.00	0.75		
					19,528.14	6.85	36.19
5. EQUIPO PERFORACIÓN-THELEHANDLER-BOMBA Y TENSADO							
					103,128.14		
Equipo electrohidraulico tipo Simba	Mes	1.00	30,000.00		30,000.00		
Diesel equipo simba	Gal/Mes	100.00	4.25		424.57		
Bomba de lechada de cemento	Mes	1.00	3,900.00		3,900.00		
Telehandler	Mes				-		
Diesel Telehandler	Gal/Mes				-		
Equipo para tensar (gata hidraulica)	Mes	1.00	750.00		750.00		
					35,074.57	12.31	12
COSTOS DIRECTOS							
					92,539.48	32.47	61.80
Contingencia							
		3%			0.97		1.85
Utilidad							
		10%			3.25		6.18
TOTAL (US\$/metro)						36.69	69.84

Tomada de Operaciones Mina

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

En cuanto a la metodología, la investigación plantea el método científico desde una ciencia básica y aplicada como un conjunto de pensamientos universales y necesarios, es un método que permite llegar a un conocimiento valioso para la ciencia y de importancia para otros temas relacionados al trabajo de investigación estudiada.

En cuanto al método específico, es hipotético deductivo porque establece una hipótesis para posteriormente ser comprobada a través de un proceso de inducción desde la formulación de hipótesis y deductivo con la deducción de las consecuencias de la hipótesis.

a) Método general

El método aplicado en el desarrollo de la investigación es el método inductivo - deductivo. Donde se observa e investiga los parámetros asociados a la aplicación de cable *bolting* con resina para la reducción de costos de producción de la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

b) Métodos específicos

Para la presente investigación, se considera el procedimiento de recolectar y procesar la información obtenida, donde se analiza las variables asociadas a la instalación de cable *bolting* con resina, considerando los siguientes ítems:

- ✓ Recopilación de informes. Se recopila información de las diferentes áreas de Mina, Geomecánica, Geología, etc., de periodos anteriores con la finalidad de entender el tiempo de fraguado con cemento.
- ✓ Trabajo de campo. Se realiza la observación pertinente de la instalación de cable *bolting* con resina y cemento, considerando los metros perforados, cantidad de cemento o resina, etc.
- ✓ Trabajo de gabinete. Se analiza las variables asociadas a la instalación de cable *bolting* con resina y cemento, para realizar un comparativo en la veta Principal, Nv 4050 de la mina Animón.
- ✓ Resultados. Una vez realizado el análisis de la información obtenida, se comparó los escenarios de instalación de cable *bolting* con cemento y resina, para determinar la optimización del tiempo de fraguado y su resistencia asociada.

3.1.2 Alcances de la investigación

El trabajo es de carácter aplicada en el área de sostenimiento, relacionada a la instalación de cable *bolting* con resina y su relación directa en la reducción de costos de producción en la veta Principal, Nv 4050 de la mina Animón.

3.2 Diseño de la investigación

El tema de investigación es descriptivo longitudinal, donde se evalúa y describe el comportamiento de los parámetros asociados a la instalación de cable *bolting* con resina.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a la Compañía Minera Volcan, en su unidad operativa Chungar.

3.3.2 Muestra

Se considera el estudio de instalación de cable *bolting* con resina en la veta Principal, Nv 4050 de la mina Animón, periodo marzo a junio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de información están relacionadas al método y tipo de investigación a desarrollar.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Entrevistas y encuestas a personas involucradas con la población de estudio que viene participando en la instalación como en las pruebas de *pull test* del cable *bolting*.
- ✓ Análisis documental y revisión bibliográfica como las investigaciones con las mismas variables, investigaciones con antecedente internacional, nacional y local, que nos permite entender y dar un análisis como precedente al tema de investigación.
- ✓ Referencias bibliográficas (libros, informe de tesis, revistas, publicaciones, etc.)
- ✓ Observación de los participantes y colaboradores, información que se recogerá en *in situ*.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Cuadernillo de apuntes: sSe utilizará para poder recoger datos de campo como datos de D/DD, azimutales, coordenadas.
- ✓ Prueba de estudio en campo: verificar in situ del macizo rocoso
- ✓ Brújula: servirá para la orientación de la labor azimutal, toma de todos de las estratificaciones tanto azimutal como buzamiento.
- ✓ Protacto: para poder graficar con las medidas exactas dentro de la recomendación o documentación obtenida.
- ✓ Tablero de mapeo: utilizado para poder llevar las herramientas colores, tablas, y es usado para poder escribir sobre ella.

- ✓ Cámara fotográfica: permitirá registrar fotografías en situ
- ✓ Distanciómetro: utilizado para poder medir las secciones de la labor, distancia desde un punto topográfico.
- ✓ Picota minera: utilizado para poder tener a un alcance de la resistencia de la roca.
- ✓ Martillo de Smit: se utilizó para realizar mapeo a detalles, verificando el RMR de la roca.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis e interpretación de los resultados obtenidos se presentarán en el presente capítulo, considerando la optimización del tiempo de fraguado de cable *bolting* con resina, aplicado en la veta Principal Nv. 4050 de la mina Animón. Estos resultados han sido comparados con un escenario considerando el uso de cemento en cable *bolting* para luego validar la hipótesis planteada. El trabajo de investigación fue analizada durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio.

4.1 Consideraciones operacionales

Uno de los objetivos de utilizar la resina líquida, considerada como resina mineral bolt, es su practicidad de inyección, capacidad de anclaje y tiempos de reacción de la resina con el elemento de sostenimiento cable *bolting*. Esta alternativa de sostenimiento ayudará a optimizar el ciclo de minado y reducción de costos operacionales en la unidad minera.

a) Consideraciones de sostenimiento

Para el periodo 2023 se programaron diferentes actividades de sostenimiento que se consideraron de acuerdo a la calidad del macizo rocoso, programando labores de avance y explotación.

Tabla 7. Programa de sostenimiento, periodo 2023 mina Animón

PROGRAMA DE SOSTENIMIENTO 2023 PERNO OMEGA

		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Total general
AVANCES Y PIVOTS	UND	1,825	1,525	1,844	1,977	2,908	3,398	3,904	3,402	3,199	2,421	2,482	3,593	32,478
EXPLOTACIÓN	UND	8,588	6,777	7,042	5,485	5,769	5,389	2,315	2,348	2,605	2,635	5,515	7,535	62,003
TOTAL	UND	10,413	8,302	8,886	7,462	8,677	8,787	6,219	5,750	5,804	5,056	7,997	11,128	94,480

PROGRAMA DE SOSTENIMIENTO 2023 MALLA ELECTROSADA

		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Total general
AVANCES Y PIVOTS	ROLLOS	57	95	49	22	7	42	86	102	88	56	49	36	689
EXPLOTACIÓN	ROLLOS	246	196	212	169	180	144	45	56	75	75	162	185	1,744
TOTAL	ROLLOS	303	291	261	191	187	186	131	158	162	131	211	221	2,433

PROGRAMA DE SOSTENIMIENTO 2023 CABLE BOLTING

		Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Total general
AVANCES Y PIVOTS	UND	7	9	7	12	9	10	5	7	8	8	10	10	102
EXPLOTACIÓN	UND	3	3	5	6	1	4	5	7	5	4	4	2	49
TOTAL	UND	10	12	12	18	10	14	10	14	13	12	14	12	151

Tomada de Operaciones Mina

Tabla 8. Características geomecánicas por método de minado

		Sobre Dilución – Sobre Rotura						
		Muy Mala	Mala		Regular		Buena	Muy Buena
Método de Minado	RMR	V	IV-B	IV-A	III-B	III-A	II	I
		0-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80	81-100
SLS	Rotura/C.Techo			20%	15%			
	Rotura/C.Piso			10%	7%			
OCF	Rotura/C.Techo	12%	10%	8%	4%			
	Rotura/C.Piso	12%	10%	8%	4%			

Tomada de Operaciones Mina

De acuerdo a las características geomecánicas presentes en las diferentes estructuras presentes en la mina Animón, considera un RMR entre 30 a 50 y tipos de roca IV-A y IIIB.

Por tal motivo, el programa de sostenimiento en labores de avance y explotación considera lo siguiente: sostenimiento perno omega 94,480 unidades, sostenimiento con malla electrosoldada 2,433 rollos y sostenimiento con cable boltin 151 unidades.

El desarrollo del presente estudio se realizó durante los periodos de marzo, abril mayo y junio, comparando los escenarios cable bolting con cemento y cable bolting con resina.

4.2 Análisis de cable *bolting* con cemento

El estudio analizado se realizó durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, siendo los parámetros para analizar el total y promedio de cemento consumido, así como el tiempo promedio de inyección, así como el tiempo de fraguado y carga aplicada en la instalación de cable bolting con cemento.

a) Análisis de la relación cemento con tiempo de inyección (cemento)

El análisis del tiempo de inyección con cemento en cable *bolting* considera un total de 1,615.30 kilogramos de cemento, con un total de tiempo de inyección de 227.8 minutos y 420 metros perforados durante los periodos de marzo a junio.

Tabla 9. Inyección de cemento en cable bolting, veta Principal

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - INYECCIÓN CON CEMENTO

VETA PRINCIPAL

CANTIDAD DE TALADROS	COMP "A" (kg)	COMP "B" (kg)	TOTAL CEMENTO (kg)	TIEMPO DE INYECCION (min)	LONGITUD DE TALADROS (m)	RATIOS DE INYECCION (KG/m)	RATIOS DE INYECCION (min/m)	OBSERVACIONES	VETA
TALADRO N°1	10.2	12.4	22.6	3.6	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°2	10	12.3	22.3	3.4	6	3.72	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°3	10.1	12.4	22.5	3.3	6	3.75	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°4	10.3	12.3	22.6	3.5	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°5	9.9	12.4	22.3	4.1	6	3.72	0.7	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°6	9.5	12.2	21.7	3.7	6	3.62	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°7	10.1	14	24.1	4	6	4.02	0.7	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°8	10.3	13	23.3	3.5	6	3.88	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°9	9.9	12	21.9	2.9	6	3.65	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°10	12	11	23	2.8	6	3.83	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°11	13.5	10	23.5	3.2	6	3.92	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°12	13.5	15	28.5	5	6	4.75	0.8	inyeccion falla	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°1	12.8	14	26.8	3.5	6	4.47	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°2	10.1	12.4	22.5	2.9	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°3	10.3	12.3	22.6	3.2	6	3.77	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°4	9.9	12.4	22.3	3.4	6	3.72	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°5	9.5	12.2	21.7	2.9	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°6	10.1	14	24.1	2.8	6	4.02	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°7	10.3	13	23.3	3.4	6	3.88	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°8	9.9	12	21.9	3.3	6	3.65	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°9	12	11	23	3.5	6	3.83	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°10	12.8	14	26.8	4.1	6	4.47	0.7	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°11	10.1	12.4	22.5	3.7	6	3.75	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°12	10.3	12.3	22.6	4	6	3.77	0.7	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°13	9.9	12.4	22.3	3.5	6	3.72	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°14	9.5	12.2	21.7	2.9	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°15	10.1	14	24.1	2.8	6	4.02	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°16	10.3	13	23.3	3.2	6	3.88	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°17	10.1	12.4	22.5	3.2	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°18	10.3	12.3	22.6	3.4	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°19	9.9	12.4	22.3	2.9	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°20	9.5	12.2	21.7	2.8	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°1	10.1	14	24.1	3.4	6	4.02	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°2	10.3	13	23.3	3.3	6	3.88	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°3	9.9	12	21.9	3.5	6	3.65	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°4	12.8	14	26.8	3.5	6	4.47	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°5	10.1	12.4	22.5	2.9	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°6	10.3	12.3	22.6	2.8	6	3.77	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°7	9.9	12.4	22.3	3.2	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°8	9.5	12.2	21.7	3.2	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°9	10.1	14	24.1	3.4	6	4.02	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°10	10.3	13	23.3	2.9	6	3.88	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°11	10.1	12.4	22.5	2.8	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°12	10.3	12.3	22.6	3.4	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°13	9.9	12.4	22.3	2.9	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°14	9.5	12.2	21.7	2.8	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°15	10.1	14	24.1	3.2	6	4.02	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°16	10.1	12.4	22.5	3.2	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°17	10.3	12.3	22.6	3.4	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°18	9.9	12.4	22.3	2.9	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL INTERSECCION
TALADRO N°1	9.5	12.2	21.7	2.8	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°2	10.1	14	24.1	3.4	6	4.02	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°3	10.3	13	23.3	3.3	6	3.88	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°4	9.9	12	21.9	3.5	6	3.65	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°5	12.8	14	26.8	3.5	6	4.47	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°6	10.1	12.4	22.5	2.9	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°7	10.3	12.3	22.6	2.8	6	3.77	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°8	9.9	12.4	22.3	3.2	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°9	9.5	12.2	21.7	3.5	6	3.62	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°10	10.1	14	24.1	3.5	6	4.02	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°11	10.3	13	23.3	2.9	6	3.88	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°12	10.1	12.4	22.5	2.8	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°13	12.8	14	26.8	3.2	6	4.47	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°14	10.1	12.4	22.5	3.2	6	3.75	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°15	10.3	12.3	22.6	3.4	6	3.77	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°16	9.9	12.4	22.3	2.9	6	3.72	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°17	9.5	12.2	21.7	2.8	6	3.62	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°18	12	12	24	3.4	6	4.00	0.6	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°19	11.5	10	21.5	2.9	6	3.58	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
TALADRO N°20	12	13	25	2.8	6	4.17	0.5	inyeccion normal	VETA PRINCIPAL TAJO
PROMEDIO	10.45	12.63	23.08	3.25	6.00	3.85	0.54		

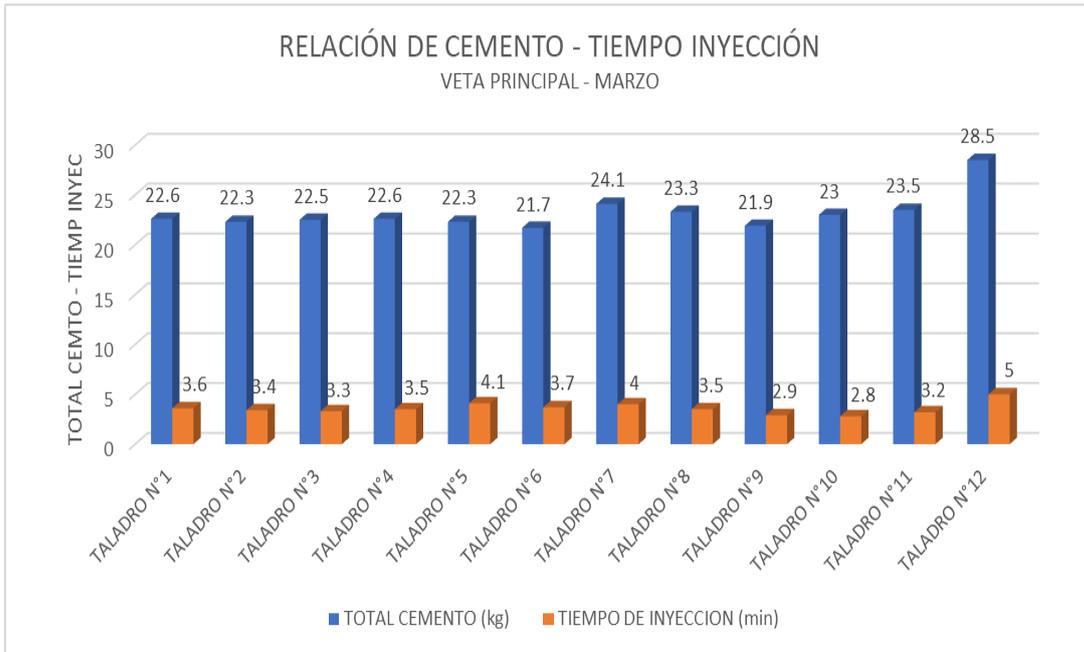


Figura 17. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de marzo

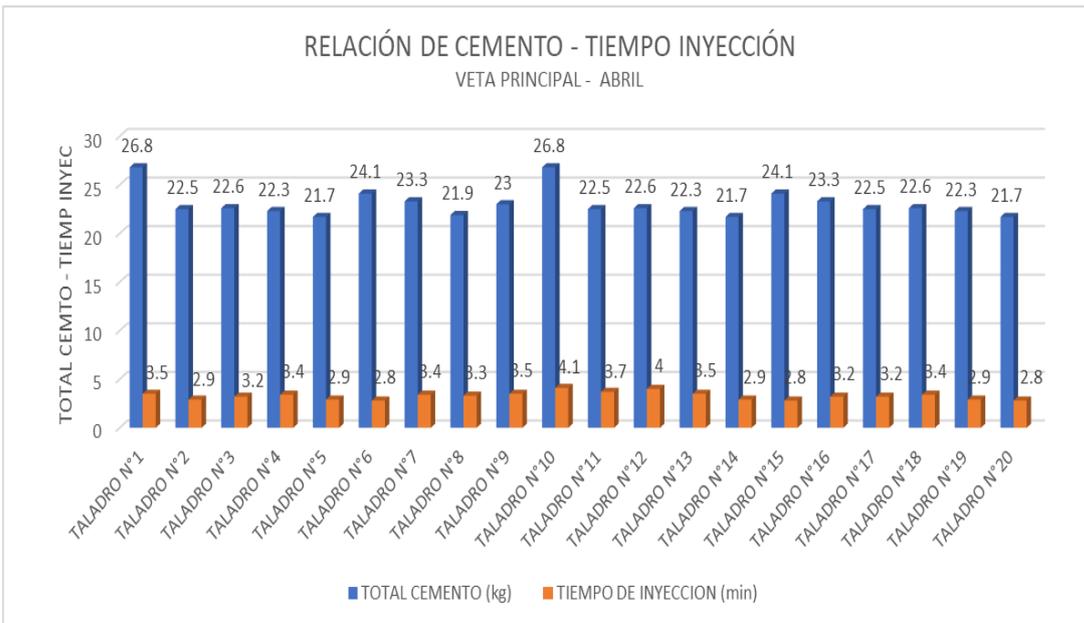


Figura 18. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de abril

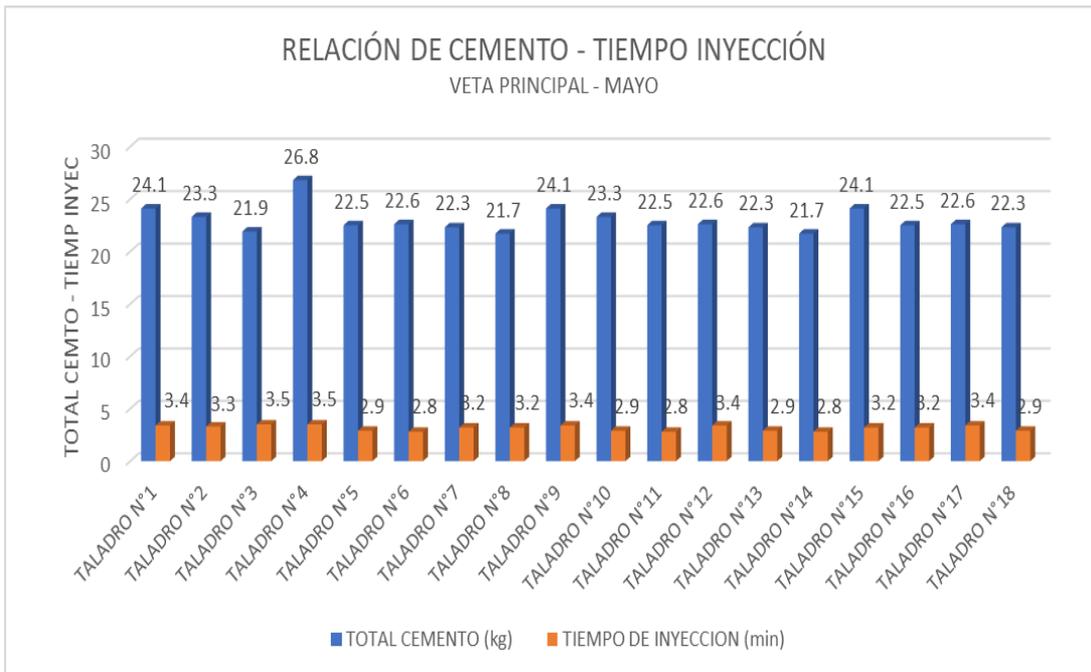


Figura 19. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de mayo

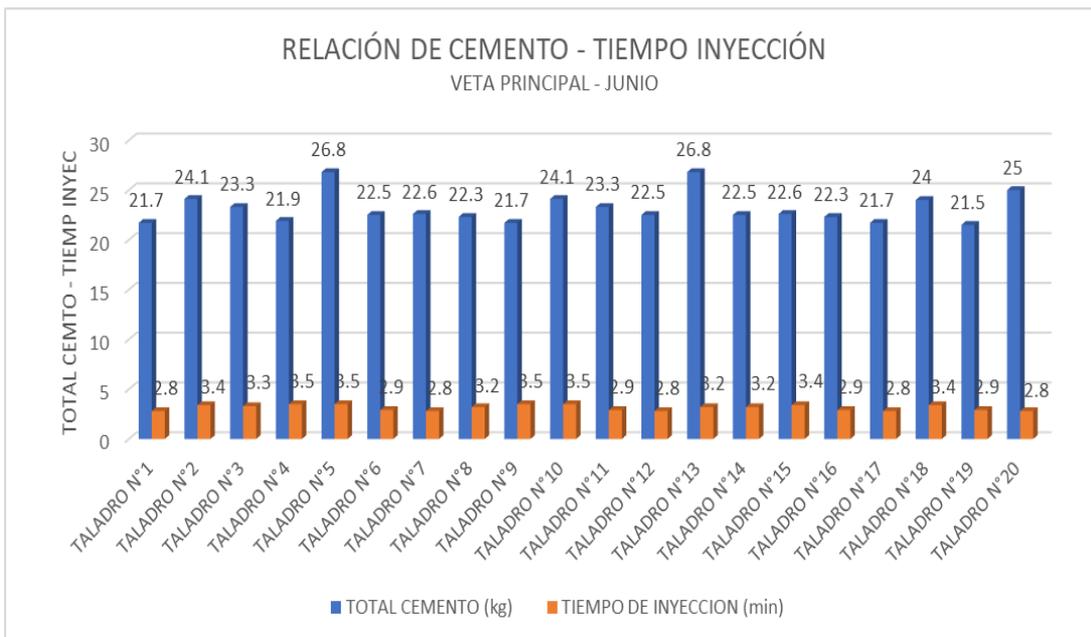


Figura 20. Relación cemento y tiempo de inyección, mes de junio

El promedio de cemento por taladro fue de 23.08 kilogramos, con un tiempo de inyección de 3.25 minutos y 6 metros de longitud de perforación, con ratios de inyección de 3.85 kg/m y 0.54 min/m.

- Resumen de inyección con cemento

El análisis de inyección de cemento durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio fueron de:

Tabla 10. Resumen de Inyección con cemento en cable bolting, veta Principal

RESUMEN INYECCIÓN CON CEMENTO							
INYECCIÓN DE CEMENTO - VETA PRINCIPAL							
PERIODO	TOTAL CEMENTO (kg)	PROMEDIO CEMENTO (kg)	PROMEDIO TIEMPO DE INYECCION (min)	PROMEDIO LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (KG/m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (min/m)	VETA
MARZO	278.30	23.19	3.58	6.00	3.87	0.60	VETA PRINCIPAL
ABRIL	460.60	23.03	3.27	6.00	3.84	0.55	VETA PRINCIPAL
MAYO	413.20	22.96	3.15	6.00	3.83	0.53	VETA PRINCIPAL
JUNIO	463.20	23.16	3.14	6.00	3.86	0.52	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO	403.83	23.08	3.28	6.00	3.85	0.55	

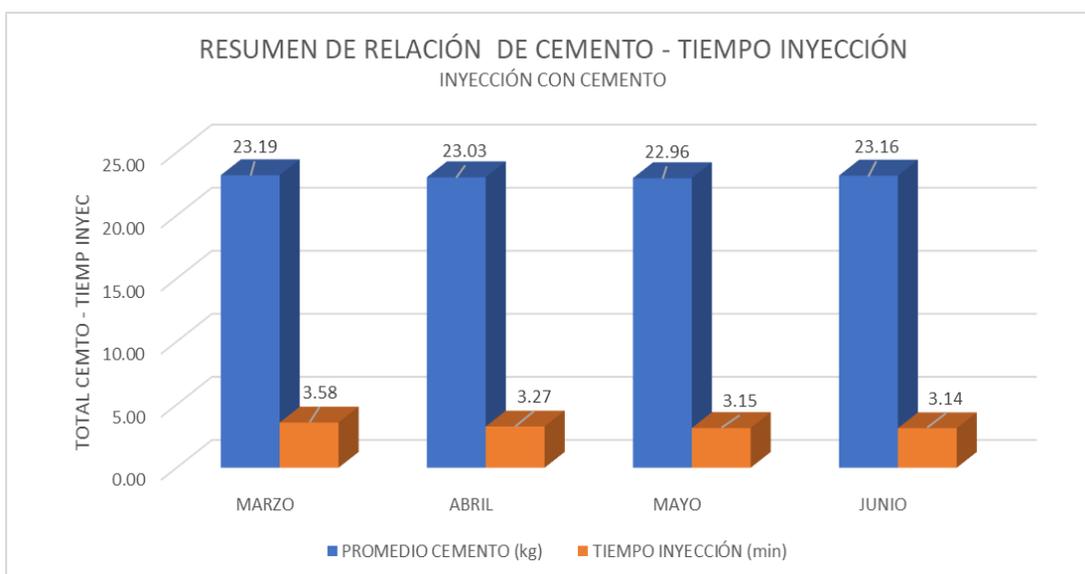


Figura 21. Resumen de relación cemento y tiempo de inyección

El total de consumo de cemento por taladro durante los meses de marzo, abril, mayo y junio fueron de 278.30 kg, 460.60 kg, 413.20 kg y 463.20 kg. respectivamente, con un promedio mensual de 403.83 kg por taladro. Los promedios de consumo de cemento por taladro con 23.19 kg, 23.03 kg, 22.96 kg y 23.16 kg, con un promedio general de 23.08 kg, en los mismos periodos.

El tiempo de inyección promedio por taladro durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio fueron de 3.58 min., 3.27 min., 3.15 min. y 3.14 min., con un promedio de 3.28 min, considerando una longitud de taladro de 6 metros.

b) Análisis de la relación tiempo de fraguado con carga aplicada (cemento)

El análisis del tiempo de fraguado con la carga aplicada con cemento en cable *bolting* considera un promedio de carga de 20.12 toneladas y 24 horas de tiempo de fraguado.

Tabla 11. Pull test de cable bolting con cemento, veta Principal

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - PULL TEST CON CEMENTO

PULL TEST CEMENTO

FECHA	N° DE PRUEBAS	VETA	TIPO DE ROCA	LONGITUD DE CABLE (m)	TIEMPO DE FRAGUADO (24 hrs)	CARGA APLICADA (Tn)	OBSERVACIONES
22-Mar	CB - 01	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	22	carga maxima
22-Mar	CB - 02	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	22	parado por seguridad
22-Mar	CB - 03	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Mar	CB - 04	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	18	carga maxima
22-Mar	CB - 05	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	carga maxima
22-Mar	CB - 06	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	22	carga maxima
18-Abr	CB - 01	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 02	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 03	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 04	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 05	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 06	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
18-Abr	CB - 07	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
25-May	CB - 01	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
25-May	CB - 02	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
25-May	CB - 03	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
25-May	CB - 04	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
25-May	CB - 05	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	19	Carga Maxima
25-May	CB - 06	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 01	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 02	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 03	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 04	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 05	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 06	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad
22-Jun	CB - 07	PRINCIPAL	IIIB - IVA	6	24	20	parado por seguridad

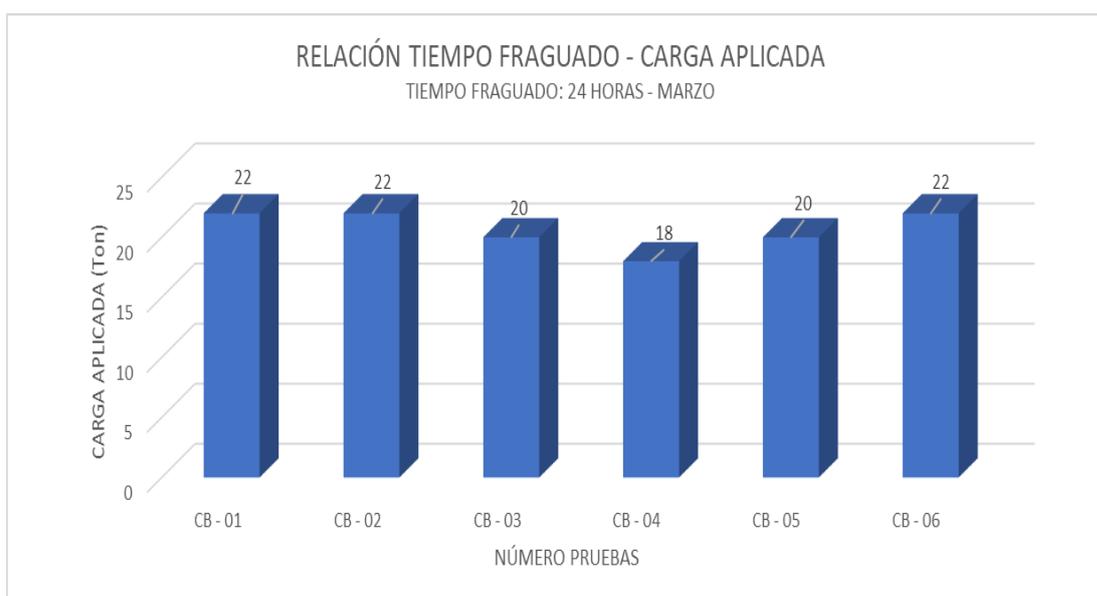


Figura 22. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de marzo

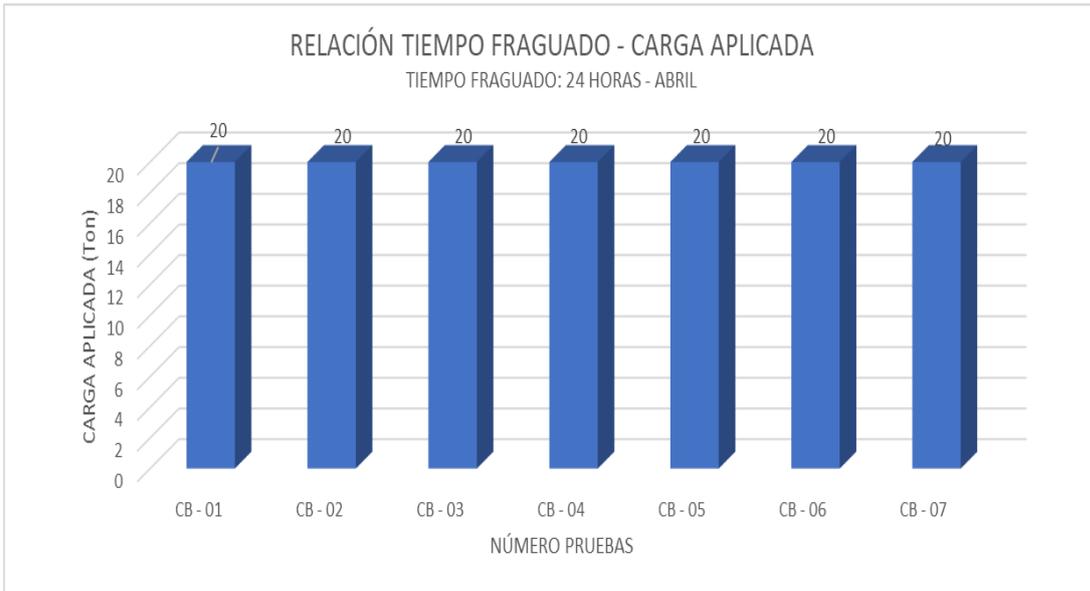


Figura 23. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de abril

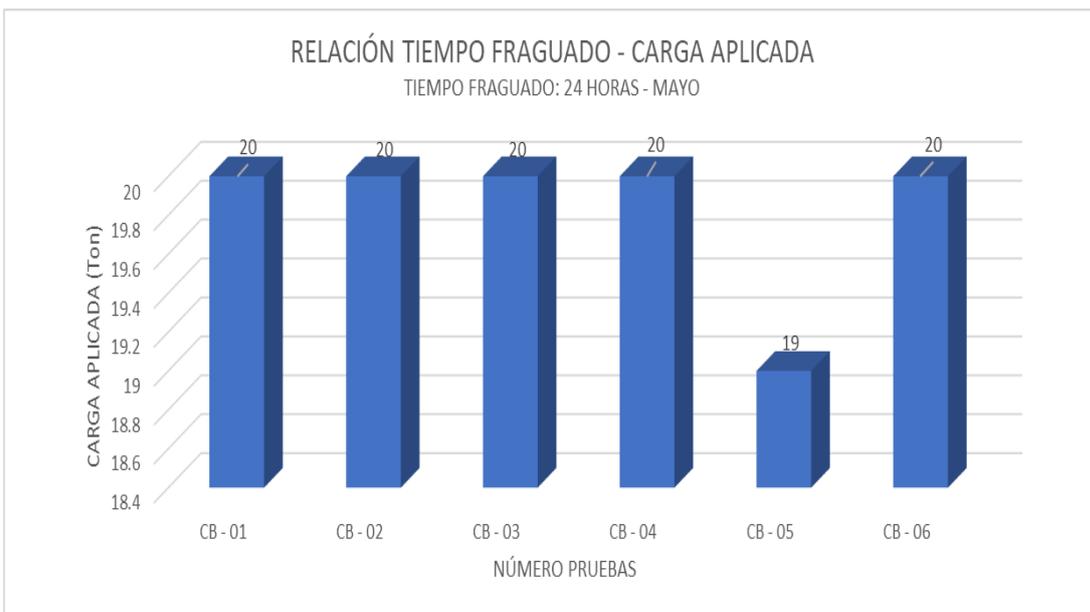


Figura 24. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de mayo

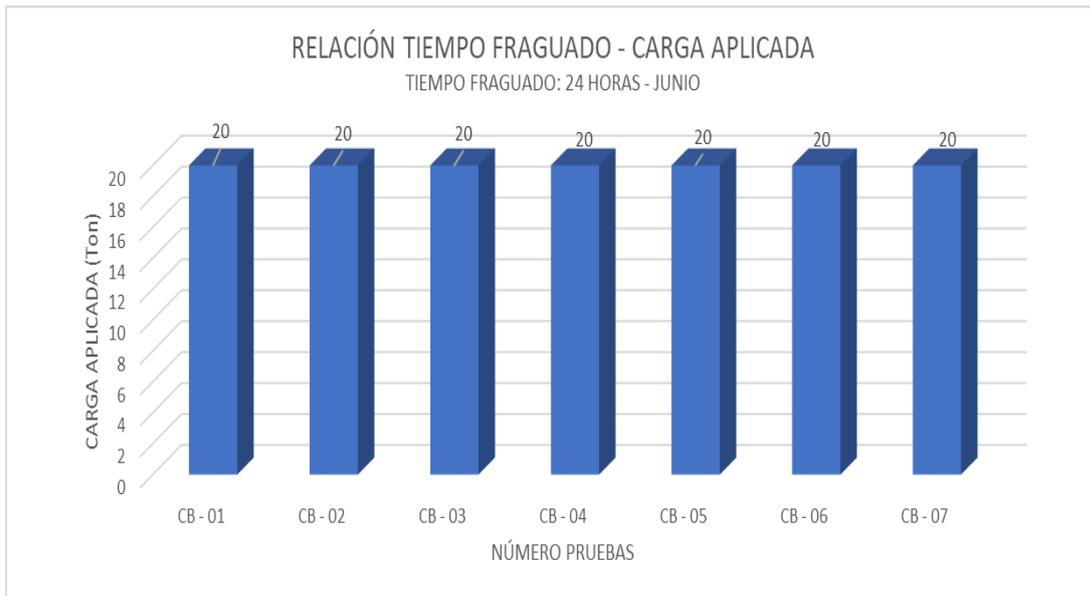


Figura 25. Relación de tiempo fraguado y carga aplicada, mes de junio

- **Análisis de resumen *pull test* - cemento**

El análisis del *pull test* con cemento durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio fueron de:

Tabla 12. Resumen de *pull test* de cable bolting con cemento, veta Principal

RESUMEN DE PULL TEST CON CEMENTO						
TIEMPO DE FRAGUADO - CARGA PUNTUAL						
PERIODO	TOTAL DE PRUEBAS	TIPO DE ROCA	PROMEDIO LONGITUD DE CABLE	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	VETA
MARZO	6	IIIB - IVA	6	24	20.67	VETA PRINCIPAL
ABRIL	7	IIIB - IVA	6	24	20.00	VETA PRINCIPAL
MAYO	6	IIIB - IVA	6	24	19.83	VETA PRINCIPAL
JUNIO	7	IIIB - IVA	6	24	20.00	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO	6.5	IIIB - IVA	6	24	20.13	

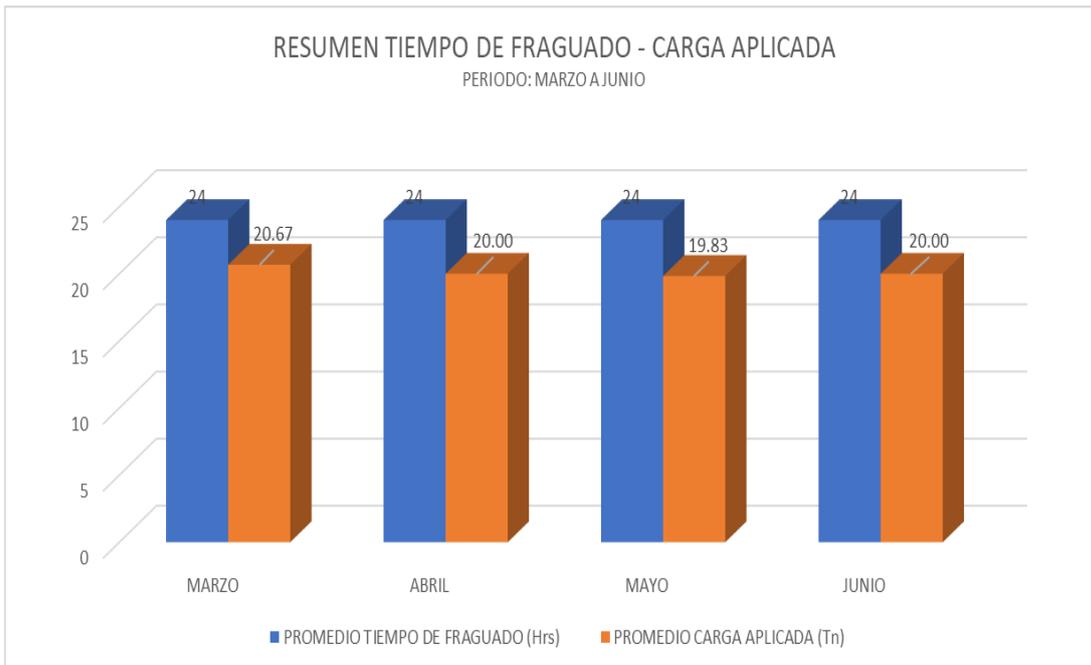


Figura 26. Resumen de relación de tiempo fraguado y carga aplicada

El promedio total de carga aplicada por taladro durante los meses de marzo, abril, mayo y junio fueron de 20.67 t, 20.0 t, 19.83 t y 20 t. respectivamente, con un promedio mensual de 20.13 ton.

La carga aplicada promedio de 20.13 ton., considerando una longitud de cable de 6 metros, con un promedio de 6.5 pruebas y un tipo de roca IIIB y IVA.

4.3 Análisis de cable *bolting* con resina

El estudio analizado se realizó durante los días 26 y 28 de febrero, siendo los parámetros para analizar, el total y promedio de resina consumido, así como el tiempo promedio de inyección, así como el tiempo de fraguado y carga aplicada en la instalación de cable *bolting* con resina.

a) Análisis de la relación resina con el tiempo de inyección (resina)

El análisis del tiempo de inyección con resina en cable *bolting* considera un total de 234.5 kilogramos de resina, con un total de tiempo de inyección de 38.9 minutos y 29.37 metros perforados, durante el mes de febrero.

Tabla 13. Inyección de resina en cable bolting, veta Principal

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - INYECCIÓN CON RESINA

VETA PRINCIPAL

CANTIDAD DE TALADROS	COMP "A" (kg)	COMP "B" (kg)	TOTAL RESINA (kg)	TIEMPO DE INYECCION (min)	LONGITUD DE TALADROS (m)	RATIOS DE INYECCION (KG/m)	RATIOS DE INYECCION (min/m)	OBSERVACIONES
TALADRO N°1	7	9.1	16.1	2.6	2.55	6.31	1.02	inyeccion normal
TALADRO N°2	7.5	9.3	16.8	2.5	2.6	6.46	0.96	inyeccion normal
TALADRO N°3	7.4	9.1	16.5	2.8	2.4	6.88	1.17	inyeccion normal
TALADRO N°4	7.7	9.4	17.1	3.6	2.57	6.65	1.40	inyeccion normal
TALADRO N°5	7.9	9	16.9	2.6	2.5	6.76	1.04	inyeccion normal
TALADRO N°6	7.3	9.3	16.6	2.5	2.3	7.22	1.09	inyeccion normal
TALADRO N°7	7.9	9.5	17.4	3.8	2.3	7.57	1.65	inyeccion normal
TALADRO N°8	7.3	9.3	16.6	2.5	2.3	7.22	1.09	inyeccion normal
TALADRO N°9	11.4	14.1	25.5	4.6	2.35	10.85	1.96	inyeccion normal
TALADRO N°10	11.1	13.8	24.9	3.8	2.5	9.96	1.52	inyeccion normal
TALADRO N°11	11.3	13.9	25.2	3.9	2.5	10.08	1.56	inyeccion normal
TALADRO N°12	11.2	13.7	24.9	3.7	2.5	9.96	1.48	inyeccion normal
PROMEDIO	8.75	10.79	19.54	3.24	2.45	7.99	1.33	

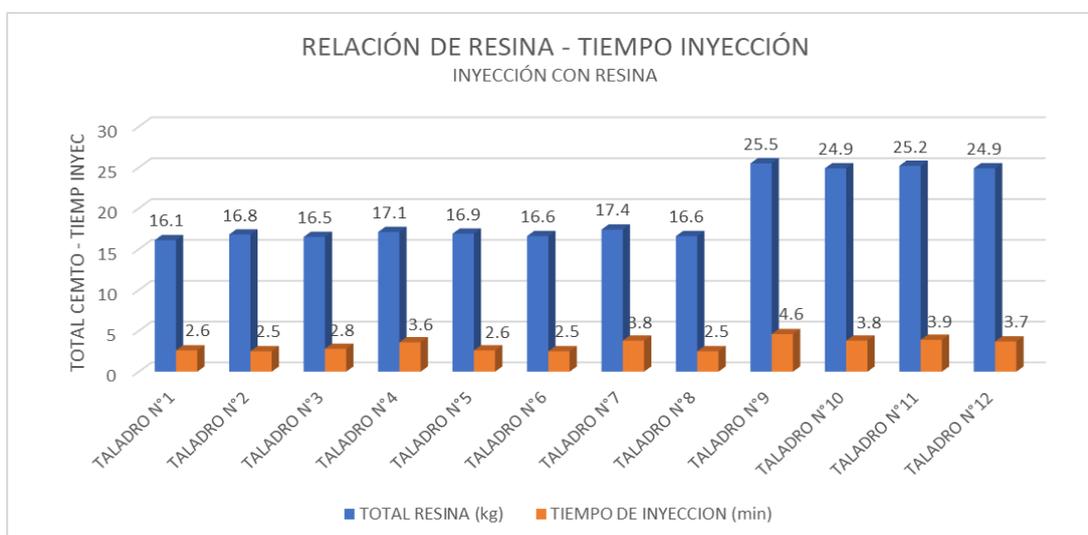


Figura 27. Relación de resina con tiempo de inyección

El promedio de resina por taladro fue de 19.54 kilogramos, con un tiempo de inyección de 3.24 minutos y 2.5 metros de longitud de perforación, con ratios de inyección de 7.99 kg/m y 1.33 min/m.

b) Análisis de la relación tiempo de fraguado con carga aplicada (resina)

El análisis del tiempo de fraguado con la carga aplicada con resina en cable *bolting* considera un promedio de carga de 21.8 toneladas y 1.7 horas de tiempo de fraguado.

Tabla 14. Pull test de cable bolting con resina, veta Principal

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - PULL TEST CON RESINA

VETA PRINCIPAL

FECHA	N° DE PRUEBAS	VETA	TIPO DE ROCA	LONGITUD DE CABLE	TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	CARGA APLICADA (Tn)	OBSERVACIONES
26-Feb	CB - 01	PRINCIPAL	IIIB a IVA	2.5	2.0	22	carga maxima
26-Feb	CB - 02	PRINCIPAL	IIIB a IVA	2.5	2.0	25	parado por seguridad
26-Feb	CB - 03	PRINCIPAL	IIIB a IVA	2.5	2.0	24	parado por seguridad
26-Feb	CB - 04	PRINCIPAL	IIIB a IVA	2.5	1.5	21	carga maxima
26-Feb	CB - 05	PRINCIPAL	IIIB a IVA	2.5	1.0	20	carga maxima
28-Feb	CB - 01	PRINCIPAL	IVA	2.5	2.0	22	carga maxima
28-Feb	CB - 02	PRINCIPAL	IVA	2.5	1.5	22	carga maxima
28-Feb	CB - 03	PRINCIPAL	IVA	2.5	2.0	20	carga maxima
28-Feb	CB - 04	PRINCIPAL	IVA	2.5	1.5	20	carga maxima
PROMEDIO				2.5	1.7	21.8	

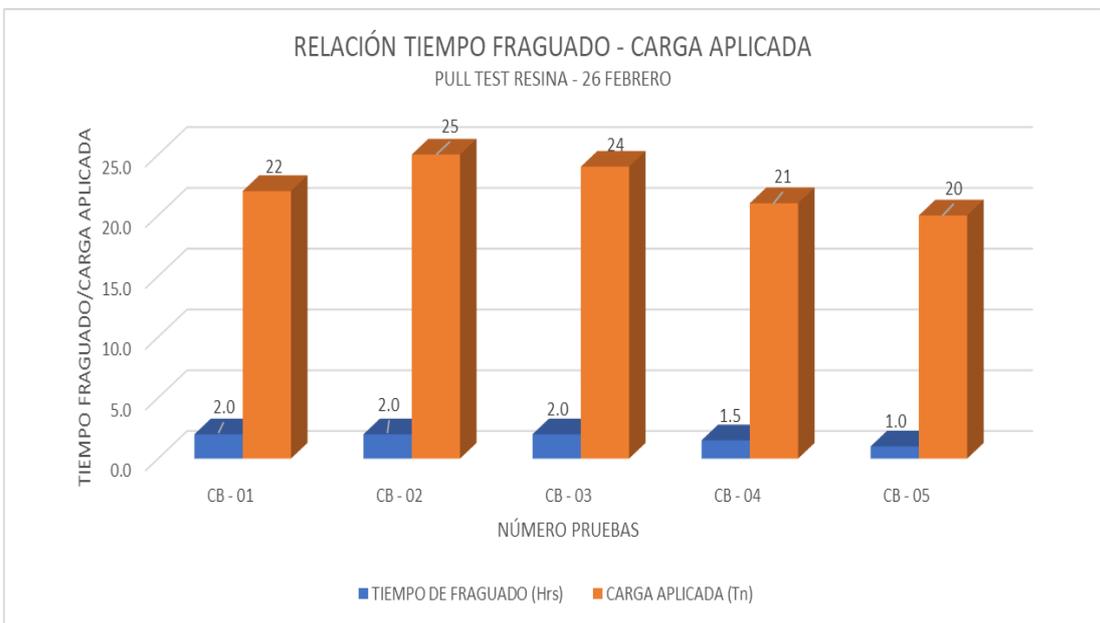


Figura 28. Relación tiempo de fraguado – carga aplicada, 26 febrero

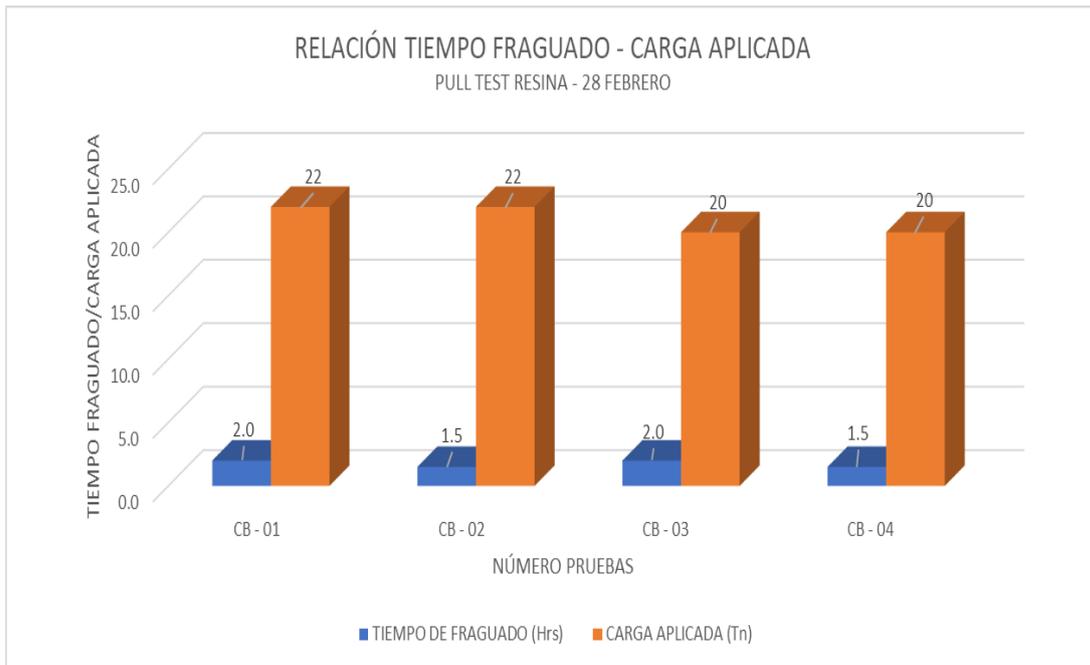


Figura 29. Relación tiempo de fraguado – carga aplicada, 28 febrero

- Análisis de resumen *pull test* - resina

El análisis del pull test con resina durante el periodo de febrero fueron de:

Tabla 15. Resumen de pull test de cable bolting con resina, veta Principal

RESUMEN DE PULL TEST CON RESINA						
TIEMPO DE FRAGUADO - CARGA APLICADA						
PERIODO	TOTAL DE PRUEBAS	TIPO DE ROCA	PROMEDIO LONGITUD DE CABLE	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (HRS)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	VETA
Febrero (26)	5	IIIB - IVA	2.5	1.7	22.4	VETA PRINCIPAL
Febrero (28)	4	IVA	2.5	1.8	21.0	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO	4.5	IIIB - IVA / IVA	2.5	1.7	21.7	

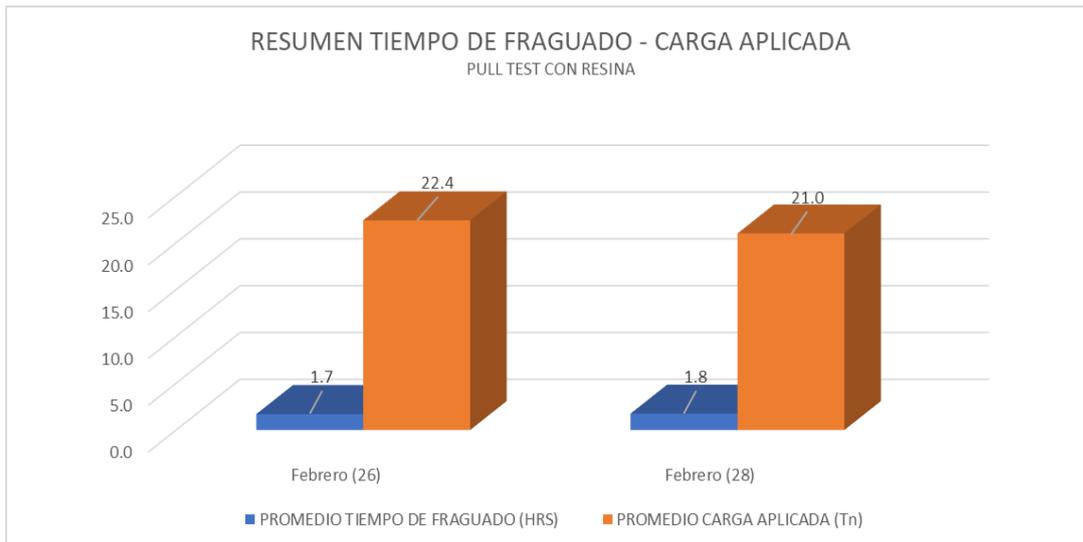


Figura 30. Resumen de relación tiempo de fraguado – carga aplicada

El promedio total de carga aplicada por taladro durante el mes de febrero, días 26 y 28 fueron de 22.4 t y 21.0 t. respectivamente, con un promedio mensual de 21.7 t.

La carga aplicada promedio de 21.7 t, considera una longitud de cable de 2.5 metros, con un promedio de 4.5 pruebas y un tipo de roca IIIB y IVA.

4.4 Análisis de cable *bolting* mixto (cemento + resina)

El estudio analizado se realizó durante los días 26 y 28 de febrero, siendo los parámetros por analizar el total y promedio de cemento + resina consumido, así como el tiempo promedio de inyección, el tiempo de fraguado y carga aplicada en la instalación de cable bolting con resina.

a) Análisis de la relación mixta (cemento + resina) con tiempo de inyección

El análisis del tiempo de inyección mixta en cable *bolting* considera un total de 134.0 kilogramos de cemento + resina, con un total de tiempo de inyección de 21.6 minutos y 36.0 metros perforados, durante el mes de febrero.

Tabla 16. Análisis cable bolting con inyección mixta (cemento + resina) veta Principal

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - INYECCIÓN MIXTA								
VETA PRINCIPAL								
CANTIDAD DE TALADROS	COMP "A" (kg)	COMP "B" (kg)	TOTAL RESINA + CEMENTO (kg)	TIEMPO DE INYECCION (min)	LONGITUD DE TALADROS (m)	RATIOS DE INYECCION (KG/m)	RATIOS DE INYECCION (min/m)	OBSERVACIONES
TALADRO N°1	10.2	12.4	22.6	3.6	6	3.77	0.60	inyeccion normal
TALADRO N°2	10	12.3	22.3	3.4	6	3.72	0.57	inyeccion normal
TALADRO N°3	10.1	12.4	22.5	3.3	6	3.75	0.55	inyeccion normal
TALADRO N°4	10.3	12.3	22.6	3.5	6	3.77	0.58	inyeccion normal
TALADRO N°5	9.9	12.4	22.3	4.1	6	3.72	0.68	inyeccion normal
TALADRO N°6	9.5	12.2	21.7	3.7	6	3.62	0.62	inyeccion normal
PROMEDIO	10.00	12.33	22.33	3.60	6.00	3.72	0.60	
Total			134	21.6	36			

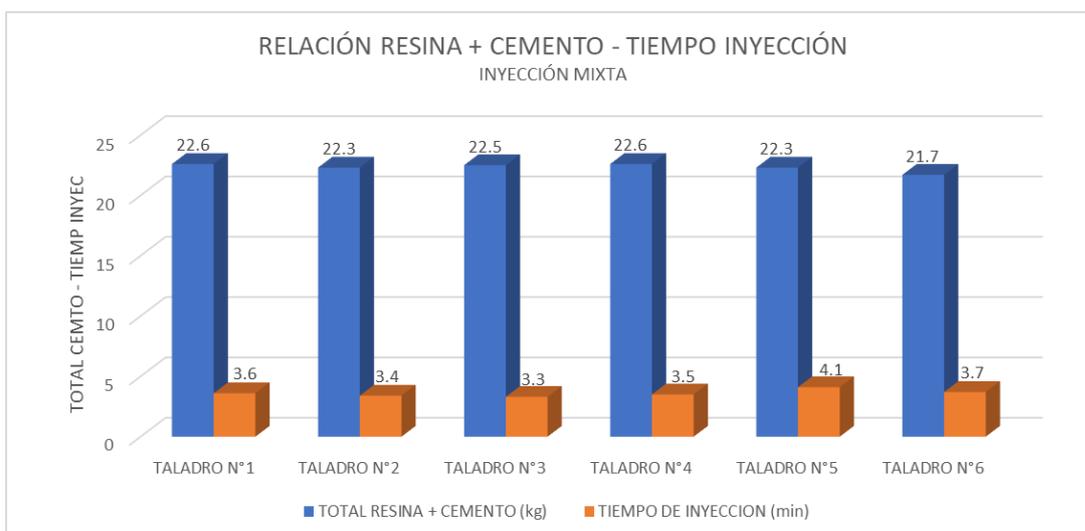


Figura 31. Relación resina + cemento con tiempo de inyección

El promedio de cemento + resina por taladro fue de 22.33 kilogramos, con un tiempo de inyección de 3.60 minutos y 6 metros de longitud de perforación, con ratios de inyección de 3.72 kg/m y 0.60 min/m.

- b) Análisis de relación tiempo de fraguado con carga aplicada (cemento + resina)

El análisis del tiempo de fraguado con la carga aplicada con cemento + resina en cable *bolting* considera un promedio de carga de 20.67 toneladas y 1.42 horas de tiempo de fraguado.

Tabla 17. Pull test de cable bolting con cemento + resina

ANÁLISIS DE CABLE BOLTING - PULL TEST MIXTO

VETA PRINCIPAL

FECHA	N° DE PRUEBAS	VETA	TIPO DE ROCA	LONGITUD DE CABLE	TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	CARGA APLICADA (Tn)	OBSERVACIONES
26-Feb	CB - 01	PRINCIPAL	IVA	6	1.5	22	carga maxima
26-Feb	CB - 02	PRINCIPAL	IVA	6	1.5	22	parado por seguridad
26-Feb	CB - 03	PRINCIPAL	IVA	6	2.0	20	parado por seguridad
26-Feb	CB - 04	PRINCIPAL	IVA	6	1.0	18	carga maxima
26-Feb	CB - 05	PRINCIPAL	IVA	6	1.0	20	carga maxima
28-Feb	CB - 06	PRINCIPAL	IVA	6	1.5	22	carga maxima
Promedio			IVA	6.0	1.42	20.67	

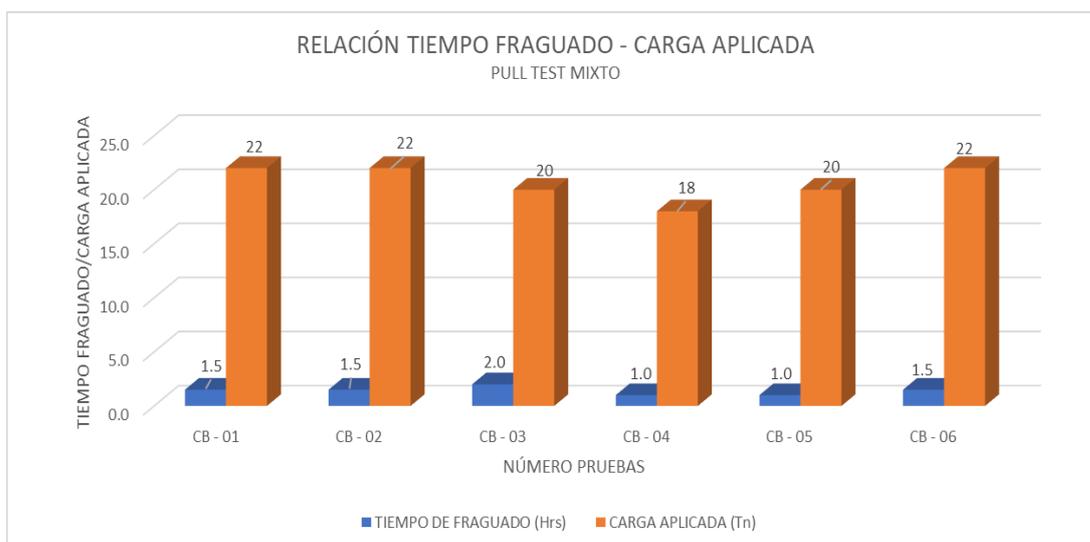


Figura 32. Relación tiempo fraguado y carga aplicada - mixto

- Análisis de resumen pull test de cemento + resina

El análisis del pull test con cemento + resina durante el periodo de febrero fueron de:

Tabla 18. Resumen de pull test de cable bolting con cemento + resina

RESUMEN DE PULL TEST MIXTO

TIEMPO DE FRAGUADO - CARGA PUNTUAL

PERIODO	TOTAL DE PRUEBAS	TIPO DE ROCA	PROMEDIO LONGITUD DE CABLE	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (HRS)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	VETA
Febrero (26)	5	IVA	6	1.4	20.4	VETA PRINCIPAL
Febrero (28)	1	IVA	6	1.5	22.0	VETA PRINCIPAL
TOTAL / PROMEDIO	3	IVA	6	1.5	21.2	

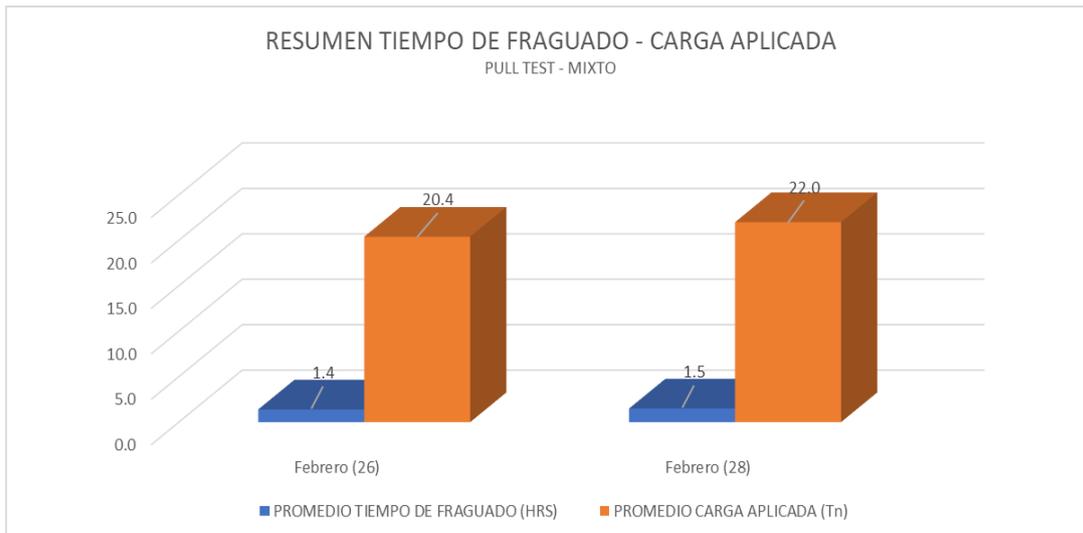


Figura 33. Resumen de relación tiempo fraguado y carga aplicada - mixto

El promedio total de carga aplicada por taladro durante el mes de febrero, días 26 y 28 fueron de 20.4 t y 22.0 t. respectivamente, con un promedio mensual de 21.2 t.

La carga aplicada promedio de 21.2 t., considera una longitud de cable de 1.5 metros, con un promedio de 3 pruebas y un tipo de roca IVA.

4.5 Análisis comparativo de cable *bolting* por producto

El estudio analiza los escenarios consumo de cemento, consumo de resina y consumo mixto (cemento + resina), analizando la inyección de producto y el *pull test* del producto.

a) Análisis de tiempo de inyección

El análisis del tiempo de inyección considera los escenarios: inyección con cemento, inyección con resina e inyección mixta (cemento + resina) en cable *bolting*, siendo los resultados.

Tabla 19. Comparativo de inyección de cable bolting con: cemento – resina - mixto

COMPARATIVO DE INYECCIÓN CON CEMENTO, RESINA Y MIXTO

INYECCIÓN DE CEMENTO - RESINA - MIXTO

PRODUCTO	TOTAL CEMENTO - RESINA - MIXTO (kg)	PROMEDIO (kg)	PROMEDIO TIEMPO DE INYECCION (min)	TOTAL LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (KG/m)	PROMEDIO RATIOS DE INYECCION (min/m)	VETA
CON CEMENTO	435.21	23.06	3.21	420.00	6.00	3.84	0.53	VETA PRINCIPAL
CON RESINA	234.5	19.54	3.24	234.50	2.45	7.99	1.33	VETA PRINCIPAL
MIXTO	134.00	22.33	3.60	134.00	6.00	3.72	0.60	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO	267.90	21.64	3.35	262.83	4.82	5.19	0.82	

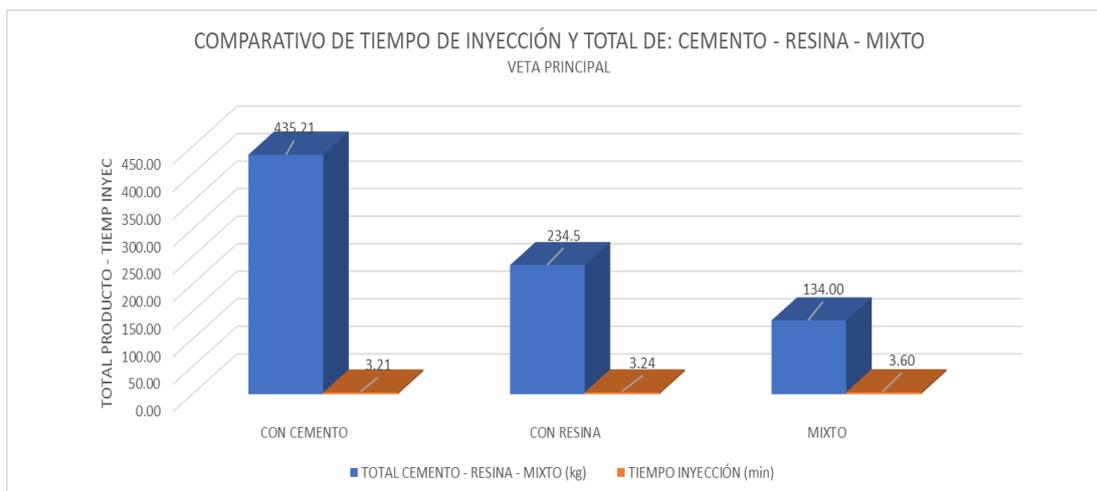


Figura 34. Comparativo de tiempo de inyección y total del producto

El análisis comparativo considera el consumo total de cemento, resina y mixto (cemento + resina) con valores de 435.21 kg, 234.5 kg y 134.0 kg respectivamente, observándose un menor consumo en el escenario mixto con respecto a los otros dos escenarios.

El promedio de inyección (consumo) de producto por taladro de cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de 23.06 kg, 19.54 kg y 22.33 kg, observándose un menor consumo en el escenario de resina.

El tiempo promedio de inyección por taladro con cemento, resina y mixto son de 3.21 min, 3.24 min y 3.60 min, respectivamente.

b) Análisis de pull test

El análisis del *pull test* del tiempo de fraguado y carga aplicada de los productos con cemento, resina y mixto (cemento + resina) en cable *bolting* muestra los siguientes resultados.

Tabla 20. Comparativo de pull test de cable bolting con: cemento – resina - mixto

COMPARATIVO DE PULL TEST CON CEMENTO, RESINA Y MIXTO

PULL TEST CEMENTO Y RESINA

PRODUCTO	TOTAL DE PRUEBAS	TIPO DE ROCA	PROMEDIO LONGITUD DE CABLE	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	VETA
CEMENTO	6.5	IIIB - IVA	6.00	24.00	20.13	VETA PRINCIPAL
RESINA	4.5	IIIB - IVA / IVA	2.50	1.73	21.70	VETA PRINCIPAL
MIXTO	6.0	IVA	6.00	1.45	21.20	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO	5.7	IIIB - IVA	4.83	9.06	21.01	

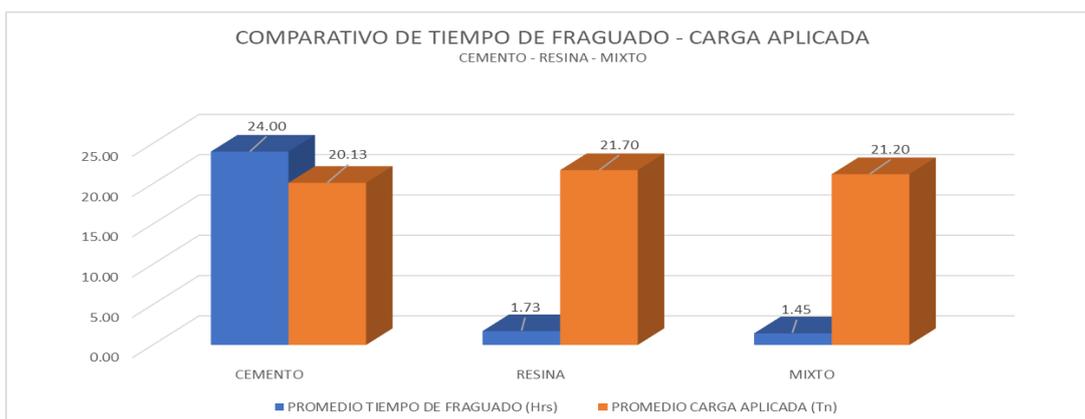


Figura 35. Comparativo de tiempo de fraguado y carga aplicada por producto

El análisis comparativo considera del tiempo de fraguado y carga aplicada en cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de tiempo de fraguado en 24 horas, 1.73 horas y 1.45 horas respectivamente. Los menores valores de tiempo de fraguado se dan en el escenario de consumo de resina y mixto.

Estos menores valores están asociados a la carga aplicada siendo estos en los escenarios cemento, resina y mixto en 20.13 toneladas, 21.70 toneladas y 21.20 toneladas respectivamente. Considerando una mejor resistencia en los escenarios de resina y mixto.

4.6 Análisis económico de cable *bolting* por producto

La evaluación económica por producto utilizado de cemento y resina en cable *bolting*, considerando un precio unitario de costo de instalación de cable bolting en cemento (36.69 \$/m), resina (69.84 \$/m) y mixto (53.26 \$/m).

Tabla 21. Costo comparativo de inyección con cemento – resina - mixto

COSTO COMPARATIVO DE INYECCIÓN CON CEMENTO, RESINA Y MIXTO								
INYECCIÓN DE CEMENTO - RESINA								
PRODUCTO	TOTAL CEMENTO - RESINA - MIXTO (kg)	PROMEDIO (kg)	PROMEDIO TIEMPO DE INYECCION (min)	TOTAL LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO LONGITUD DE TALADROS (m)	COSTO UNITARIO (US \$/m)	COSTO PARCIAL (US \$)	VETA
CON CEMENTO	435.21	23.06	3.21	420.00	6.00	36.69	15,410.26	VETA PRINCIPAL
CON RESINA	234.5	19.54	3.24	234.50	2.45	69.84	16,376.95	VETA PRINCIPAL
MIXTO	134.00	22.33	3.60	134.00	6.00	53.26	7,137.43	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO/TOTAL	267.90	21.64	3.35	262.83	4.82	53.26	12,974.88	

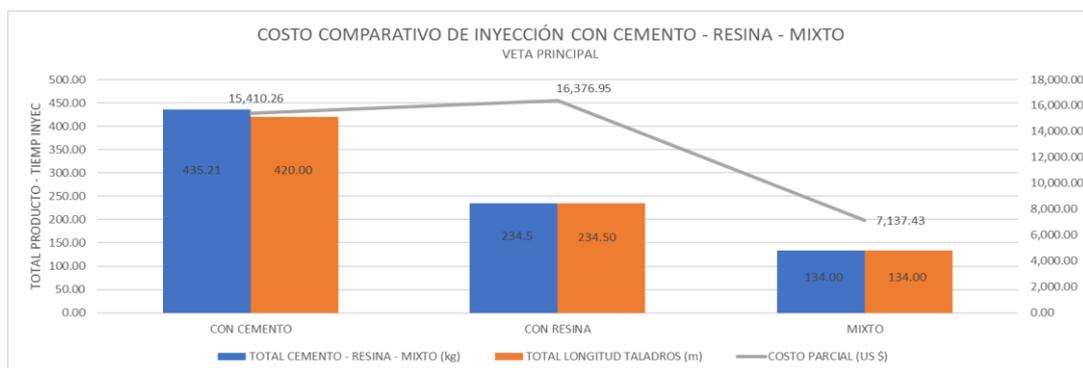


Figura 36. Costo comparativo de tiempo de fraguado y carga aplicada por producto

El resultado económico obtenido, considerando los costos unitarios en cemento, resina y mixto genera valores de 15,410.25 \$ para el cemento, 16,376.95 \$ para la resina y de 7,137.43 \$ para el mixto.

El menor costo asociado al escenario mixto, está relacionado a un menor tiempo de fraguado promedio en 1.40 horas comparado con el de 24 horas para el escenario de cemento y de 1.73 horas en el escenario de resina, lo hace más rentable en términos económicos y menor tiempo de fraguado.

El mismo contexto está asociado a la carga aplicada, considerando un mejor resultado en el escenario mixto con 21.20 toneladas, comparado con el cemento en 20.13 toneladas y en resina de 21,70 toneladas.

4.7 Validación de la hipótesis

Los resultados obtenidos en los escenarios de consumo de cemento, resina y mixto (cemento + resina) permite relacionar a las hipótesis planteadas en el presente estudio, considerando el consumo y tiempo de inyección, así como el tiempo de fraguado y carga aplicada y los costos asociados a los escenarios planteados.

Tabla 22. Validación de la hipótesis general y específica del estudio

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICA										
INYECCIÓN DE CEMENTO - RESINA - MIXTO										
PRODUCTO	TOTAL CEMENTO - RESINA - MIXTO (kg)	PROMEDIO PRODUCTO (Kg)	PROMEDIO TIEMPO DE INYECCION (min)	TOTAL LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO LONGITUD DE TALADROS (m)	PROMEDIO TIEMPO DE FRAGUADO (Hrs)	PROMEDIO CARGA APLICADA (Tn)	COSTO UNITARIO (US\$/m)	COSTO PARCIAL (US\$)	VETA
CON CEMENTO	435.21	23.06	3.21	420.00	6.00	24.00	20.13	36.69	15,410.26	VETA PRINCIPAL
CON RESINA	234.5	19.54	3.24	234.50	2.45	1.73	21.70	69.84	16,376.95	VETA PRINCIPAL
MIXTO	134.00	22.33	3.60	134.00	6.00	1.45	21.20	53.26	7,137.43	VETA PRINCIPAL
PROMEDIO/TOTAL	267.90	21.64	3.35	262.83	4.82	9.06	21.01	53.26	12,974.88	

a) La primera hipótesis planteada está asociada a la relación del cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable bolting.

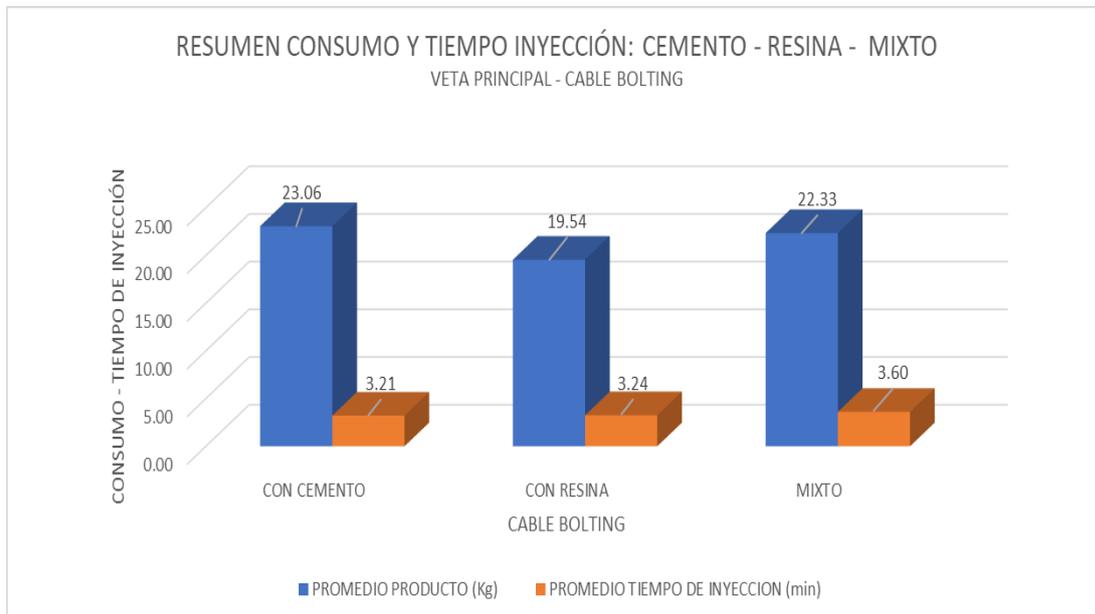


Figura 37. Resumen de consumo y tiempo de inyección: cemento, resina y mixto

El análisis del tiempo de inyección considera los escenarios: inyección con cemento, inyección con resina e inyección mixta (cemento + resina) en cable bolting.

El consumo total de cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de 435.21 kg, 234.5 kg y 134.0 kg respectivamente, observándose un menor consumo en el escenario mixto con respecto a los otros dos escenarios.

El promedio de inyección (consumo) de producto por taladro de cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de 23.06 kg, 19.54 kg y 22.33 kg, observándose un menor consumo en el escenario de resina.

El tiempo promedio de inyección por taladro con cemento, resina y mixto son de 3.21 min., 3.24 min. y 3.60 min., respectivamente.

b) La segunda hipótesis planteada está asociada a la relación del cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable bolting.

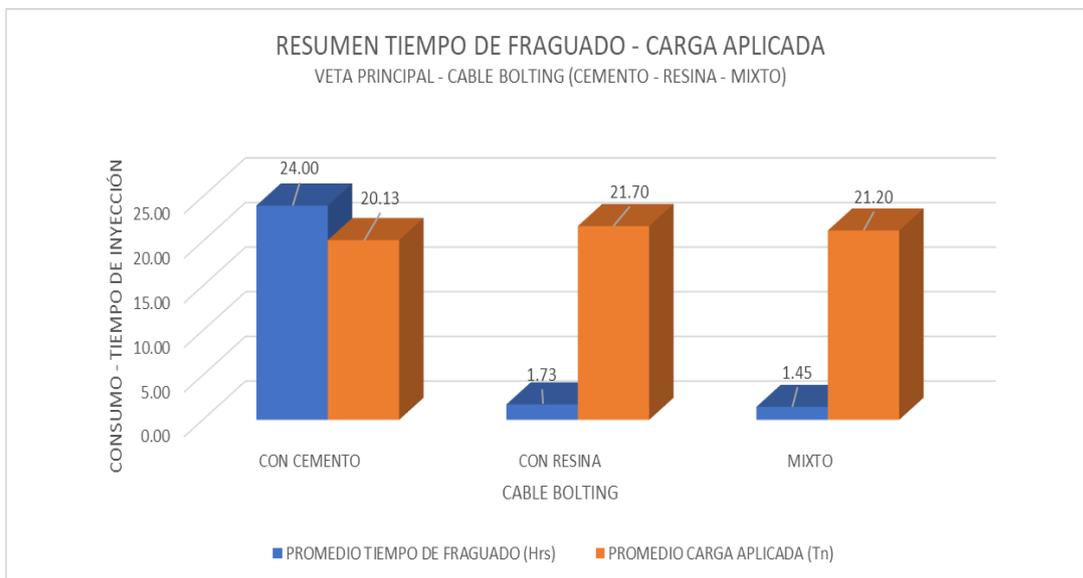


Figura 38. Resumen de tiempo de fraguado y carga aplicada: cemento, resina y mixto

El análisis del *pull test* del tiempo de fraguado y carga aplicada se considera en los productos de cemento, resina y mixto (cemento + resina) en cable *bolting*.

Los resultados de tiempo de fraguado en cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de 24 horas, 1.73 horas y 1.45 horas respectivamente. Los menores valores, de tiempo de fraguado se da en el escenario de consumo de resina y mixto.

La carga aplicada en los escenarios cemento, resina y mixto son de 20.13 toneladas, 21.70 toneladas y 21.20 toneladas respectivamente. Considerando una mejor resistencia en los escenarios de resina y mixto.

c) Al determinar la relación del cemento con el tiempo de inyección y la carga aplicada en cable *bolting* se influye en la reducción de los costos de producción en la veta Principal, Nv. 4050 en la unidad operativa Chungar.

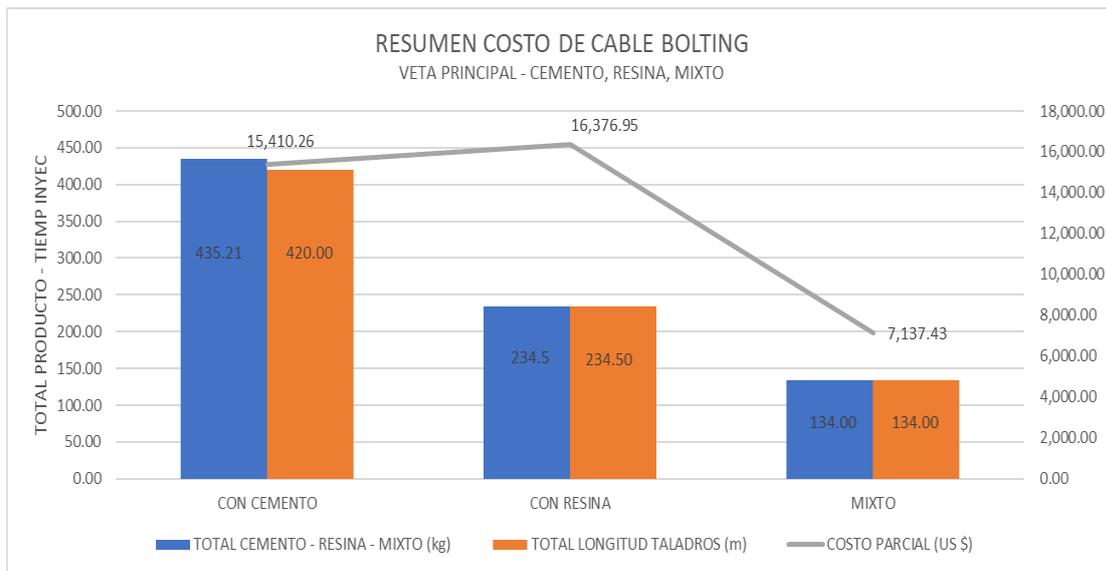


Figura 39. Resumen de costo de cable bolting con cemento, resina y mixto

El resultado económico obtenido, considerando los costos unitarios en cemento, resina y mixto genera valores de 15,410.25 \$ para el cemento, 16,376.95 \$ para la resina y de 7,137.43 \$ para el mixto.

El menor costo asociado al escenario mixto está relacionado a un menor tiempo de fraguado promedio en 1.40 horas comparado con el de 24 horas para el escenario de cemento y de 1.73 horas en el escenario de resina, lo hace más rentable en términos económicos y menor tiempo de fraguado.

El mismo contexto está asociado a la carga aplicada, considerando un mejor resultado en el escenario mixto con 21.20 toneladas, comparado con el cemento en 20.13 toneladas y en resina de 21,70 toneladas, lo que representa un escenario más atractivo en términos de rendimiento operacional.

Finalmente, el presente estudio realizado, considerando la aplicación de resina en cable bolting en la veta Principal, Nv 4050 en la mina Animón, lo hace muy atractivo en la generación de programas de reducción de costos y la optimización en el ciclo de minado, reduciendo el tiempo de sostenimiento.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo del presente estudio se realizó durante los periodos de marzo, abril mayo y junio, comparando los escenarios cable *bolting* con cemento y cable *bolting* con resina y mixto. Siendo los parámetros por analizar el total y promedio de cemento, resina y mixto consumido, así como el tiempo promedio de inyección, el tiempo de fraguado y la carga aplicada en la instalación de cable bolting en la veta Principal, Nv 4050.
2. El total de consumo de cemento por taladro durante los meses de marzo, abril, mayo y junio fueron de 278.30 kg, 460.60 kg, 413.20 kg y 463.20 kg. respectivamente, con un promedio mensual de 403.83 kg por taladro. Los promedios de consumo de cemento por taladro con 23.19 kg, 23.03 kg, 22.96 kg y 23.16 kg, con un promedio general de 23.08 kg, en los mismos periodos.
3. El tiempo de inyección de cemento promedio por taladro durante los periodos de marzo, abril, mayo y junio fueron de 3.58 min., 3.27 min., 3.15 min. y 3.14 min., con un promedio de 3.28 min, considerando una longitud de taladro de 6 metros.
4. El análisis del tiempo de inyección con resina en cable *bolting* considera un total de 234.5 kilogramos de resina, con un total de tiempo de inyección de 38.9 minutos y 29.37 metros perforados durante el mes de febrero.
5. El análisis del tiempo de inyección mixta en cable *bolting* considera un total de 134.0 kilogramos de cemento + resina, con un total de tiempo de inyección de 21.6 minutos y 36.0 metros perforados, durante el mes de febrero. El promedio de cemento + resina por taladro fue de 22.33 kilogramos, con un tiempo de inyección de 3.60 minutos y 6 metros de longitud de perforación.

6. El análisis comparativo considera el consumo total de cemento, resina y mixto (cemento + resina) con valores de 435.21 kg, 234.5 kg y 134.0 kg respectivamente, observándose un menor consumo en el escenario mixto con respecto a los otros dos escenarios.
7. El promedio de inyección (consumo) de producto por taladro de cemento, resina y mixto (cemento + resina) considera valores de 23.06 kg, 19.54 kg y 22.33 kg, observándose un menor consumo en el escenario con resina. El tiempo promedio de inyección por taladro con cemento, resina y mixto son de 3.21 min, 3.24 min y 3.60 min, respectivamente.
8. El análisis comparativo considera del tiempo de fraguado y carga aplicada en cemento, resina y mixto (cemento + resina), con valores de tiempo de fraguado en 24 horas, 1.73 horas y 1.45 horas respectivamente. Los menores valores, de tiempo de fraguado se da en el escenario de consumo de resina y mixto.
9. Estos menores valores están asociados a la carga aplicada siendo estos en los escenarios cemento, resina y mixto en 20.13 toneladas, 21.70 toneladas y 21.20 toneladas respectivamente. Considerando una mejor resistencia en los escenarios de resina y mixto.
10. El resultado económico obtenido, considerando los costos unitarios en cemento, resina y mixto genera valores de 15,410.25 \$ para el cemento, 16,376.95 \$ para la resina y de 7,137.43 \$ para el mixto.
11. El menor costo asociado al escenario mixto está relacionado a un menor tiempo de fraguado promedio en 1.40 horas comparado con el de 24 horas para el escenario de cemento y de 1.73 horas en el escenario de resina, lo que hace más rentable en términos económicos y menor tiempo de fraguado.

12. Finalmente, el presente estudio realizado, considerando la aplicación de resina en cable *bolting* en la veta Principal, Nv 4050 en la mina Animón, lo hace muy atractivo en la generación de programas de reducción de costos y la optimización en el ciclo de minado, reduciendo el tiempo de sostenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar realizando estudios similares, aplicando la instalación de cable *bolting* con resina para ir determinando su comportamiento en el sostenimiento.
2. Se recomienda realizar análisis comparativos en otras operaciones mineras y relacionar los indicadores operacionales y económicos de sostenimiento mediante la herramienta de bench marking.
3. Se recomienda realizar estudios detallados e integrales de instalación de cable *bolting* considerando el tiempo de perforación, cableados e inyectados para definir todas las variables asociadas al sostenimiento.
4. Se recomienda investigar estudios de instalación de cable *bolting* considerando el uso de equipos automatizados Cabolt para la reducción de tiempo de instalación y mejora en el ciclo de minado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MELENTIJEVIC, Svetlana. Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada. Memoria (Título de Doctor). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2005, 571 pp.
2. SALUEÑA, Ivana. Estudio sobre la estabilidad de taludes en macizos rocosos fracturados. Influencia de los parámetros relativos a las juntas. Memoria (Título de Doctor). Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 1993, 235 pp.
3. CONDE, Yarica. Análisis del macizo rocoso y su aplicación de cable bolting en la ejecución de echaderos de relleno detritico en la mina San Rafael. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019, 169 pp.
4. SORIO, Raul y TITO, Antonio. Optimización del sostenimiento con cable bolting para la recuperación del mineral en el tajo 1964 nivel 4262 - Unidad Minera Pallancata Hochschinld Mining S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2020, 102 pp.
5. VOLCAN COMPAÑÍA MINERA – Mina Animón. Data de operaciones de sostenimiento con cable bolting. 2023.

ANEXOS

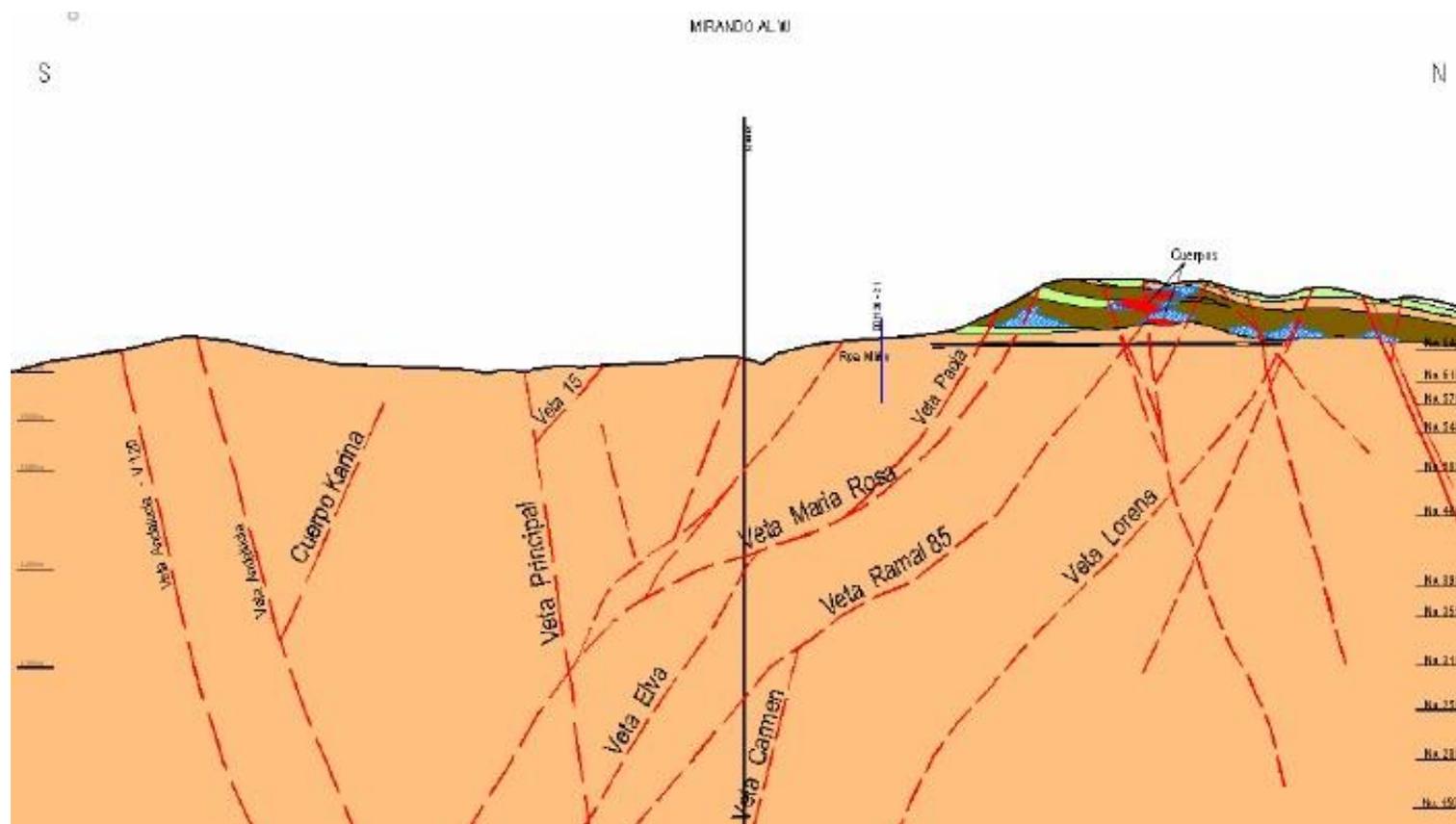
Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

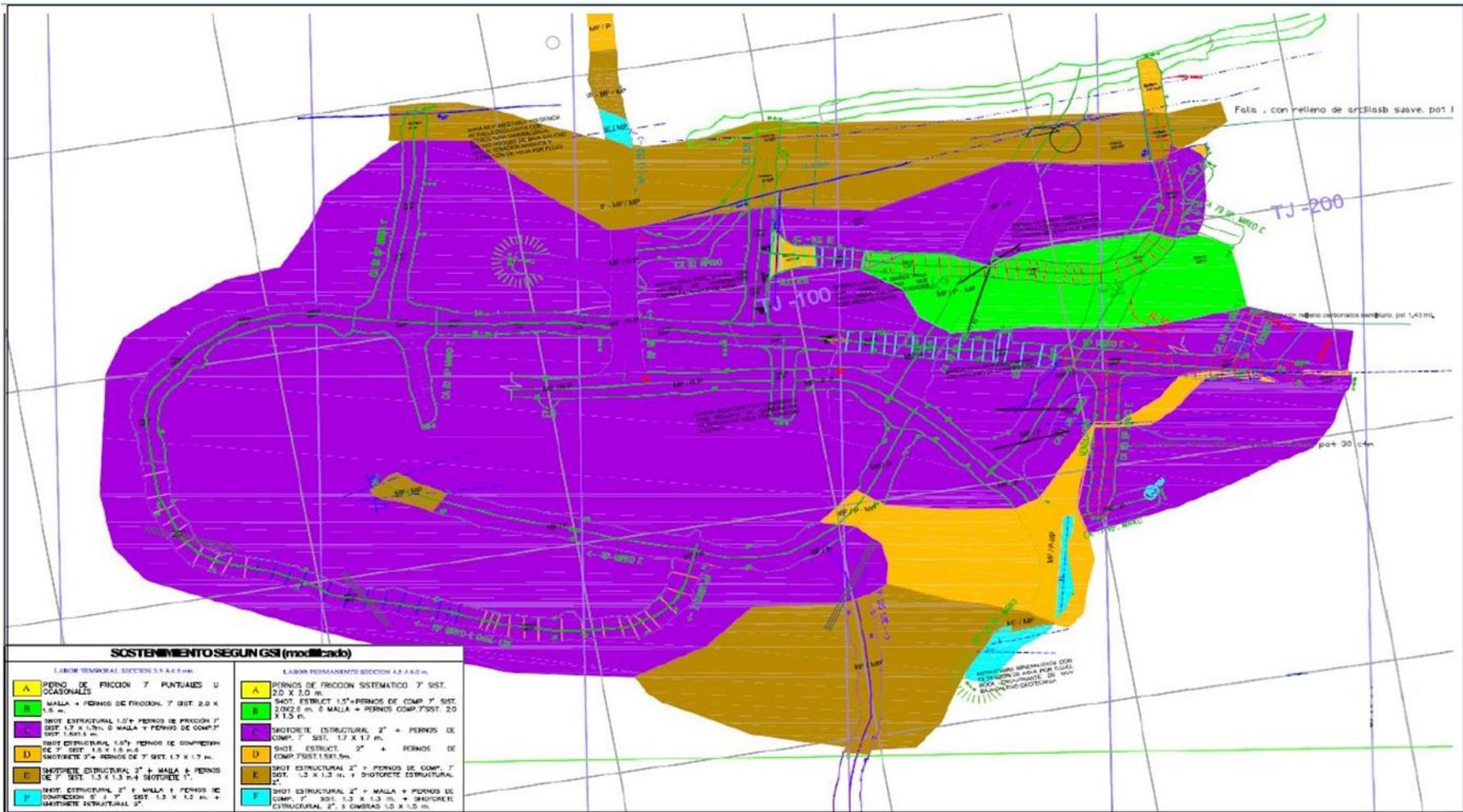
Variables	Definición		Definición operacional		
	Conceptual		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:					
Reducción de costos de producción.	Generar programas de reducción de costos en sostenimiento, mediante la aplicación de cable bolting con resina, es de vital importancia en la reducción del tiempo de fraguado.	de	• Condiciones geológicas	Parámetros Geológicos	Litología, alteraciones asociadas, lineamientos, etc.
			• Condiciones geomecánicas	Parámetros Geomecánicos	RMR, GSI, dureza, densidad, etc.
			• Condiciones de operación	Parámetros Operacionales	Inyección de cemento y resina, longitud de taladro, etc.
VD:					
Análisis del tiempo de fraguado y resistencia de resina en cable bolting para la reducción de costos..	Los parámetros asociados a la aplicación de cable bolting con resina, ayudará a reducir el tiempo de fraguado y la reducción de costos de producción.	de	• Parámetros operacionales de cable bolting.	Indicadores técnicos en cable bolting.	Kg de cemento, kg de resina, tiempo de inyección (min), carga aplicada (ton), etc.
			• Parámetros económicos	Indicadores económicos en cable bolting.	PU de instalación de cable bolting, costo unitario y costo parcial de cable bolting.

Anexo 2

Planos en planta y perfil

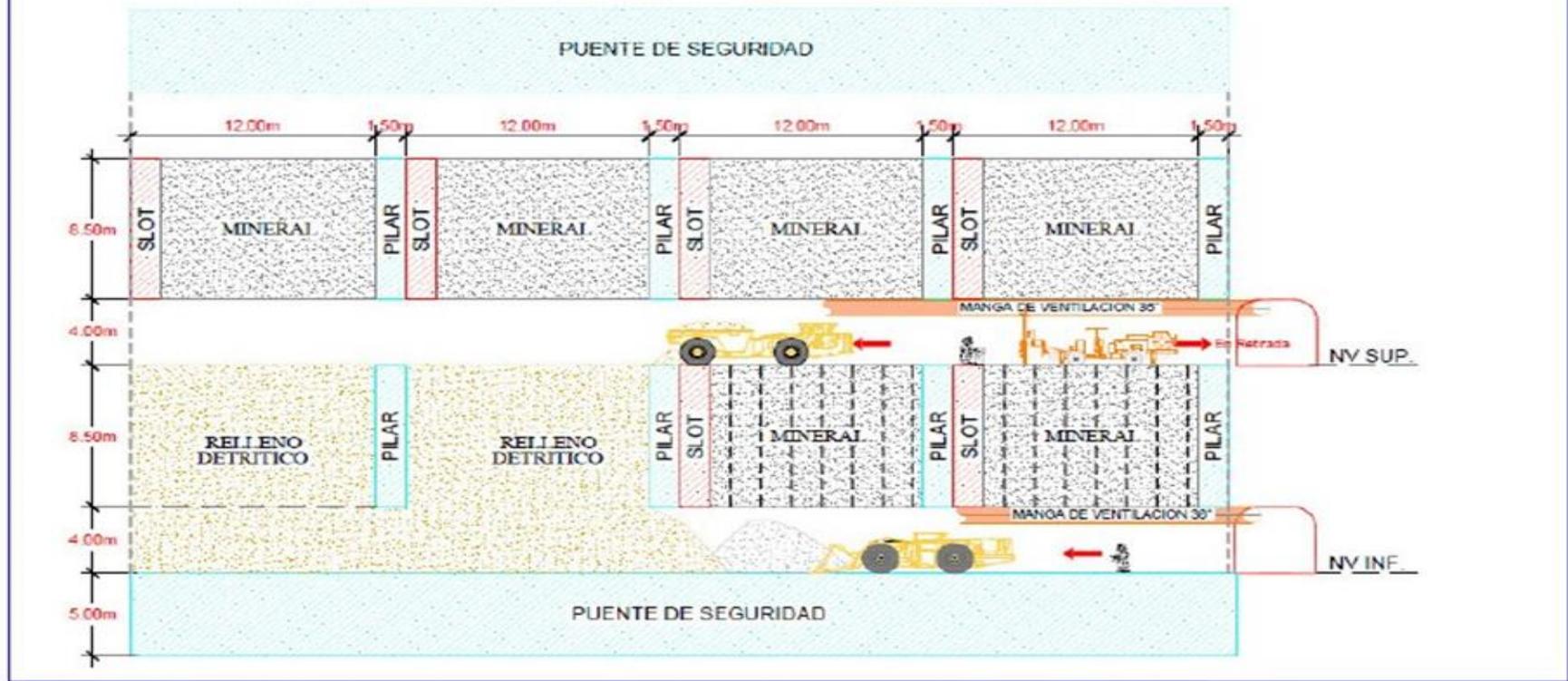


*Plano de estructuras mineralizadas de la unidad operativa Chungar
Tomada del Departamento de Planeamiento*

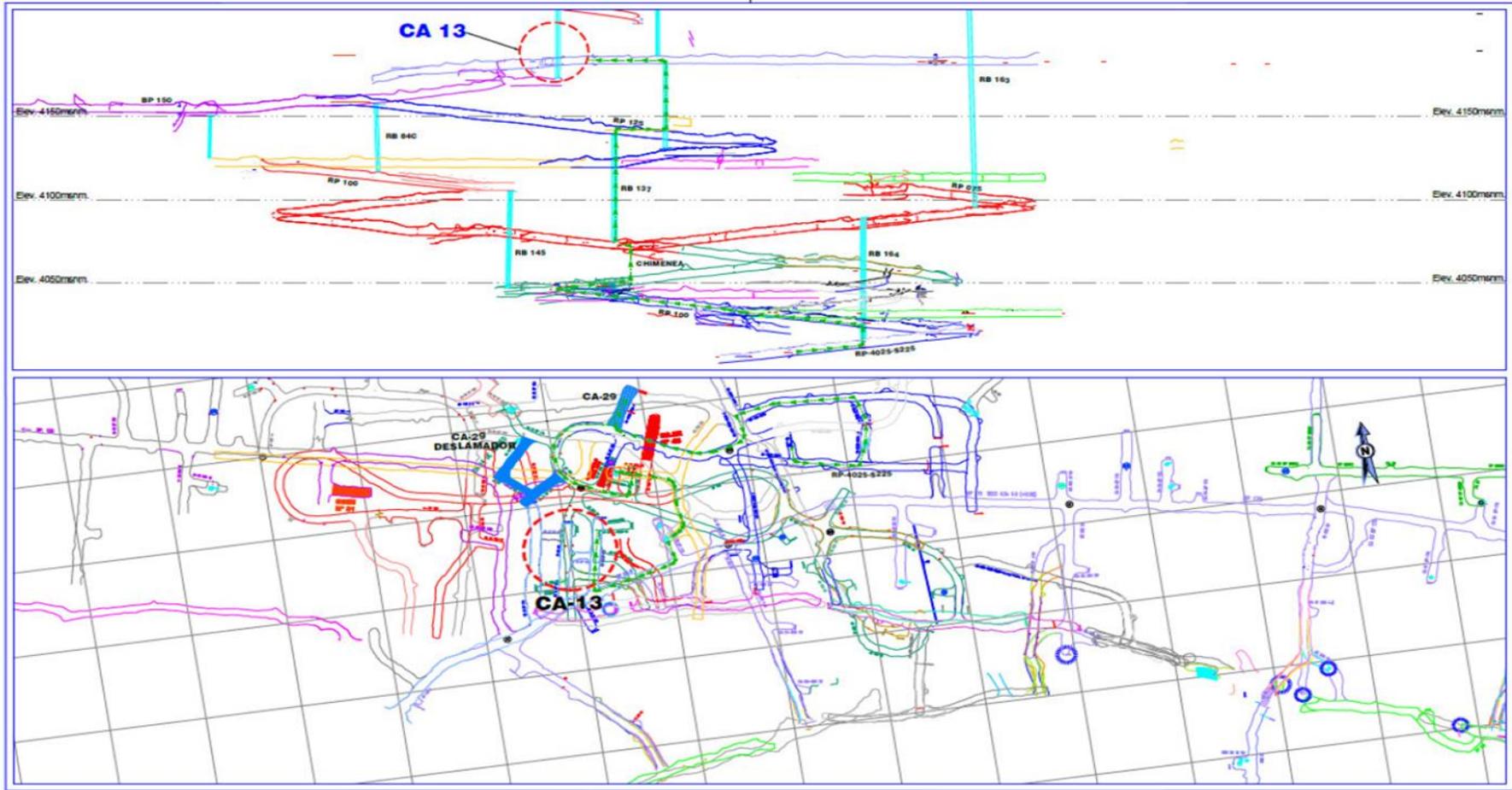


**Plano de zonificación geomecánica veta Principal, mina Animón
Tomado del área de Operaciones Mina**

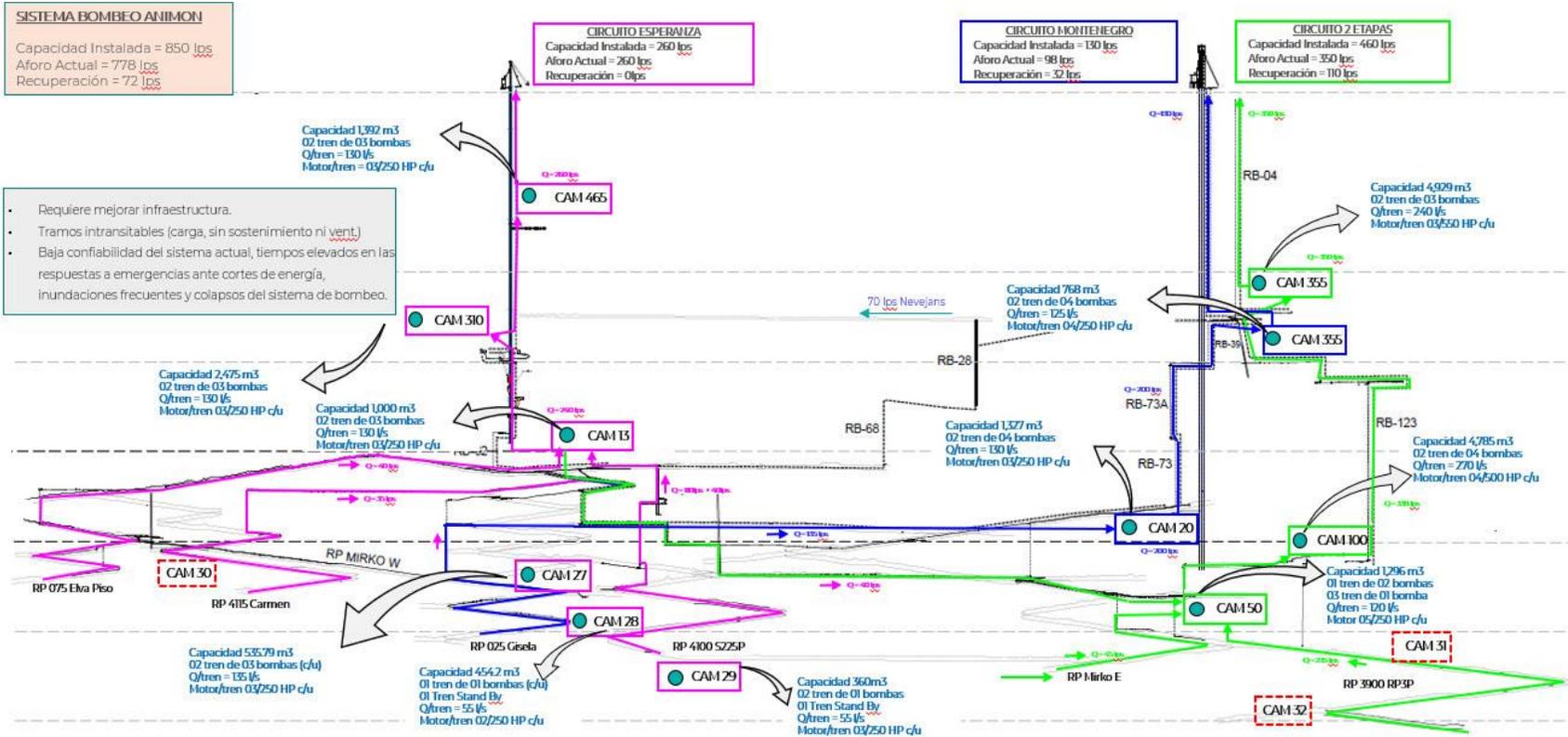
Método Corte y Relleno Ascendente Con Taladros Largos



*Método de minado con taladros largos
Tomada del área de Operaciones*



*Veta principal en planta y sección, mina Animón
Tomado del área de Operaciones Mina*



- Requiere mejorar infraestructura.
- Tramos intransitables (carga, sin sostenimiento ni vent.)
- Baja confiabilidad del sistema actual, tiempos elevados en las respuestas a emergencias ante cortes de energía, inundaciones frecuentes y colapsos del sistema de bombeo.

**Sistema de bombeo unifamiliar, unidad operativa Chungar
 Tomada del Departamento de Operaciones**

Anexo 3

Fotos



Equipo tensador



Prueba de arranque



Manómetro de la prueba de arranque