

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

Control de la sobre rotura y productividad en equipos de acarreo mediante el análisis de variables de perforación y voladura en labores de avance, 2024

Angela Adi Victorino Ramon
Aldaith Arjona Yaranga Mayta

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 12 de Marzo de 2025

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

Título:

“CONTROL DE LA SOBRE ROTURA Y PRODUCTIVIDAD EN EQUIPOS DE ACARREO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LABORES DE AVANCE, 2024”

Autores:

1. ANGELA ADI VICTORINO RAMON – EAP. Ingeniería de Minas
2. ALDAITH ARJONA YARANGA MAYTA – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | | | |
|--|----|-------------------------------------|----|--------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI | ☒ | NO | ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”): 10 | SI | ☒ | NO | ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI | ☒ | NO | ☐ |

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

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

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

DEDICATORIA

Con todo mi amor, dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía constante y me ilumina cada día. A mis amados padres, cuyo amor incondicional, sacrificios y apoyo han sido la base de todos mis logros. Gracias por confiar en mí y por proporcionarme las herramientas para alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, cuyo inagotable apoyo, comprensión y confianza han constituido los pilares esenciales en la consecución de este objetivo. Su respaldo incondicional y sacrificio constante me han permitido transitar con firmeza este camino académico.

Al Ing. Javier Carlos Córdova Blancas, mi asesor de tesis, por su valioso apoyo y orientación a lo largo de este proceso. Su experiencia y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A mis profesores, por las valiosas lecciones impartidas a lo largo de mi trayectoria académica, su dedicación y compromiso con la enseñanza han sido fundamentales para mi desarrollo académico y personal.

Asimismo, a la Universidad Continental por brindarme la valiosa oportunidad de adquirir conocimientos y experiencias que han sido esenciales para mi desarrollo profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR -----	iv
DEDICATORIA -----	v
AGRADECIMIENTO -----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO -----	vii
ÍNDICE DE TABLAS -----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	x
RESUMEN -----	xii
ABSTRACT -----	xiii
INTRODUCCIÓN -----	xiv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO -----	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	15
1.1.1. Planteamiento del problema -----	15
1.1.2. Formulación del problema -----	16
1.2. Objetivos -----	16
1.2.1. Objetivo general -----	16
1.2.2. Objetivos específicos -----	16
1.3. Justificación e importancia -----	17
1.3.1. Justificación social - práctica -----	17
1.3.2. Justificación académica -----	17
1.3.3. Justificación económica -----	17
1.4. Hipótesis de la investigación -----	17
1.4.1. Hipótesis general -----	17
1.4.2. Hipótesis específicas -----	18
1.5. identificación de las variables -----	18
1.5.1. Variable independiente -----	18
1.5.2. Variable dependiente -----	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables -----	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO -----	20
2.1 Antecedentes del problema -----	20
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	20
2.1.2 Antecedentes nacionales -----	21
2.2 Generalidades de la unidad minera -----	22
2.2.1 Ubicación de la mina -----	22
2.2.2 Accesibilidad a la mina -----	23
2.3 Geología regional -----	23

2.3.1 Geología local-----	23
2.3.2 Parámetros geomecánicos-----	26
2.3.3 Método de minado-----	27
2.4 Bases teóricas -----	29
2.4.1 Parámetros de perforación y voladura en labores de avance-----	30
2.4.2 Sobre rotura en rocas en cruceros de 5 x 4.5 -----	33
2.4.3 Granulometría post voladura en cruceros de 5 x 4.5 m -----	36
2.4.4 Capacidad efectiva de los equipos de acarreo: Cx 5 x 4.5 -----	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	39
3.1 Método y alcances de la investigación -----	39
3.1.1 Método de la investigación -----	39
3.1.2 Alcances de la investigación-----	40
3.2 Diseño de la investigación -----	40
3.3 Población y muestra-----	40
3.3.1 Población -----	40
3.3.2 Muestra -----	40
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos-----	40
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	41
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos-----	41
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	42
4.1 Consideraciones de operación en los cruceros del OB6-----	42
4.2 Análisis de la perforación y voladura en cruceros Cx 5 x 4.5 – OB6 -----	45
4.3 Análisis de la sobre rotura en cruceros Cx 5 x 4.5 – OB6 -----	50
4.4 Análisis de la granulometría en cruceros Cx 5 x 4.5 m en el OB6 -----	56
4.5 Análisis del rendimiento en crucero Cx 5 x 4.5 m: equipos de acarreo-----	65
4.6 Validación de la hipótesis -----	67
CONCLUSIONES -----	72
RECOMENDACIONES -----	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	75
ANEXOS -----	76
Anexo 1 -----	77
Anexo 2 -----	79
Anexo 1 -----	80
Anexo 2 -----	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera.....	23
Tabla 3. Criterio de clasificación del macizo rocoso	26
Tabla 4. RMR del cuerpo mineralizado y de las cajas.....	26
Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura, roca volcánica	32
Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura, dique	33
Tabla 7. Sobrerotura asociada a cruceros de 5 x 4.5 m, en rocas volcánicas.....	34
Tabla 8. Sobrerotura asociada a cruceros de 5 x 4.5 m, en diques andesíticos.....	35
Tabla 9. Parámetros de perforación y voladura, en roca volcánica, escenario inicial	45
Tabla 10. Parámetros de perforación y voladura, en roca volcánica, escenario inicial	46
Tabla 11. Parámetros de perforación y voladura: roca volcánica, escenario mejorado	47
Tabla 12. Parámetros de perforación y voladura: roca volcánica, escenario mejorado	48
Tabla 13. Resumen parámetros de perforación y voladura: roca volcánica y dique de andesita	49
Tabla 14. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: roca volcánica, febrero y marzo	51
Tabla 15. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: dique de andesita, febrero y marzo.....	52
Tabla 16. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: roca volcánica, abril y mayo	53
Tabla 17. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: dique de andesita, abril y mayo.....	54
Tabla 18. Resumen de sobre rotura, Cx 5x4.5 m: roca volcánica y dique de andesita	55
Tabla 19. Resumen de granulometría, Cx 5x4.5 m: roca volcánica y dique de andesita.....	64
Tabla 20. Resumen de rendimiento; scoops (7yd3) – Volquete 8x4 (42 t).....	66
Tabla 21. Validación de la sobrerotura del desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m.....	68
Tabla 22. Validación de la granulometría en el desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m.....	69
Tabla 23. Validación del rendimiento de acarreo en el desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera	22
Figura 2. Geología del área de estudio.....	24
Figura 3. Estratigrafía de la formación. Huaranguillo	25
Figura 4. Cuerpos mineralizados en la unidad minera.....	26
Figura 5. Operaciones mina	28
Figura 6. Equipo de perforación de taladros largos, Simba M4.....	29
Figura 7. Equipo de acarreo, volquete Scania 8x4 de 42 toneladas.....	29
Figura 8. Plano de labores del cuerpo mineralizado OB6.....	31
Figura 9. Factor de avance roca volcánica.....	32
Figura 10. Factor de avance dique andesítico	33
Figura 11. Sobrerotura en cruceros 5 x 4.5, en rocas volcánicas	34
Figura 12. Sobrerotura en cruceros 5 x 4.5, en diques andesíticos	35
Figura 13. Granulometría post voladura, Cx020 Nv1850, escenario inicial, Rx volcánica.....	36
Figura 14. Granulometría posvoladura, Cx448 Nv1740, escenario inicial, dique	37
Figura 15. Granulometría post voladura, Cx620 Nv1850, escenario mejorado, Rx volcánica	37
Figura 16. Granulometría post voladura, Cx470 Nv1710, escenario mejorado, dique	38
Figura 17. Labores subterráneas en el OB6, Nv 1710 y 1850	43
Figura 18. Plano de labores de avance y preparación en el OB6.....	44
Figura 19. Resumen de factor de avance, Cx 5 x 4.5 m, OB6	49
Figura 20. Resumen de factor de potencia, Cx 5 x 4.5 m, OB6.....	50
Figura 21. Resumen de sobre rotura, Cx 5 x 4.5 m, OB6	55
Figura 22. Material post voladura, Cx020 Nv1850	56
Figura 23. Análisis granulometría, Cx020 Nv1850	57
Figura 24. Perfil granulometría Cx020 Nv1850	57
Figura 25. Material post voladura Cx448 Nv1740	58
Figura 26. Análisis granulometría, Cx448 Nv1740	59
Figura 27. Perfil granulometría Cx448 Nv1740	59
Figura 28. Material post voladura Cx470 Nv1710	60
Figura 29. Análisis granulometría, Cx470 Nv1710	61
Figura 30. Perfil granulometría Cx470 Nv1710	61
Figura 31. Material posvoladura, Cx620 Nv1850.....	62
Figura 32. Análisis granulometría, Cx620 Nv1850	63
Figura 33. Perfil granulometría Cx620 Nv1850	63
Figura 34. Resumen de granulometría en cruceros 5 x 4.5m.....	64
Figura 35. Resumen de rendimiento scoops 7 yd ³	66

Figura 36. Resumen de rendimiento de volquetes 8 x 4 de 42 t	67
Figura 37. Validación hipótesis de sobrerotura en cruceros Cx 5 x 4.5 m.....	68
Figura 38. Validación hipótesis de la granulometría en cruceros Cx 5 x 4.5 m	69
Figura 39. Validación hipótesis de la capacidad efectiva en scoops 7 yd ³	70
Figura 40. Validación hipótesis en el rendimiento de acarreo, volquetes de 42 t.....	70
Figura 41. Geología del área de estudio.....	80

RESUMEN

El desarrollo del trabajo de investigación considera el análisis de las variables de perforación y voladura y su influencia en la sobrerotura producto del avance en cruceros de 5 x 4.5 m., desarrollados en rocas volcánicas y diques de andesita, que afecta directamente el rendimiento de los equipos de acarreo. El trabajo se desarrolló en los diferentes cruceros de sección de 5 x 4.5 de los niveles 1710, 1740 y 1850, del ore body OB6, durante los escenarios base (febrero y marzo) y optimizado (abril y mayo), desarrollada en la empresa minera INMET.

La tesis aplica el método inductivo – deductivo, donde el objetivo es el control de la sobrerotura y la mejora del rendimiento de equipos de acarreo. Se analiza los parámetros de perforación y voladura como longitudes de perforación, número de taladros, factor de potencia, kilogramos de explosivos, etc. y así relacionar el volumen programado y real para determinar la sobrerotura generada y de esta manera estipular la granulometría producida y relacionar con la capacidad efectiva de los equipos de limpieza (scoops 7 yd³) y su relación con el tonelaje acarreado (volquetes 42 t) para definir su rendimiento asociado.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m., consideran sobreroturas del 17.5 % en el escenario inicial y de 13.55 en el escenario mejorado, la disminución de la sobrerotura en 4 % se vio reflejada con un incremento de metros perforados en 0.03 metros, mayor cantidad de taladros en 3 y mayor cantidad de explosivos en 9.84 kg. La granulometría varía en el rango de 65.01 a 53.42 cm en el escenario inicial con un factor de llenado del 71 % y de 19.80 a 17.22 cm en el escenario mejorado con un factor de llenado del 81 %. La capacidad efectiva realizada en scoops de 7 yd³ fueron de 7.89 t/cuchara en el escenario inicial y de 9.0 t/cuchara en el escenario mejorado. La mejora de la capacidad efectiva en 1.11 t/cuchara en equipos de carguío (scoops 7 yd³), considera la mejora del rendimiento de equipos de acarreo de 31.57 t/viaje a 36.01 t/viaje en los escenarios evaluados.

Palabras clave: perforación y voladura, sobre rotura, granulometría, capacidad efectiva, rendimiento, toneladas acarreadas, etc.

ABSTRACT

The development of the research work considers the analysis of the drilling and blasting variables and their influence on the overbreaking due to the advance in 5 x 4.5 m. cruises, developed in volcanic rocks and andesite dikes, which directly affects the performance of the haulage equipment. The work was developed in the different 5 x 4.5 section cruises of levels 1710, 1740 and 1850, of the ore body OB6, during the base scenarios (February and March) and optimized (April and May), developed at the mining company INMET.

The thesis applies the inductive-deductive method, where the objective is the control of the overbreaking and the improvement of the performance of haulage equipment. Where the drilling and blasting parameters such as drilling lengths, number of drills, power factor, kilograms of explosives, etc. are analyzed. and thus relate the programmed and actual volume to determine the generated overbreake, to then determine the generated granulometry and relate it to the effective capacity of the cleaning equipment (7 yd³ scoops) and its relation to the transported tonnage (42 ton dump trucks), to define its associated performance.

The results obtained in the development of 5 x 4.5 m. cruises, consider overbreake of 17.5% in the initial scenario and 13.55 in the improved scenario, the decrease in overbreake by 4% was reflected with an increase in meters drilled by 0.03 meters, a greater number of drills by 3 and a greater amount of explosives by 9.84 kg. The granulometry varies in the range of 65.01 to 53.42 cm in the initial scenario with a filling factor of 71% and from 19.80 to 17.22 cm in the improved scenario with a filling factor of 81%. The realized effective capacity in 7 yd³ scoops was 7.89 ton/bucket in the initial scenario and 9.0 ton/bucket in the improved scenario. The improvement in effective capacity of 1.11 ton/bucket in loading equipment (7 yd³ scoops) considers the improvement in the performance of hauling equipment from 31.57 ton/trip to 36.01 ton/trip in the evaluated scenarios.

Keywords: drilling and blasting, overbreaking, particle size distribution, effective capacity, throughput, tons hauled, etc.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de una operación minera es dependiente del cumplimiento de los planes de minado, considerando el cumplimiento del tonelaje programado con la calidad asociada, producto del control de leyes, minimizando la sobrerotura en diferentes frentes de avance y producción. El mayor volumen de material producido producto de la sobrerotura influye directamente en el rendimiento operacional de la unidad minera, por lo que su control es importante. El mayor volumen de estéril generado por la sobrerotura en labores de avance como cruceros, involucra la disminución del rendimiento de equipos de acarreo producto del incremento de la granulometría afectando la capacidad efectiva de los equipos de limpieza como son los scoops y disminuyendo el tonelaje acarreado.

El desarrollo del presente estudio involucra el análisis de los parámetros de perforación y voladura como longitudes de perforación, número de taladros, factor de potencia, kilogramos de explosivos, etc. y la influencia en el volumen programado y real para determinar la sobrerotura asociada, relacionándola con la granulometría posvoladura en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 realizados en rocas volcánicas y diques de andesita. Asimismo, determinar la influencia de la granulometría con la capacidad efectiva de los equipos de carguío o limpieza scoops de 7 yd³ y su relación con el tonelaje acarreado en volquetes de 42 toneladas de capacidad para definir su rendimiento asociado.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos. El capítulo I describe el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos. En el capítulo II se plantea el marco teórico y generalidades del área de estudio. En el capítulo III se detalla la metodología de investigación, así como la población y muestra del estudio. En el capítulo IV se presentan los resultados asociados a la sobrerotura planteada y su influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo, validando las hipótesis planteadas en el presente estudio.

Los autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas en operaciones mineras es el control de la sobrerotura, producto de la voladura en diferentes frentes de operación. Esta involucra efectos colaterales como el incremento de material y su influencia en el rendimiento de los equipos, con el aumento de costos de carguío y acarreo.

Es importante mencionar que la sobrerotura afecta también al valor de mineral en labores de producción, considerando el incremento de la dilución. Durante los últimos años de operación en la unidad minera, se considera el uso del método de minado con taladros largos, generando el incremento del tonelaje y un mayor uso de los equipos de carguío y acarreo.

Este mayor tonelaje de material, incrementa los costos unitarios en los procesos de carguío y acarreo. Por tal motivo, el desarrollo del presente trabajo de investigación, realizará el análisis de las variables de perforación y voladura en labores de avance para determinar el control de la sobrerotura y su influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo.

Los parámetros que influyen directamente en la perforación y voladura serán relacionados a los escenarios programados y ejecutados, considerando la relación de la longitud de perforación con el avance efectivo, los metros perforados y los kilogramos de explosivos, los cuales serán relacionados al resultado de la voladura, siendo la granulometría el parámetro principal de incidencia en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

Los resultados a obtener, ayudarán a entender el comportamiento y la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, considerando el análisis de la granulometría posvoladura y su efecto en los diferentes frentes de avance en la unidad minera.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el análisis de las variables de perforación y voladura para el control de la sobre rotura y rendimiento en equipos de acarreo, 2024?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo relacionar los metros perforados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m con el volumen de material generado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024?.
- b) ¿Cómo influye la granulometría posvoladura en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m con el volumen de material generado y el factor de llenado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024?.
- c) ¿Cómo influye el factor de llenado con la capacidad efectiva de scoops de 7 yd³ en el incremento del tonelaje acarreado para el control de la sobrerotura y el rendimiento de equipos de acarreo, 2024?.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del análisis de las variables de perforación y voladura para el control de la sobrerotura y rendimiento en equipos de acarreo, 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación de los metros perforados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m con el volumen de material generado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.
- b) Determinar la influencia de la granulometría posvoladura en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m con el volumen de material generado y el factor de llenado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.

- c) Determinar la influencia del factor de llenado con la capacidad efectiva de scoops de 7 yd³ en el incremento del tonelaje acarreado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.

1.3. Justificación e importancia

Los resultados generados por la perforación y voladura, influye directamente en la sobrerotura, esto a su vez, incrementa el volumen acarreado afectando en un mayor tonelaje acarreado incidiendo en la productividad y costos operacionales asociados.

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados del presente estudio evaluarán los resultados obtenidos en la perforación y voladura en labores de avance, considerando la mejora de la productividad en los equipos de acarreo por efecto de controlar la sobrerotura. Esta mejora ayudará al incremento de la productividad de los equipos de acarreo reduciendo los costos de acarreo y obteniendo mayor rentabilidad operacional, el cual ayudará a generar mayores inversiones en proyectos sociales a favor de las comunidades.

1.3.2. Justificación académica

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación consideran la aplicación de diferentes modelos numéricos asociados a la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, mejorando su capacidad efectiva producto del control de la fragmentación posterior a la voladura. Así mismo, estos resultados ayudarán a los investigadores y estudiantes a utilizar como herramienta comparativa en estudios similares.

1.3.3. Justificación económica

La presente investigación pretende optimizar la productividad controlando la sobrerotura y mejorando el rendimiento de los equipos de acarreo en la unidad minera. Esto se logrará analizando parámetros operacionales de perforación y voladura y determinando su influencia en la mejora del rendimiento unitario en los procesos de carguío y acarreo. Esta mejora ayudará al control de los costos operacionales y su mejora permitirá generar programas de optimización, incrementando la rentabilidad económica de la unidad minera

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar el análisis de las variables de perforación y voladura, se influye en el control de la sobre rotura y rendimiento en equipos de acarreo, 2024.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar los metros perforados con el volumen de material generado en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m, se influye en el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.
- b) Al relacionar la granulometría con el volumen de material generado en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5m., y el factor de llenado, se influye en el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.
- c) Al relacionar el factor de llenado con la capacidad efectiva de los scoops de 7 yd³, se determina el incremento de tonelaje acarreado para el control de la sobrerotura y rendimiento de equipos de acarreo, 2024.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Control de la sobrerotura y mejora en el rendimiento de los equipos de acarreo.

1.5.2. Variable dependiente

Análisis de las variables de perforación y voladura en labores de avance.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI:				
Control de la sobre rotura y mejora en el rendimiento de los equipos de acarreo.	La sobre rotura es un parámetro operacional que influye directamente en el rendimiento de los equipos de acarreo y los costos operacionales.	• Área Geología • Área Geomecánica • Área Operación	Dominio geológico Dominio Geomecánico	Modelo yacimiento, leyes, alteración, etc. Propiedades macizo rocoso, dureza, etc. Plan de minado, equipos, etc.
			Parámetros operacionales	
VD:				
Análisis de las variables de perforación y voladura en labores de avance.	Los resultados de la voladura en labores de avance y los que están asociados a la sobre rotura influirá en el rendimiento de los equipos de acarreo.	• Área de perforación y voladura • Área unitaria de acarreo	Variables de perforación y voladura Variables operacionales de acarreo	Longitud perforación,, factor carga, factor potencia, etc. Tonelaje, granulometría, capacidad efectiva, número pases, etc.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Reducción de la sobre excavación mediante explosivo SUBTEK en Mina Esmeralda, El Teniente – Codelco Chile*». El objetivo fue reducir la sobreexcavación en labores horizontales (desarrollos) para reducir costos y mejorar el avance efectivo para el cumplimiento de los planes de producción. El estudio propone un estudio comparativo entre los explosivos tipo ANFO con el SUBTEKCHARGE, con la finalidad de medir y disminuir la sobreexcavación en la unidad minera. La aplicación del nuevo explosivo de la empresa ORICA utilizando el modelo MBM (Mechanistic Blasting Model), ayuda a entender la aplicación del explosivo propuesto. Los estudios iniciales consideran una sobreexcavación promedio del 30 %, cuya variabilidad e incremento fue por la variabilidad geológica, uso adecuado del explosivo, accesorios de voladura, etc. El estudio ayudó al control y disminución de la sobrerotura en una labor de 3.6 x 3.6 m., con la aplicación del nuevo explosivo MBM en 20 %, incrementando el avance lineal, con un total de 1518 m/lin y un ahorro por metro lineal de 79.6 US \$/m (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stoping*». El objetivo es medir la sobre excavación en base a un modelamiento numérico aplicado en FLAC 3D. El trabajo se dividió en dos etapas, siendo la primera el análisis e interpretación de casos históricos y la segunda en el modelamiento mediante FLAC 3D. para el desarrollo de la primera etapa considera el análisis de 582 casos de minas en Canadá y Australia que aplican el método de minado sublevel sopng, generando un modelo empírico para el cálculo de la sobre excavación. En la segunda etapa, se genera el modelamiento numérico de la base de datos obtenida. Los

modelos empíricos consideran un mal desempeño producto direccionando a la calidad del macizo rocoso (resistencia a la tracción) el cual subestima la sobre excavación generada. El modelo numérico permitió modelar 408 casos cuya data permitió un nuevo criterio, incidiendo en el radio hidráulico y la calidad del macizo rocoso como el Q Barton. La aplicación de los modelos empíricos como los modelos numéricos sirvieron de apoyo, mejorando los resultados en el presente estudio aplicados en el diseño de los tajos de mayor magnitud (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Perforación y voladura y su influencia en sobrerotura en labores subterráneas – Yauliyacu – Empresa Minera los Quenuales S.A.*». El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de los parámetros de perforación y voladura en la sobrerotura en labores subterráneas en la mina Yauliyacu. Se analizó diferentes tajeos que aplican el método de minado *sublevel stopping* con taladros largos aplicado a vetas angostas y cuerpos. Para la evaluación se consideró el Tj 309 en veta angosta con un ancho de minado programado de 1.1 m y el ejecutado de 1.5 m, generando una sobrerotura del 40 %, considerado como el escenario base. Aplicando un nuevo diseño de malla (vetas), considerando la sobrerotura mediante ELOS, el ancho de minado programado fue de 0.20 m y el ejecutado fue de 0.30 m con una sobrerotura de 15 % y para el minado en cuerpos con un nuevo diseño de malla consideró un ancho de minado programado de 1.1 m y el ejecutado fue de 1.3 m con una sobrerotura de 16 %, cumpliendo con el programa establecido por la compañía (3).
- ✓ Tesis titulada: «*Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa*». En la investigación se aplica modelos numéricos aplicados a la estabilidad del macizo rocoso en operaciones mineras. Para el análisis del presente estudio, se aplicó a 100 casos en galerías, mediante el uso de elementos finitos en 2D con el software Phase 2. Los parámetros aplicados en el análisis de elementos finitos fueron profundidad de labor de 250.0 a 750.0 m., el esfuerzo horizontal y vertical (k) entre 1.50 a 2.0, calidad de la roca de mala a regular y resistencia a la compresión uniaxial de 50.0 a 150.0 MPa. Los resultados consideran el uso de información histórica del área de geomecánica, así como del área de mina con sus KPIs operacionales, ventilación y el área de planeamiento mina, para la generación de un modelo numérico adecuado en la estabilidad del macizo rocoso en operaciones mineras (4).
- ✓ Tesis titulada: «*Sobre excavación y evaluación geomecanica del método de explotación Bench and fill en la mina Islay Unidad Minera Chungar – Pasco*». El objetivo de la

investigación fue la evaluación geomecánica de los tajos mediante el método de minado *bench and fill* con taladros largos y el daño que se genera en la masa circundante producto de la voladura realizada. Se aplica la metodología para la predicción de sobreexcavación (ELOS), así como la aplicación de los softwares PHASE2 y FLAC3D. Se concluye que existe relación entre la sobre excavación no controlada y la relación de aspecto (H/L) de la pared colgante (Hangingwall) en aberturas generadas con el método de explotación Bench and Fill (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera

2.2.1 Ubicación de la mina

La unidad minera pertenece al distrito de Chavín, provincia de Chincha y región de Ica. Emplazado en la cordillera de la costa, asociado al batolito de la costa, a una altura promedio de 1400 a 2100 m s. n. m. y una distancia de 185 km de Lima y coordenadas UTM de: 8' 554,500 N y 993,100 E.



Figura 1. Ubicación de la unidad minera
Tomada del Departamento de Geología

2.2.2 Accesibilidad a la mina

Para acceder a la unidad minera es desde la ciudad de Lima al paraje Jahuay con una distancia de 182 km por una vía asfaltada (Panamericana sur) y desde allí un desvío a la unidad minera con 61 km en una vía afirmada.

Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (h)	ESTADO VÍA
Lima – Jahuay	182	1.35	Asfaltada
Jahay – Unidad Minera	61	0.28	Afirmada

Tomada del Departamento de Geología

2.3 Geología regional

Regionalmente, el yacimiento está asociado a la formación Huaranguillo (rocas volcánicas y sedimentarias) y rocas ígneas del batolito de la costa. La unidad minera está emplazada en la cordillera occidental, el cual está asociado a zonas de fallamiento regional de rumbo NE, NW y NS.

2.3.1 Geología local

Localmente, las estructuras minerales principales (ore body) están asociadas a ambientes volcánicos de composición félsica de la formación Huaranguillo. Las rocas volcánicas están asociadas a riolitas y dacitas en las cajas techo y piso. En algunos sectores de la mina, se observan unidades piroclásticas relacionados a tufos de cenizas volcánicas y lapilli con intercalación de flujos riolíticos.

El modelo del yacimiento asociado a la unidad minera es del tipo sulfuro masivo volcanogénico (VMS) de minerales de Zn y cantidades menores de Cu y Pb. Una de las características principales en el yacimiento la presencia de exhalitas (agua marina fría con lavas calientes) asociada al techo o piso de la estructura mineralizada, formando flujos de lavas de andesita tipo almohadilla.

Uno de los aspectos importantes de la geología asociada al yacimiento, es la presencia de rocas ígneas asociadas al batolito de la costa compuesta principalmente por granodiorita, los cuales disturbaron el ambiente volcánico formando techos colgantes (roof pendant). La formación final de la fase intrusiva está asociado a diques andesíticos, cortando las rocas volcano sedimentarias de la Fm. Huaranguillo y la fase intrusiva del batolito de la costa.

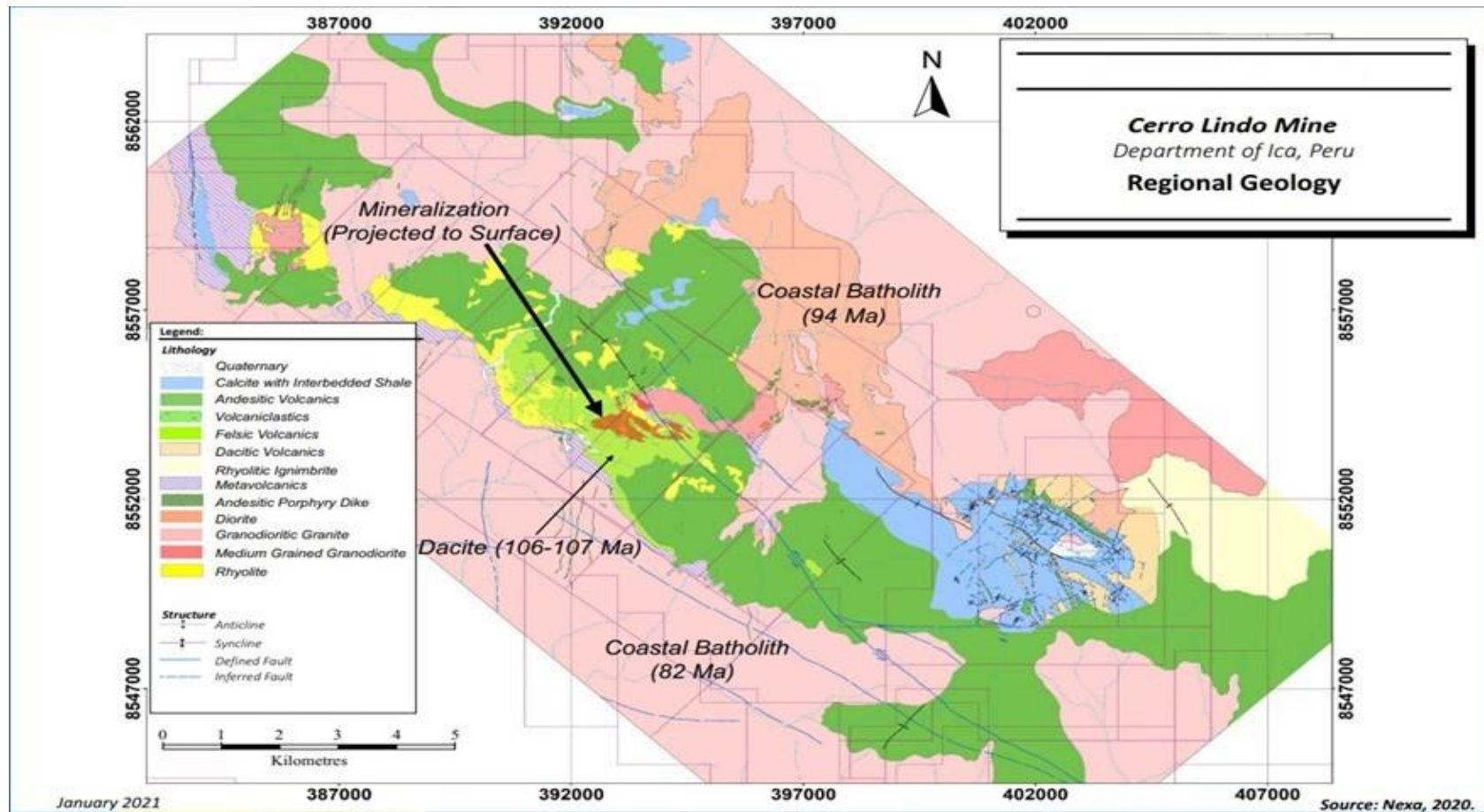


Figura 2. Geología del área de estudio
Tomada del Departamento de Geología

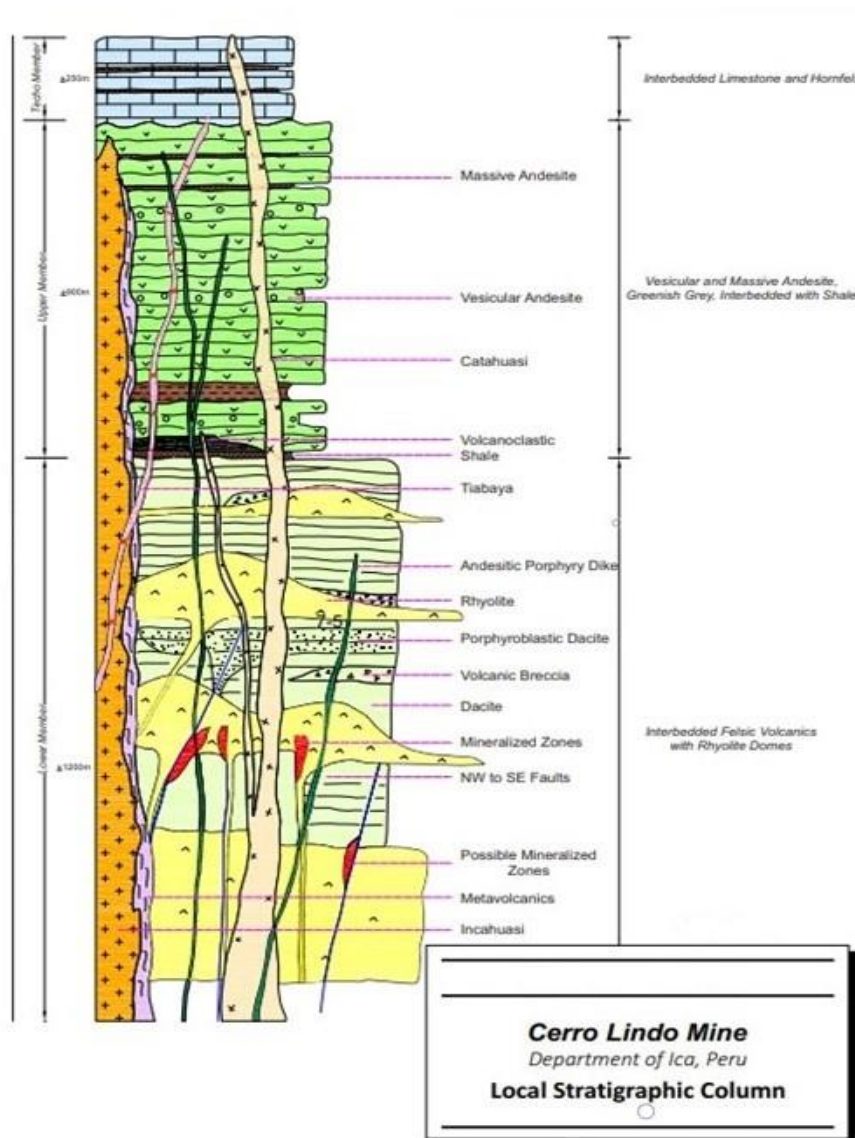


Figura 3. Estratigrafía de la formación. Huaranguillo
Tomada del Departamento de Geología

La columna estratigráfica en el área de estudio, asociado a la formación Huaranguillo desde niveles superiores hacia profundidad son:

- ✓ Calizas con intercalación de hornfels.
- ✓ Andesitas masivas con intercalación con andesitas vesiculares.
- ✓ Riолitas con intercalación de dacitas
- ✓ Intrusivos del batolito de la costa de diferente composición, predominando la granodiorita y finalmente fases finales como diques andesíticos.

El modelo de yacimiento asociado a la unidad minera es del tipo sulfuro masivo volcanogénico (VMS) de Zn (Cu, Pb) relacionado al emplazamiento de cuerpos mineralizados de diferentes concentraciones y tamaño, los cuales presentan diversas alteraciones como silicificación, seritización y cloritización.

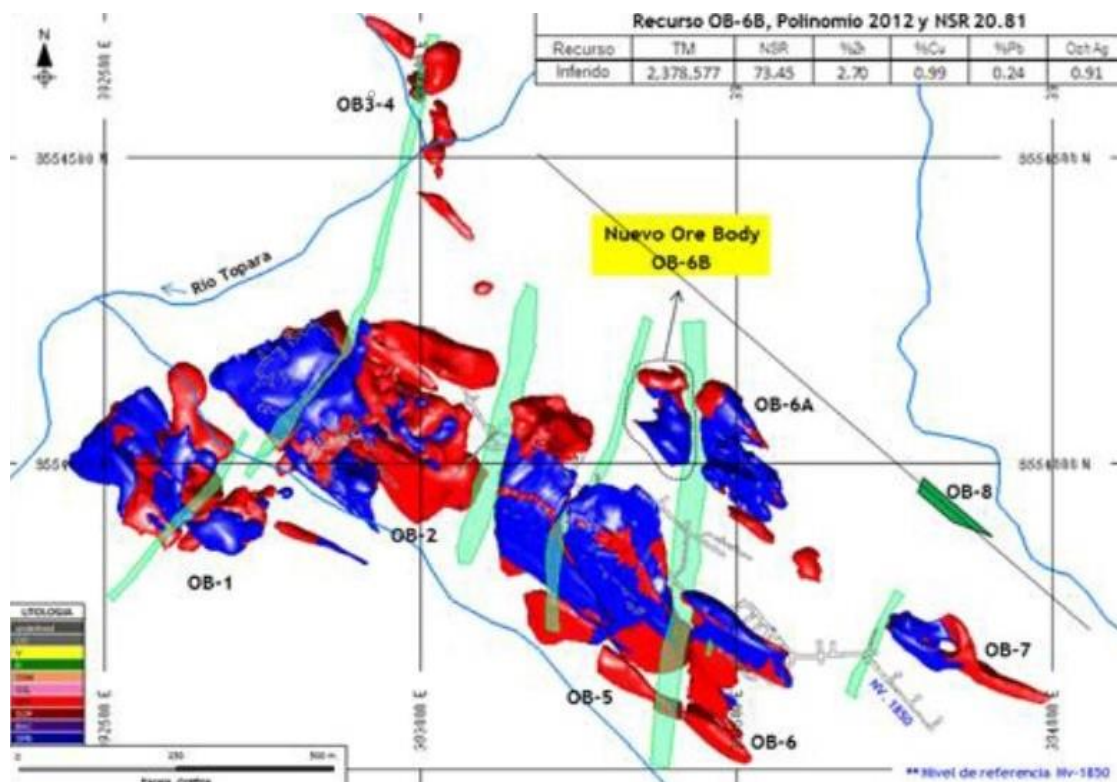


Figura 4. Cuerpos mineralizados en la unidad minera
Tomada del Departamento de Geología

2.3.2 Parámetros geomecánicos

Los parámetros geomecánicos asociados a los diferentes dominios presentes en el cuerpo mineralizado OB6 y sus cajas asociadas se presentan a continuación.

Tabla 3. Criterio de clasificación del macizo rocoso

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 21	<0.08	Muy Mala

Tomada del Departamento de Geomecánica

Tabla 4. RMR del cuerpo mineralizado y de las cajas

Dominio Litológico	RMR76 en el Cuerpo OB6		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Sulfuro Primario SPP/SPB	15	61	50
Volcánico zona de contacto con el cuerpo mineral	17	55	46
Volcánico	35	70	54
Dique	17	69	55

Tomada del Departamento de Geomecánica

El RMR del ore body OB6 considera un valor alto de 61 y el valor mínimo de 15, considerando un valor medio de 50. El RMR del volcánico con el cuerpo mineralizado tienen un valor alto de 55 y el valor mínimo de 17 con un valor medio de 46. El RMR de la roca volcánica tiene un valor alto 70 y un valor menor de 35 con un valor medio de 54. El RMR de las fases tardías (diques) tiene un valor alto de 69 y un valor mínimo de 17 con un valor medio de 55.

2.3.3 Método de minado

El método de minado seleccionado de acuerdo a las variables geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas es el de *sublevel stoping* con relleno en pasta por las condiciones de mayores áreas de minado producto de los cuerpos mineralizados explotados (ore body). Las dimensiones de las áreas de producción consideran desarrollar y preparar tajos primarios, secundarios y terciarios, con dimensiones de 20 x 35 m y alturas de tajos de 30 m. El relleno aplicado es en pasta, el cual considera un tiempo de fraguado de 28 días, alcanzando una resistencia mínima de 0.64 Mpa.

Los equipos a utilizar consideran para perforación en labores de desarrollo jumbos frontoneros de 2 brazos y 16 pies, Epiroc modelo RB282, la limpieza se realiza con scoops de 7.0, 9.0 y 11.0 yd³ de marca Cat y el acarreo de material con volquetes.

El proceso de perforación se realiza con jumbos y simbás, así como el desate y limpieza se utiliza los scaler BTI y Normet, los equipos de carguío y acarreo considera los scoops de 7, 9 y 11 yd³, así como el acarreo considera volquetes Scania 8x4 de 42 toneladas de carga útil.

OPERACIONES MINA



**CHANCADO PRIMARIO
UNDERGROUND**



TRANSPORTE SUPERFICIE



CHANCADORA MOVIL



**CARGUIO
UNDERGROUND**



CHANCADO SECUNDARIO

*Figura 5. Operaciones mina
Tomada del Departamento de Planeamiento*

La perforación con taladros largos positivos y negativos de 30 m utiliza equipos de perforación Simba M4, con tipos de perforación mixto y radial, diámetro de broca 76 a 89 mm, rendimiento de 250 m/día y 18 t/m.

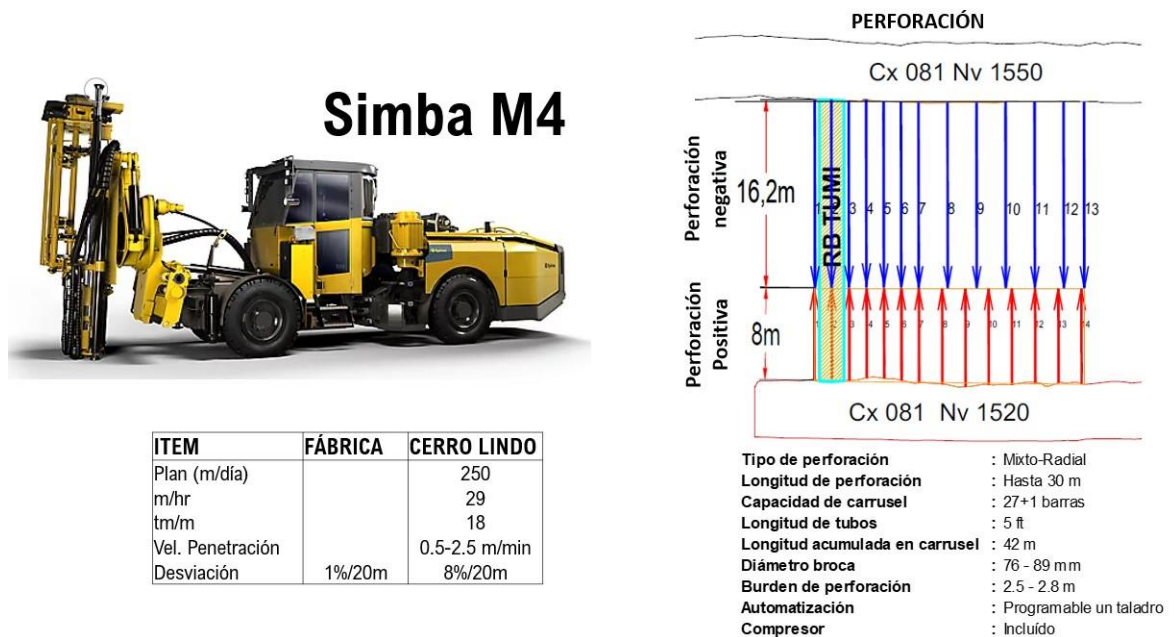


Figura 6. Equipo de perforación de taladros largos, Simba M4
Tomada del Departamento de Planeamiento



Figura 7. Equipo de acarreo, volquete Scania 8x4 de 42 toneladas
Tomada del Departamento de Planeamiento

2.4 Bases teóricas

El desarrollo del trabajo de investigación considera el análisis de las variables de perforación y voladura y su influencia en la sobrerotura, afectando directamente el rendimiento de los equipos de acarreo. Los parámetros de perforación y voladura analizadas son longitud de

perforación, avance efectivo, volumen de material, total de kg de explosivos, factor de potencia, factor de avance y sobre rotura, en los escenarios programados y ejecutados.

El trabajo se desarrolló en los diferentes cruceros de sección de 5 x 4.5 de los niveles 1710, 1740 y 1850, del ore body OB6, durante los escenarios base y optimizado.

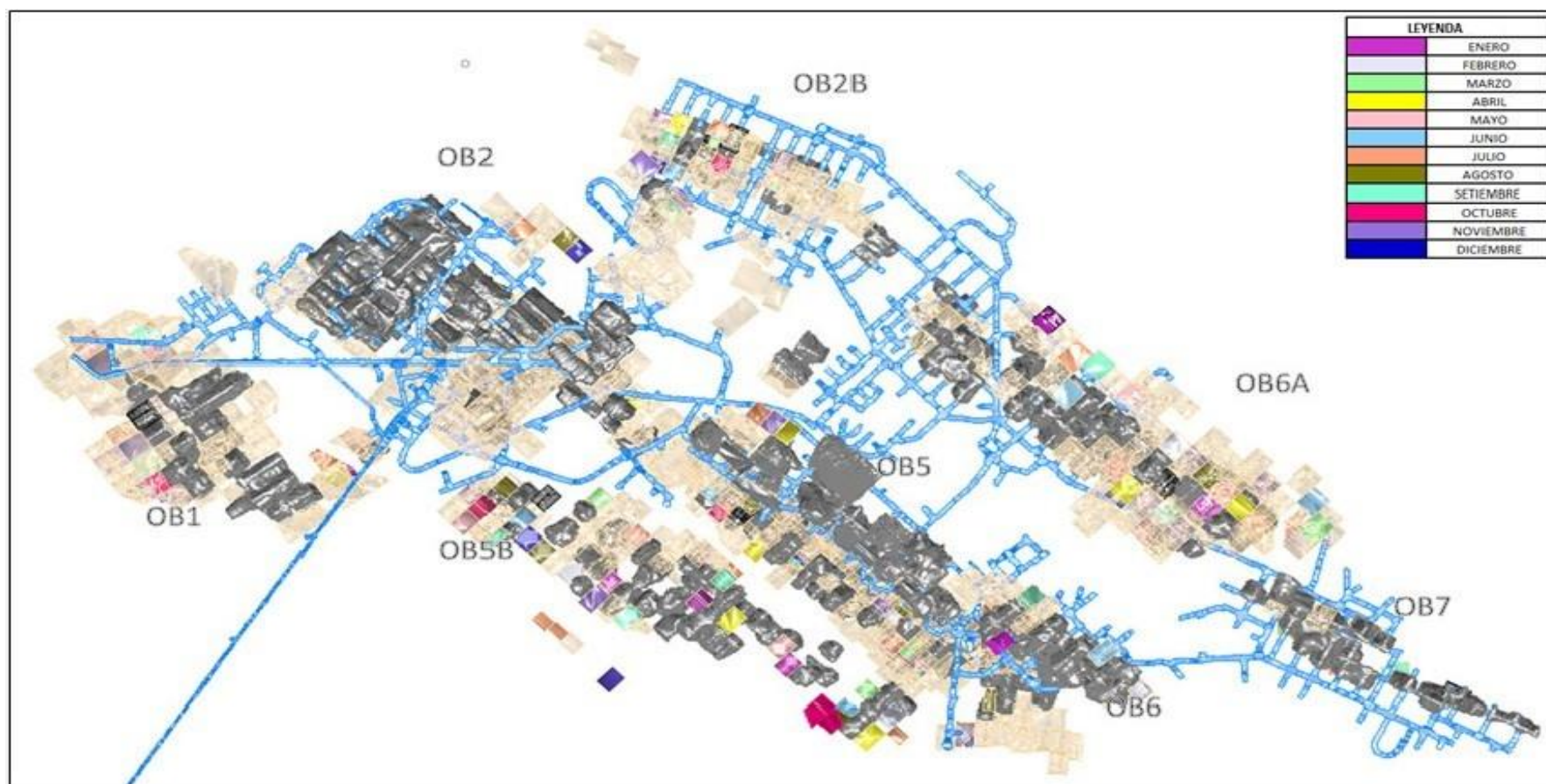
Asimismo, se analizará la influencia que genera la sobrerotura en el rendimiento de los equipos de acarreo, relacionando el efecto de la granulometría posterior a la voladura y su influencia en la capacidad efectiva.

2.4.1 Parámetros de perforación y voladura en labores de avance

El estudio se desarrolló en labores de avance tipo cruceros de sección 5 x 4.5 en los niveles Nv 1710, 1740 y 1850 en la preparación del método de minado *sublevel stoping* del cuerpo mineralizado OB6, considerando 2 tipos de ambientes litológicos: rocas volcánicas (riolitas y dacitas: RMR 54) y diques (andesitas: RMR 55), con tipo de roca IIIA y calidad Regular A. Los cruceros consideran un total de 50 taladros perforados: 46 cargados y 4 rimados, con longitudes de perforación de 14 pies, con un área planeada de 20.93 m², considerando el anfo como principal explosivo en este tipo de labores y variando el factor de potencia de acuerdo a los metros perforados.

a) Roca volcánica

Los parámetros de perforación y voladura para el periodo 2023 en la roca volcánica consideran valores promedio de longitudes de perforación de 4.15 m, con un avance lineal de 4.07 m, número de taladros cargados de 37.39, total de explosivo de 166.42 kg, factor de potencia de 0.67 kg/ton, factor de carga de 2.02 kg/m³ y factor de avance de 48.29 kg/m.



*Figura 8. Plano de labores del cuerpo mineralizado OB6
Tomada del Departamento de Planeamiento*

Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura, roca volcánica

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - ROCA VOLCÁNICA (2023)								
CX 5 x 4.5 - Nv 1710, 1740 y 1850								
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
Enero	4.23	40.33	3.56	4.06	182.80	0.68	2.05	50.25
Febrero	3.96	30.17	3.33	3.94	137.64	0.72	2.17	52.81
Marzo	4.11	37.61	3.21	4.18	167.80	0.67	2.01	45.24
Abril	4.41	43.56	3.38	4.08	183.08	0.66	1.98	49.02
Mayo	3.83	35.36	3.13	4.01	151.18	0.67	2.07	51.01
Junio	4.15	46.00	3.50	3.75	196.55	0.62	2.12	52.35
Julio	3.97	21.00	3.00	3.40	84.54	0.40	1.21	38.08
Agosto	4.27	41.00	3.50	4.44	181.78	0.65	1.94	46.75
Setiembre	4.32	40.67	3.00	3.73	191.67	0.70	2.11	51.76
Octubre	4.10	41.00	3.00	4.05	187.50	0.45	1.86	46.38
Diciembre	4.42	34.67	4.00	4.27	150.00	0.64	1.91	34.30
Promedio	4.15	37.39	3.39	4.07	166.42	0.67	2.02	48.29

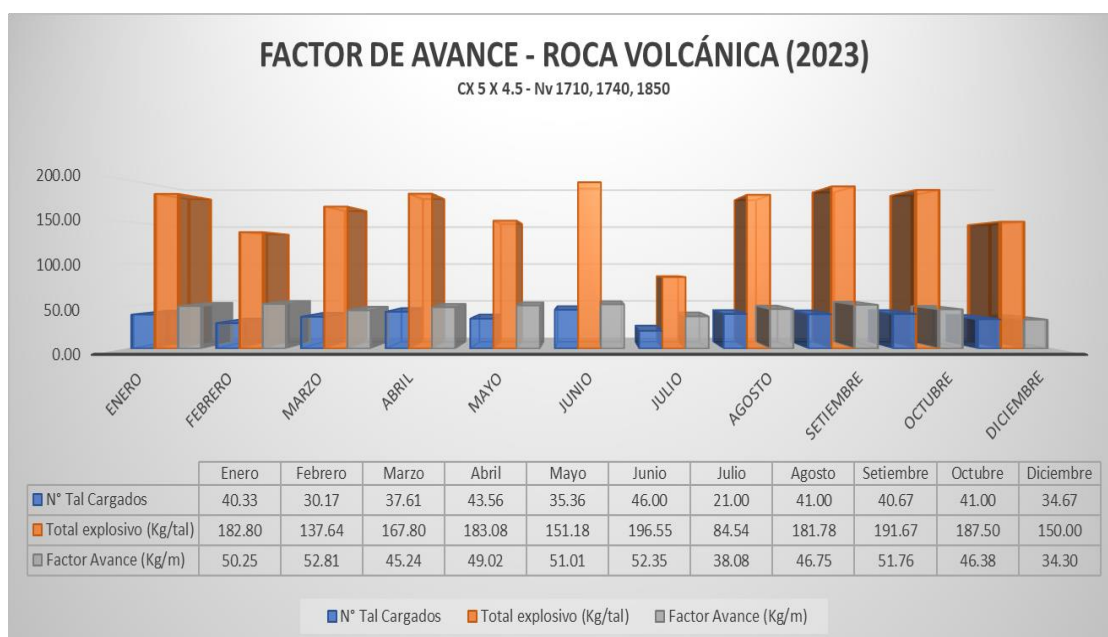


Figura 9. Factor de avance roca volcánica

b) Dique andesítico

Los parámetros de perforación y voladura para el periodo 2023 en el dique andesítico consideran valores promedio de longitudes de perforación de 4.06 m, con un avance lineal de 3.97 m, número de taladros cargados de 37.23, total de explosivo de 161.72 kg, factor de potencia de 0.67 kg/ton, factor de carga de 2.01 kg/m³ y factor de avance de 46.97 kg/m.

Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura, dique

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - DIQUE (2023)								
CX 5 x 4.5 - Nv 1710, 1740 y 1850								
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
Enero	4.09	36.46	3.59	4.00	155.39	0.68	2.03	47.09
Febrero	4.06	36.82	3.48	4.10	165.30	0.67	2.02	48.98
Marzo	4.17	38.05	3.31	4.10	162.99	0.66	2.00	46.91
Abril	4.11	38.66	3.56	4.04	167.20	0.66	2.01	48.75
Mayo	4.21	42.34	3.53	4.00	184.76	0.65	2.01	49.63
Junio	4.16	36.34	3.08	3.86	152.67	0.66	1.98	47.30
Julio	3.94	39.05	3.20	3.85	163.14	0.66	1.98	48.80
Agosto	4.22	39.56	3.16	3.93	174.34	0.67	2.02	48.72
Setiembre	4.00	37.31	3.19	4.06	166.05	0.66	2.00	49.45
Octubre	4.09	38.03	3.35	3.98	167.31	0.68	2.03	46.58
Noviembre	4.08	31.46	3.44	4.00	140.47	0.67	2.02	40.85
Diciembre	3.81	34.00	3.22	3.92	145.83	0.67	2.00	42.94
Promedio	4.06	37.23	3.34	3.97	161.72	0.67	2.01	46.97

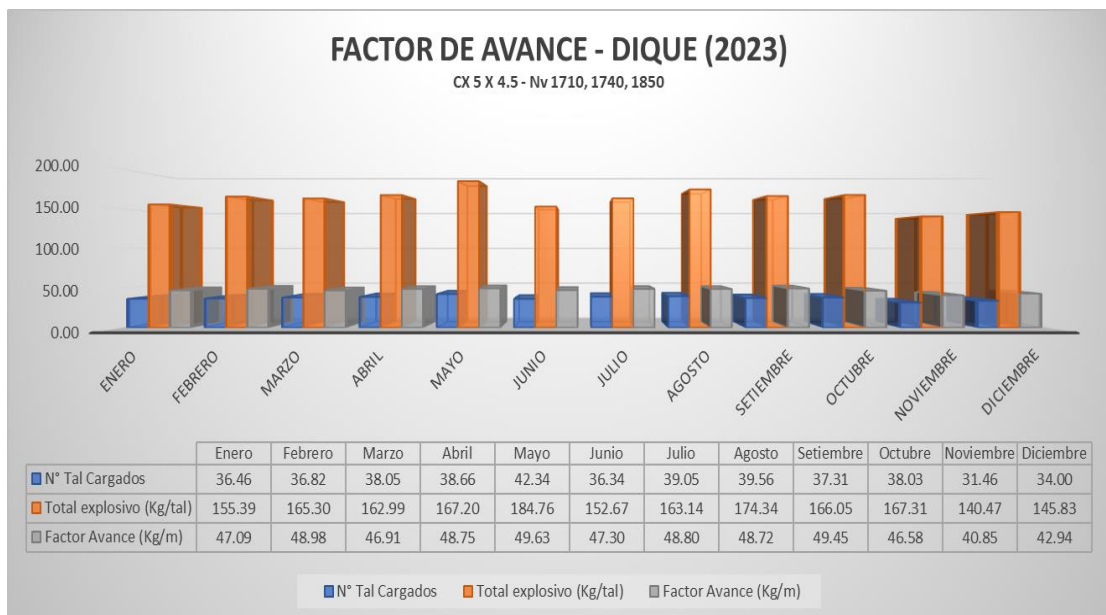


Figura 10. Factor de avance dique andesítico

2.4.2 Sobre rotura en rocas en cruceros de 5 x 4.5

De acuerdo a los parámetros de perforación y voladura considerados en el periodo 2023 y realizados en los cruceros de 5 x 4.5 m, se determinó la sobrerotura asociada en los mismos tipos de roca: roca volcánica (riolita y dacita) y diques (andesita), total de explosivo, volumen programado y ejecutado y la sobre rotura asociado.

a) Roca volcánica

La sobrerotura promedio asociada durante el periodo 2023 en el crucero de 5 x 4.5 m, en diferentes niveles del OB6, desarrollados en las rocas volcánicas fueron del 17%, considerando un volumen planeado promedio de 59.66 m³ y el volumen real promedio de 69.80 m³ y un total de 166.42 kg de explosivo promedio.

Tabla 7. Sobrerotura asociada a cruceros de 5 x 4.5 m, en rocas volcánicas

SOBRE ROTURA - ROCA VOLCÁNICA (2023)							
CX 5 x 4.5 - Nv 1710, 1740 y 1850							
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
Enero	4.23	43.18	67.90	80.65	241.95	18.77	182.80
Febrero	3.96	31.83	41.27	48.20	144.59	16.79	137.64
Marzo	4.11	39.79	57.02	63.98	191.95	12.21	167.80
Abril	4.41	46.56	75.80	89.74	269.22	18.40	183.08
Mayo	3.83	37.64	61.06	71.74	225.11	17.49	151.18
Junio	4.15	49.50	78.47	92.69	332.26	18.13	196.55
Julio	3.97	21.60	30.55	36.11	108.32	18.19	84.54
Agosto	4.27	43.63	55.97	66.19	198.56	18.25	181.78
Setiembre	4.32	42.67	58.59	67.64	202.92	15.44	191.67
Octubre	4.10	42.50	84.75	100.72	418.01	18.85	187.50
Diciembre	4.42	37.33	61.38	74.30	222.91	21.05	150.00
Promedio	4.15	39.75	59.66	69.80	212.89	17.00	166.42

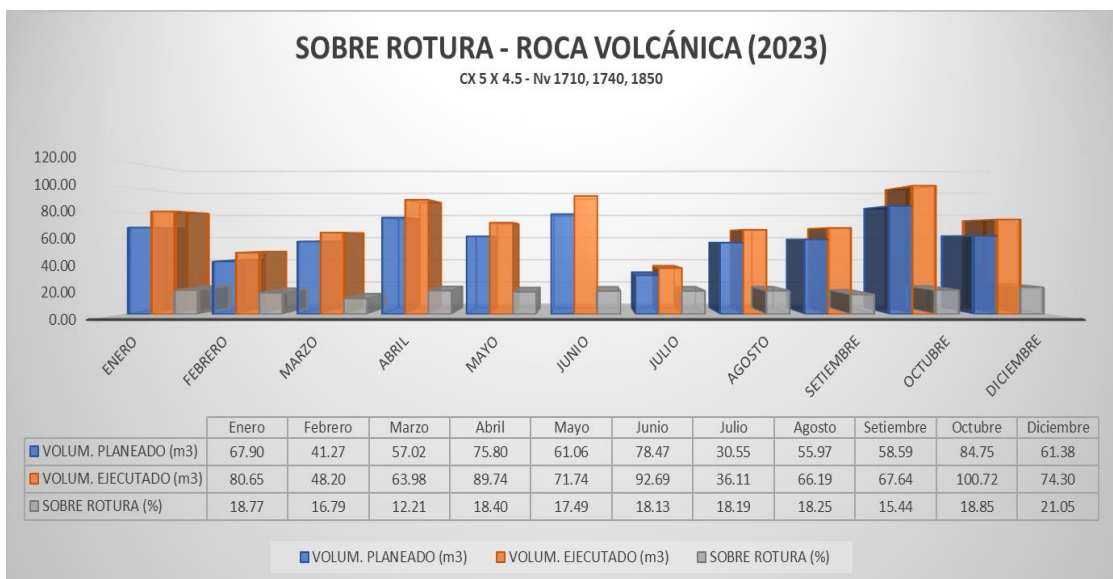


Figura 11. Sobrerotura en cruceros 5 x 4.5, en rocas volcánicas

b) Dique andesítico

La sobrerotura promedio asociada durante el periodo 2023 en el crucero de 5 x 4.5 m, en diferentes niveles del OB6, desarrollados en diques andesíticos fueron del 17.96 %, considerando un volumen planeado promedio de 58.29 m³ y el volumen real promedio de 68.76 m³ y un total de 161.72 kg de explosivo promedio.

Tabla 8. Sobrerotura asociada a cruceros de 5 x 4.5 m, en diques andesíticos

SOBRE ROTURA - DIQUE (2023)							
CX 5 x 4.5 - Nv 1710, 1740 y 1850							
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
Enero	4.09	38.35	52.82	61.11	183.34	15.69	155.39
Febrero	4.06	39.06	51.95	63.67	192.31	22.56	165.30
Marzo	4.17	40.36	60.38	68.94	209.08	14.16	162.99
Abril	4.11	41.26	63.12	75.33	232.93	19.35	167.20
Mayo	4.21	45.46	74.49	87.75	273.49	17.81	184.76
Junio	4.16	37.36	52.16	62.30	186.91	19.44	152.67
Julio	3.94	41.14	63.01	74.37	223.12	18.03	163.14
Agosto	4.22	41.88	62.62	73.93	223.83	18.05	174.34
Setiembre	4.00	39.39	60.66	71.42	217.33	17.73	166.05
Octubre	4.09	40.38	61.59	71.78	215.35	16.55	167.31
Noviembre	4.08	33.35	46.91	55.33	167.09	17.96	140.47
Diciembre	3.81	35.95	50.95	60.12	179.25	17.99	145.83
Promedio	4.06	39.38	58.29	68.76	208.28	17.96	161.72

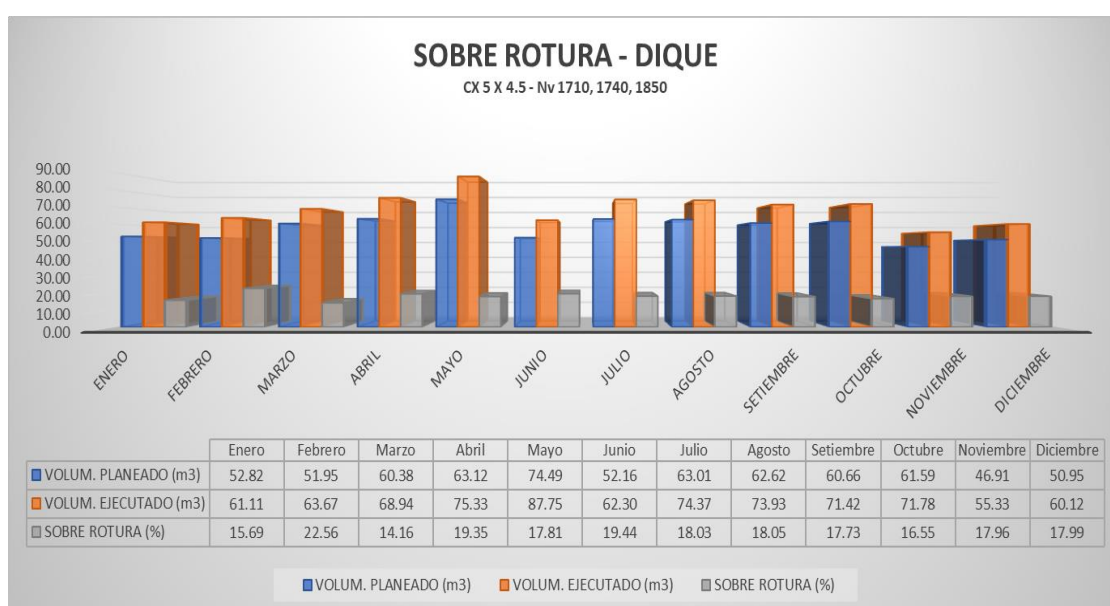


Figura 12. Sobrerotura en cruceros 5 x 4.5, en diques andesíticos

Para determinar la sobre rotura asociada a los cruceros de 5 x 4.5 m, en el OB6 durante el periodo 2023 considera el siguiente formulismo:

$$\text{Sobre rotura (SR \%)} = \frac{\text{volumen real}}{\text{volumen planeado}} \times 100$$

La sobrerotura en labores de avance afecta directamente en el mayor tonelaje cargado y acarreado, así como en el rendimiento de los equipos asociados a este proceso unitario. Otro de las variables que inciden en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo es el incremento de la granulometría, afectando directamente la capacidad efectiva de los scoops y el tonelaje acarreado en los volquetes asociados. Los parámetros asociados a la sobrerotura son producto

de las condiciones geomecánicas del macizo rocoso producto de la variabilidad geológica, el paralelismo de los taladros, el factor de potencia, longitud de perforación, etc.

2.4.3 Granulometría post voladura en cruceros de 5 x 4.5 m

Una vez analizada la sobrerotura durante el periodo de estudio, se considera asociar este análisis en diferentes cruceros realizados en los niveles Nv 1710, 1740 y 1850, del cuerpo mineralizado OB 6. El análisis de la granulometría se realizará por medio del software WipFrag V. 3.3, mediante imágenes posvoladura de los diferentes cruceros a ser analizados.

Las imágenes posvoladura fueron tomadas de los cruceros: Cx020 – Nv 1850 y el Cx448 – Nv 1740, los que son evaluados durante el escenario inicial y los cruceros: Cx470 – Nv 1710 y el Cx620 – Nv 1850 los que son evaluados para el escenario mejorado.

El comportamiento de la granulometría posvoladura y la sobrerotura asociada afecta directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops) y el tonelaje acarreado por los volquetes, incidiendo en su rendimiento.



Figura 13. Granulometría post voladura, Cx020 Nv1850, escenario inicial, Rx volcánica



Figura 14. Granulometría posvoladura, Cx448 Nv1740, escenario inicial, dique



Figura 15. Granulometría post voladura, Cx620 Nv1850, escenario mejorado, Rx volcánica



Figura 16. Granulometría post voladura, Cx470 Nv1710, escenario mejorado, dique

2.4.4 Capacidad efectiva de los equipos de acarreo: Cx 5 x 4.5

Para determinar la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo, se analiza el resultado de la voladura en el desarrollo de los cruceros, siendo el factor de llenado, uno de los parámetros que influye en el tonelaje cargado y acarreado, producto de la granulometría asociada. El formulismo que determina la capacidad efectiva considera los siguientes parámetros:

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{(\text{Capacidad nominal} \times \text{Densidad} \times \text{Factor Llenado})}{(1 + \text{Factor Esponjamiento})}$$

Una vez determinado los parámetros, se asocia a la capacidad efectiva de los equipos analizados en el presente estudio, de los diferentes cruceros en los niveles 1710, 1740 y 1850 del cuerpo mineralizado OB6, durante los escenarios inicial y mejorado.

Estos resultados a obtener, se relacionaran con los costos unitarios de los equipos de carguío (scoop de 7 yd³) y acarreo (volquetes de 42 toneladas) para determinar la influencia de la sobre rotura en la rentabilidad operacional de la unidad minera.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

La metodología aplicada en la presente tesis es del tipo descriptivo, para lo cual se analiza el control de la sobre rotura y productividad en equipos de acarreo mediante el análisis de las variables de perforación y voladura en labores de avance como los cruceros de los niveles 1710, 1740 y 1850 del cuerpo mineralizado OB6, durante los escenarios inicial y mejorado.

a) Método general

Se aplica el método inductivo – deductivo, permite realizar el análisis de las variables de perforación y voladura, determinando la influencia en la sobrerotura y productividad en equipos de acarreo, durante los escenarios inicial y mejorado en labores de avance.

b) Métodos específicos

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se analizó los parámetros de perforación y voladura como: longitud de perforación, avance efectivo, volumen de material, total de kg de explosivos, factor de potencia y factor de avance para determinar la influencia en la sobre rotura y el rendimiento de los equipos de acarreo, para lo cual se analizaron los siguientes ítems:

- ✓ Recopilación de información: se considera realizar el análisis de informes de periodos anteriores de las áreas de geología, geomecánica, planeamiento, operaciones y perforación y voladura, para realizar el análisis de las variables operacionales que influyen en la sobre rotura y rendimiento de equipos de acarreo.

- ✓ Trabajo de campo; se observó *in situ* los parámetros de perforación y voladura, y operacionales como tonelaje, tiempo de acarreo, grado de fragmentación post voladura, etc.
- ✓ Trabajo de gabinete: con la data obtenida en los diferentes cruceros observados y los informes de periodos anteriores de las áreas de perforación y voladura, se considera el análisis estadístico de las variables obtenidas durante los escenarios inicial y mejorado.
- ✓ Resultados: los resultados obtenidos permitieron validar las hipótesis planteadas en el presente estudio, considerando el control de la sobre rotura producto del análisis de los parámetros de perforación y voladura en los cruceros de avance.

3.1.2 Alcances de la investigación

La investigación es del tipo aplicada, cuyo objetivo es el control de la sobre rotura en labores de avance cruceros Cx 5 x 4.5 en los niveles Nv 1710, 1740 y 1850 del cuerpo mineralizado OB6, durante los escenarios inicial y mejorado.

3.2 Diseño de la investigación

El trabajo de investigación es del tipo descriptivo longitudinal, donde se relaciona los parámetros de perforación y voladura en labores de avance como cruceros Cx en los niveles Nv 1710, 1740 y 1850 del cuerpo mineralizado OB6 para el control de la sobrerotura y mejora del rendimiento de los equipos de acarreo.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Está relacionado a las labores de avance de la Unidad Minera Cerro Lindo, de la empresa de servicios INMET.

3.3.2 Muestra

Se considera los Cx020 Nv1850, Cx448 Nv1740, Cx470 Nv1710 y Cx620 Nv1850 del OB6, en la empresa INMET.

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

- ✓ Búsqueda de información: referencias bibliográficas (web site)
- ✓ Observación de campo: análisis de variables de acarreo
- ✓ Desarrollo de plantillas asociadas al tonelaje acarreado

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Plantilla de tonelaje acarreado
- ✓ Plantilla de análisis de granulometría
- ✓ Procesamiento en Excel
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de la tesis considera el análisis de las variables de perforación y voladura y su influencia en la sobrerotura, afectando directamente en el rendimiento de los equipos de acarreo. Los parámetros de perforación y voladura analizadas son longitud de perforación, avance efectivo, volumen de material, total de kg de explosivos, factor de potencia, factor de avance y sobre rotura, en los escenarios programados y ejecutados.

El trabajo se desarrolló en los diferentes cruceros de sección de 5 x 4.5 de los niveles 1710, 1740 y 1850, del ore body OB6, durante los escenarios inicial y mejorado.

4.1 Consideraciones de operación en los cruceros del OB6

El análisis de los cruceros de sección 5 x 4.5 en la preparación del método de minado *sublevel stoping* del cuerpo mineralizado OB6 consideran 2 tipos de ambientes litológicos: rocas volcánicas (riolitas y dacitas: RMR 54) y diques (andesitas: RMR 55), con tipo de roca IIIA y calidad Regular A.

Los cruceros consideran un total de 50 taladros perforados: 46 cargados y 4 rimados, con longitudes de perforación de 14 pies, con un área planeada de 20.93 m², considerando el anfo como principal explosivo en este tipo de labores y variando el factor de potencia de acuerdo a los metros perforados.

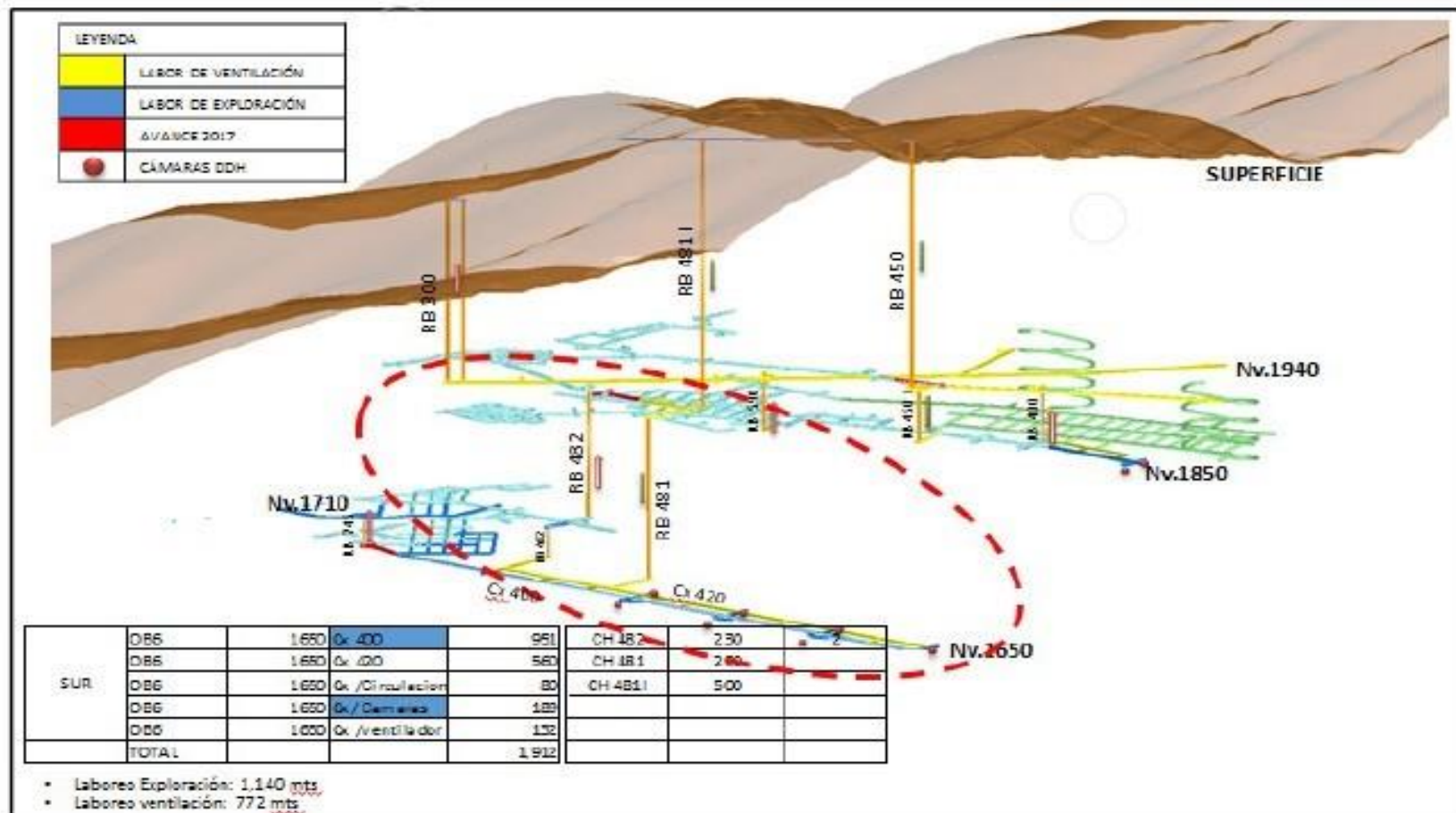
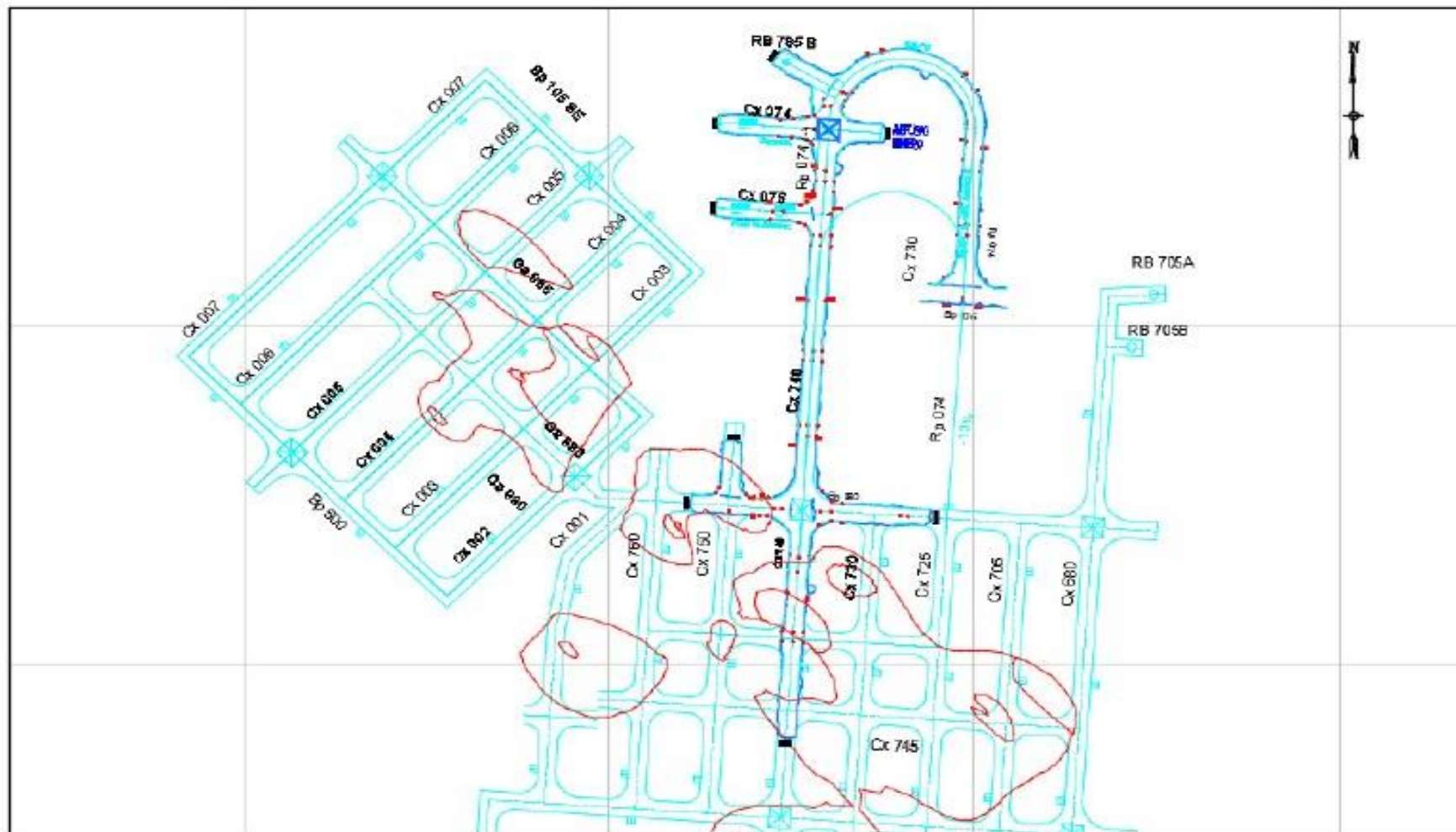


Figura 17. Labores subterráneas en el OB6, Nv 1710 y 1850
 Tomada del Departamento de Operaciones



4.2 Análisis de la perforación y voladura en cruceros Cx 5 x 4.5 – OB6

El análisis de los parámetros de perforación y voladura se realizó durante los periodos de febrero y marzo (escenario inicial) y abril y mayo (escenario mejorado), para las litologías de rocas volcánicas y diques de andesita.

a) Perforación y voladura escenario inicial: febrero y marzo

Considera los parámetros de perforación y voladura, durante los meses de febrero y marzo considerando los tipos de roca: volcánica y diques de andesita.

✓ Crucero en roca volcánica: febrero y marzo

Tabla 9. Parámetros de perforación y voladura, en roca volcánica, escenario inicial

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - RX VOLCÁNICA								
FEBRERO - MARZO								
Fecha	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
02-Feb	3.98	38.50	3.00	3.80	174.40	0.70	2.09	51.00
03-Feb	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
05-Feb	4.30	46.00	3.00	3.80	193.80	0.68	2.05	51.00
06-Feb	4.30	46.00	4.00	4.05	212.50	0.74	2.22	52.48
21-Feb	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
24-Feb	4.54	35.50	3.00	4.40	181.25	0.63	1.90	48.30
26-Feb	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
27-Feb	2.69	15.00	3.00	4.40	55.00	0.65	1.94	48.30
28-Feb	4.27	33.33	3.00	3.65	167.42	0.84	2.52	60.13
01-Mar	4.54	35.50	3.00	4.40	181.25	0.63	1.90	48.30
02-Mar	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
03-Mar	4.57	46.00	3.00	4.30	212.50	0.67	2.02	49.42
10-Mar	4.54	35.50	3.00	4.40	181.25	0.63	1.90	48.30
11-Mar	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
12-Mar	4.23	34.00	3.00	4.25	153.00	0.67	2.01	35.84
22-Mar	4.57	46.00	4.00	4.30	212.50	0.71	2.13	49.42
23-Mar	3.20	28.00	3.00	4.30	118.75	0.67	2.02	49.42
24-Mar	4.54	51.00	3.50	4.40	231.25	0.72	2.15	52.68
25-Mar	4.30	38.00	3.50	4.35	175.00	0.67	2.00	48.86
26-Mar	4.42	46.00	3.33	4.27	212.50	0.67	2.02	49.92
27-Mar	4.45	46.00	4.00	4.00	200.00	0.68	2.05	50.00
28-Mar	4.50	46.00	3.50	4.25	194.50	0.62	1.86	45.77
29-Mar	4.30	46.00	4.00	3.70	190.50	0.69	2.08	51.49
30-Mar	3.24	32.00	3.00	4.20	112.75	0.67	2.01	50.60
31-Mar	4.42	58.00	3.00	4.30	225.00	0.61	1.84	52.33
Promedio	4.22	41.29	3.43	4.08	181.50	0.68	2.05	50.04

Los parámetros asociados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m, durante el periodo inicial en rocas volcánicas consideran valores medios de longitudes de perforación de 4.22 m, con un total de 41.29 taladros cargados y un total de explosivos de 181.50 kgs, generando un factor de potencia de 0.68 kg/tal y un factor de avance de 50.04 kg/m.

✓ Crucero en dique de andesita: febrero y marzo

Tabla 10. Parámetros de perforación y voladura, en roca volcánica, escenario inicial

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - DIQUE ANDESITA								
FEBRERO - MARZO								
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
01-Feb	3.20	26.00	4.00	4.10	104.50	0.67	2.02	49.39
02-Feb	3.66	33.67	4.00	3.50	134.33	0.68	2.04	49.85
03-Feb	4.25	46.00	3.67	3.90	197.93	0.69	2.08	50.92
04-Feb	4.18	38.00	3.00	4.40	181.90	0.67	2.00	49.73
05-Feb	4.45	46.00	3.00	4.40	212.50	0.66	1.98	48.30
06-Feb	4.30	46.00	3.50	3.95	203.15	0.66	1.99	51.41
07-Feb	4.38	46.00	3.50	4.05	192.25	0.65	1.94	47.49
08-Feb	4.50	46.00	3.50	4.25	200.00	0.63	1.89	47.05
09-Feb	4.30	46.00	3.50	4.25	200.00	0.64	1.91	47.01
10-Feb	3.33	34.00	3.50	3.95	159.00	0.69	2.06	48.79
11-Feb	4.00	35.17	3.67	4.27	160.92	0.66	1.98	48.27
12-Feb	3.99	39.20	3.50	4.25	190.40	0.69	2.07	50.03
13-Feb	4.25	46.00	3.67	3.90	197.93	0.69	2.08	50.92
14-Feb	3.72	31.33	4.00	4.25	143.67	0.68	2.03	50.06
15-Feb	4.44	48.00	3.50	4.35	212.50	0.66	1.99	48.91
16-Feb	4.42	46.00	3.75	4.10	206.25	0.70	2.11	50.50
17-Feb	3.79	26.11	3.00	4.20	112.09	0.65	1.95	47.69
18-Feb	4.38	28.00	3.00	3.90	137.05	0.72	2.17	51.34
19-Feb	4.43	46.75	3.33	4.17	196.88	0.64	1.92	47.19
20-Feb	4.03	32.50	4.00	3.70	148.83	0.86	2.57	56.74
21-Feb	4.57	34.00	3.67	4.27	168.75	0.63	2.07	49.81
22-Feb	3.31	32.67	4.00	4.10	133.70	0.74	2.21	47.32
23-Feb	4.11	30.00	3.00	4.20	149.13	0.63	1.90	46.19
24-Feb	4.11	39.00	4.00	4.50	187.50	0.55	1.66	41.67
25-Feb	4.06	46.33	3.00	3.90	195.83	0.70	2.11	50.23
26-Feb	4.45	46.00	3.00	4.40	212.50	0.66	1.98	48.30
27-Feb	4.24	37.00	3.00	4.27	160.13	0.63	1.89	46.01
28-Feb	4.57	46.00	3.00	4.30	187.50	0.59	1.76	43.60
01-Mar	4.57	54.50	4.00	4.45	218.75	0.68	2.04	49.18
02-Mar	4.45	46.00	3.00	4.40	212.50	0.66	1.98	48.30
03-Mar	4.25	46.00	3.67	3.90	197.93	0.69	2.08	50.92
04-Mar	4.46	46.33	3.33	4.13	204.17	0.69	2.06	50.23
05-Mar	4.33	43.67	3.50	4.40	220.83	0.62	1.85	48.30
06-Mar	4.38	28.33	4.00	3.35	87.50	0.66	1.98	36.41
07-Mar	4.39	49.33	3.00	4.23	212.50	0.69	2.06	50.31
08-Mar	4.44	32.67	3.00	4.15	133.33	0.66	1.97	48.19
09-Mar	4.21	24.50	3.00	3.70	122.20	0.68	2.03	29.85
10-Mar	4.30	62.00	3.00	4.10	200.00	0.67	2.00	48.78
11-Mar	4.40	46.00	2.00	4.00	187.50	0.64	1.91	46.88
12-Mar	3.37	36.00	3.00	3.97	149.78	0.67	2.00	49.36
13-Mar	4.02	37.83	3.00	4.28	151.08	0.61	1.95	47.88
14-Mar	4.57	34.00	3.00	4.25	159.27	0.68	2.05	50.06
18-Mar	4.49	38.25	3.33	4.00	167.13	0.67	2.00	49.11
19-Mar	4.44	30.50	4.00	3.90	134.25	0.66	1.99	48.08
21-Mar	4.57	46.00	3.50	4.40	200.00	0.62	1.85	45.54
22-Mar	4.40	46.00	4.00	4.30	212.50	0.66	1.99	49.42
23-Mar	4.25	46.00	3.67	3.90	197.93	0.69	2.08	50.92
26-Mar	4.45	46.00	3.00	4.40	212.50	0.66	1.98	48.30
27-Mar	4.30	46.00	4.00	4.20	212.50	0.67	2.02	50.60
28-Mar	4.30	46.00	4.00	3.90	212.50	0.73	2.18	54.49
29-Mar	4.41	46.00	3.00	4.15	200.00	0.65	1.96	48.15
30-Mar	4.40	46.00	3.00	4.00	187.50	0.64	1.91	46.88
31-Mar	4.32	38.00	4.00	4.20	187.50	0.77	2.31	44.46
Promedio	4.22	40.75	3.42	4.12	178.66	0.67	2.01	48.21

Los parámetros asociados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m durante el periodo inicial en diques de andesita consideran valores medios de longitudes de perforación de 4.22 m, con un total de 40.75 taladros cargados y un total de explosivos de 176.66 kg generaron un factor de potencia de 0.67 kg/tal y un factor de avance de 48.21 kg/m.

b) Perforación y voladura escenario mejorado: abril y mayo

El análisis de los parámetros de perforación y voladura consideran el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario mejorado (abril y mayo) en las rocas volcánicas y diques de andesita, siendo los resultados:

- ✓ Crucero en roca volcánica: abril y mayo

Tabla 11. Parámetros de perforación y voladura: roca volcánica, escenario mejorado

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - RX VOLCÁNICA								
ABRIL - MAYO								
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
06-Abr	4.30	46.00	4.00	4.00	194.00	0.63	1.90	48.50
07-Abr	4.50	48.00	3.00	4.20	193.10	0.64	1.92	45.98
09-Abr	4.57	46.50	3.00	4.15	190.30	0.62	1.86	45.87
10-Abr	4.35	46.00	3.00	4.00	200.00	0.68	2.04	50.28
13-Abr	4.50	46.00	4.00	4.30	212.50	0.65	1.94	49.42
16-Abr	4.30	46.00	4.00	4.00	194.00	0.63	1.90	48.50
26-Abr	4.00	50.00	4.00	3.80	212.50	0.76	2.27	55.92
01-May	4.30	46.00	4.00	4.00	194.00	0.63	1.90	48.50
03-May	4.00	46.00	4.00	3.70	212.50	0.54	2.25	57.43
06-May	4.24	32.67	3.00	3.95	143.90	0.71	2.13	52.43
07-May	4.45	46.00	3.00	4.35	203.15	0.63	1.89	46.73
08-May	4.20	46.00	3.00	3.80	187.50	0.68	2.04	49.38
14-May	4.30	46.00	3.00	4.20	225.00	0.74	2.22	53.57
15-May	4.00	46.00	4.00	3.70	212.50	0.54	2.25	57.43
Promedio	4.29	45.51	3.50	4.01	198.21	0.65	2.04	50.71

Los parámetros asociados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario mejorado en rocas volcánicas consideran valores medios de longitudes de perforación de 4.29 m, con un total de 45.51 taladros cargados y un total de explosivos de 198.21 kg, generando un factor de potencia de 0.65 kg/tal y un factor de avance de 50.71 kg/m.

✓ Crucero en dique de andesita: abril y mayo

El análisis de los parámetros de perforación y voladura durante el escenario mejorado en diques de andesita considera los siguientes resultados:

Tabla 12. Parámetros de perforación y voladura: roca volcánica, escenario mejorado

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - DIQUE ANDESITA								
ABRIL - MAYO								
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
01-Abr	4.54	46.00	3.00	4.15	212.50	0.70	2.10	51.21
02-Abr	4.15	36.00	4.00	3.90	133.50	0.67	2.01	50.58
03-Abr	4.57	47.50	3.50	4.25	202.75	0.65	1.94	47.74
04-Abr	4.57	46.00	3.00	4.30	212.50	0.66	1.99	49.42
05-Abr	4.27	40.50	4.00	3.90	181.25	0.67	2.00	49.87
07-Abr	4.40	38.00	3.00	3.65	168.75	0.62	1.85	46.31
08-Abr	4.23	46.00	4.00	3.90	200.50	0.69	2.08	51.43
09-Abr	4.20	37.00	3.00	4.00	170.50	0.72	2.16	53.13
11-Abr	4.40	46.00	3.00	4.10	212.50	0.70	2.10	51.83
12-Abr	4.50	46.50	3.00	4.30	212.50	0.69	2.06	49.53
13-Abr	3.70	27.00	4.00	4.00	97.50	0.65	1.95	46.88
14-Abr	4.33	34.00	3.00	3.96	144.17	0.58	2.02	42.82
15-Abr	4.27	46.00	3.67	4.00	200.20	0.68	2.04	50.32
17-Abr	3.57	22.33	3.50	4.15	90.78	0.66	1.98	48.90
18-Abr	4.57	47.50	3.50	4.25	202.75	0.65	1.94	47.74
19-Abr	4.05	41.00	4.00	3.30	184.05	0.67	2.02	57.16
20-Abr	4.35	46.50	3.75	4.18	199.53	0.65	1.96	48.05
21-Abr	3.73	36.00	4.00	4.03	154.93	0.61	2.00	49.23
22-Abr	3.50	29.67	3.00	3.90	122.67	0.65	1.96	48.08
23-Abr	4.05	35.00	4.00	3.90	164.50	0.66	1.99	48.90
24-Abr	4.19	46.00	3.67	3.90	191.37	0.66	1.99	49.11
25-Abr	4.14	46.00	3.50	4.03	196.65	0.66	1.98	48.83
26-Abr	4.40	46.00	4.00	4.27	204.17	0.65	1.94	47.84
27-Abr	4.19	42.67	4.00	4.10	204.17	0.68	2.03	49.77
28-Abr	3.93	35.38	3.50	4.18	162.94	0.68	2.03	49.98
29-Abr	3.97	39.75	3.50	4.10	150.58	0.68	2.04	50.10
30-Abr	4.31	47.75	3.25	4.18	206.38	0.67	2.01	49.60
01-May	4.27	47.00	4.00	3.87	195.83	0.69	2.08	50.93
02-May	4.37	36.00	4.00	4.10	204.17	0.68	2.03	49.81
03-May	4.40	30.50	4.00	4.20	106.25	0.67	2.02	50.60
04-May	4.37	36.50	3.33	4.20	180.55	0.62	2.03	49.41
05-May	4.33	46.00	3.67	3.97	200.00	0.68	2.05	50.34
06-May	3.66	33.33	4.00	4.25	151.00	0.63	1.89	47.03
07-May	4.33	46.00	4.00	3.77	204.17	0.68	2.20	54.50
08-May	4.40	46.00	4.00	4.00	212.50	0.69	2.07	53.13
09-May	4.48	46.00	4.00	4.37	204.17	0.63	1.89	46.91
10-May	4.10	47.00	3.50	3.90	200.00	0.69	2.06	51.23
11-May	3.71	40.63	3.14	3.73	166.98	0.63	2.04	50.39
12-May	4.25	38.67	3.50	3.88	170.83	0.66	1.99	50.00
13-May	4.40	46.00	3.00	4.00	200.00	0.68	2.03	50.00
14-May	4.40	46.00	3.50	4.25	206.25	0.66	1.97	48.54
15-May	4.45	46.00	3.50	4.35	200.00	0.63	1.89	45.95
16-May	4.25	46.00	3.25	4.08	203.13	0.62	2.01	49.91
17-May	4.37	46.00	4.00	4.13	204.17	0.67	2.01	49.37
18-May	3.86	38.20	3.75	3.78	160.30	0.70	2.10	51.33
19-May	4.50	46.00	4.00	4.40	212.50	0.64	1.92	48.30
20-May	4.30	46.00	3.67	3.98	191.67	0.66	1.97	48.70
21-May	4.22	46.00	3.75	3.80	190.63	0.65	2.08	51.32
22-May	4.33	46.00	3.00	3.90	193.08	0.67	2.02	50.09
23-May	4.42	46.00	3.00	4.23	208.60	0.61	1.99	49.40
24-May	4.39	46.00	3.00	4.20	208.83	0.55	2.02	49.83
25-May	3.69	36.75	3.00	4.03	148.85	0.66	1.99	48.42
26-May	4.42	40.67	3.50	3.80	179.67	0.64	1.93	47.61
28-May	4.34	42.00	4.00	4.20	189.85	0.66	1.98	48.39
29-May	4.36	44.33	3.40	3.93	194.82	0.66	1.99	49.81
30-May	4.35	46.00	3.50	4.00	193.95	0.65	1.96	48.49
31-May	4.19	37.00	3.33	4.00	155.15	0.64	1.93	47.44
Promedio	4.23	41.80	3.55	4.04	182.85	0.66	2.00	49.50

Los parámetros asociados en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario mejorado en diques de andesita consideran valores medios de longitudes de perforación de 4.23 m, con un total de 41.80 taladros cargados y un total de explosivos de 182.85 kg, generando un factor de potencia de 0.66 kg/tal y un factor de avance de 49.50 kg/m.

c) Resumen de los parámetros de perforación y voladura en los escenarios inicial y optimizado

Los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros de perforación y voladura durante los escenarios inicial y optimizado se describen en la siguiente tabla:

Tabla 13. Resumen parámetros de perforación y voladura: roca volcánica y dique de andesita

RESUMEN PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA									
ROCA VOLCÁNICA - DIQUE ANDESITA									
PERIODO	TIPO ROCA	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS CARGADOS	N° TALADROS RIMADOS	AVANCE LINEAL (m)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)	FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	FACTOR CARGA (Kg/m3)	FACTOR AVANCE (Kg/m)
FEBRERO - MARZO	VOLCÁNICA	4.22	41.29	3.43	4.08	181.50	0.68	2.05	50.04
FEBRERO - MARZO	DIQUE ANDESITA	4.22	40.75	3.42	4.12	178.66	0.67	2.01	48.21
ABRIL - MAYO	VOLCÁNICA	4.29	45.51	3.50	4.01	198.21	0.65	2.04	50.71
ABRIL - MAYO	DIQUE ANDESITA	4.23	41.80	3.55	4.04	182.85	0.66	2.00	49.50
Promedio		4.15	37.39	3.39	4.07	166.42	0.67	2.02	48.29

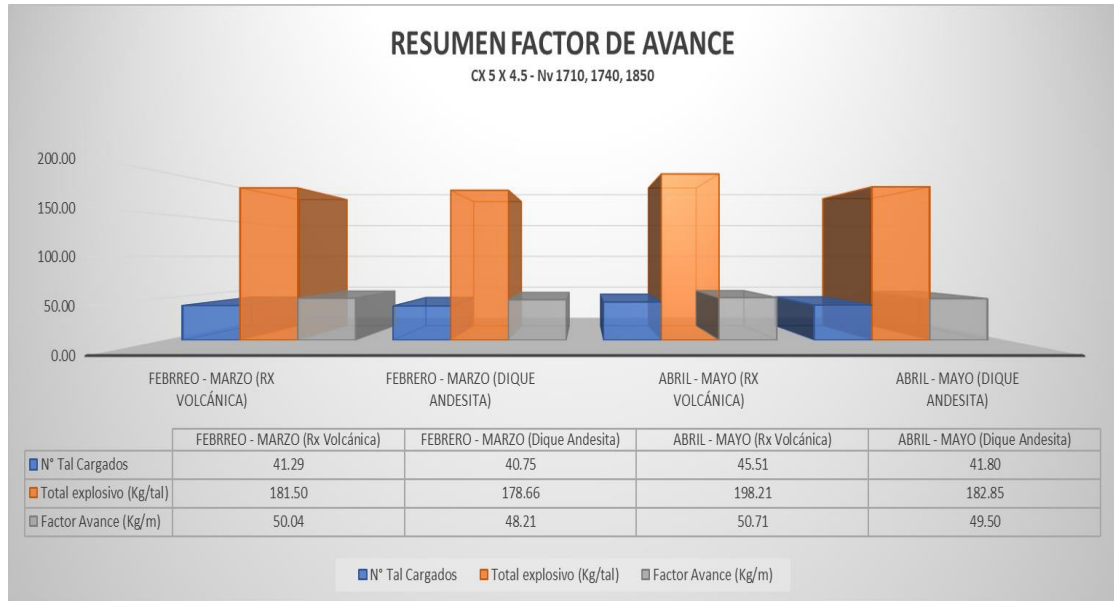


Figura 19. Resumen de factor de avance, Cx 5 x 4.5 m, OB6

El análisis del factor de avance en el escenario inicial y mejorado, realizado en cruceros Cx 5 x 4.5 en rocas volcánicas y diques de andesita, considera una mejoría en el periodo abril y mayo con respecto al periodo febrero y marzo, producto de una mayor longitud de perforación con mayor de cantidad de taladros cargados e incremento de kilogramos de explosivos utilizados, mejorando el factor de avance de 48.21 kg/m (escenario inicial) a 50.71 kg/m (escenario mejorado).

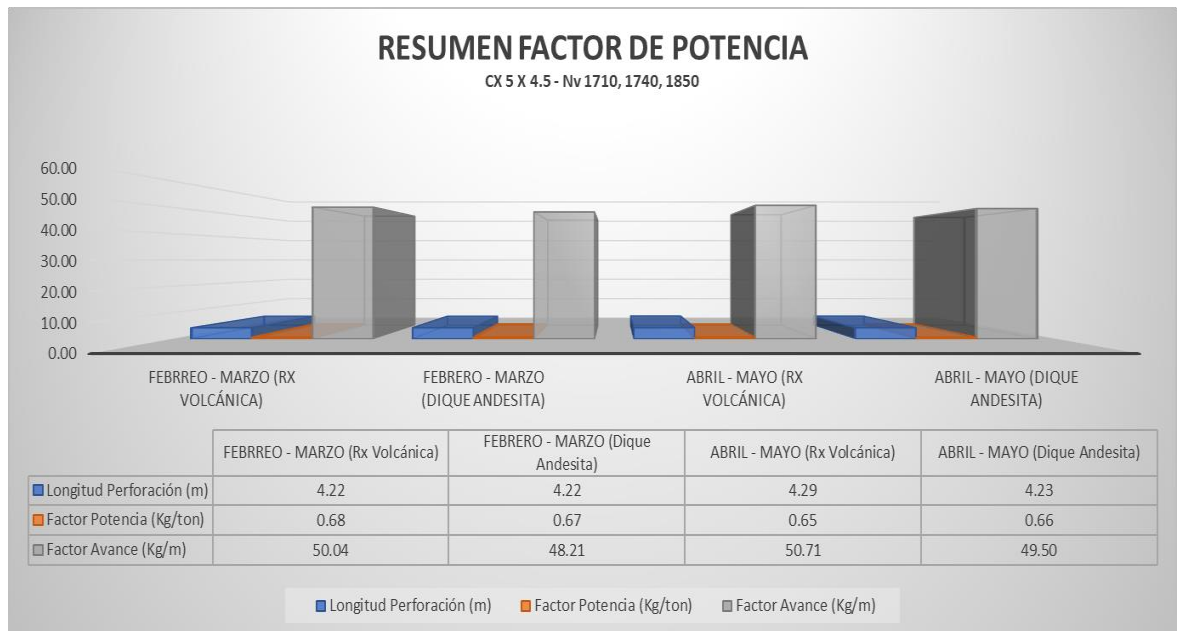


Figura 20. Resumen de factor de potencia, Cx 5 x 4.5 m, OB6

El análisis del factor de potencia considera un mejor rendimiento producto de la mayor cantidad de metros perforados de 4.22 m (escenario inicial) a 4.29 m (escenario mejorado). Este mayor incremento de longitud de perforación considera un mejor control del factor de potencia reduciendo de 0.68 kg/ton (escenario inicial) a 0.65 kg/ton (escenario mejorado).

4.3 Análisis de la sobre rotura en cruceros Cx 5 x 4.5 – OB6

Una vez realizados el análisis de los parámetros de perforación y voladura, en los escenarios inicial y mejorado, se considera la evaluación del volumen asociado en ambos escenarios y su influencia en la sobre rotura generada en el crucero de avance de Cx 5 x 4.5 m, relacionados a las rocas volcánicas y diques de andesita, presentes en el cuerpo mineralizado OB6.

a) Sobre rotura escenario inicial: febrero y marzo

Considera los parámetros de perforación y voladura, durante los meses de febrero y marzo considerando los tipos de roca: volcánica y diques de andesita.

✓ Crucero en roca volcánica: febrero y marzo

Tabla 14. Sobre rotura en crucero 5x4.5 m: roca volcánica, febrero y marzo

SOBRE ROTURA - ROCA VOLCÁNICA							
FEBRERO - MARZO							
PERIODO	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
02-Feb	3.98	40.00	39.76	46.33	138.99	17.0	174.40
03-Feb	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
05-Feb	4.30	49.00	79.52	94.47	283.42	19.0	193.80
06-Feb	4.30	50.00	84.75	95.57	286.72	13.0	212.50
21-Feb	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
24-Feb	4.54	37.00	46.04	55.88	167.65	21.0	181.25
26-Feb	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
27-Feb	2.69	15.60	18.41	21.88	65.63	19.0	55.00
28-Feb	4.27	35.33	50.92	58.86	176.58	15.0	167.42
01-Mar	4.54	37.00	46.04	55.88	167.65	21.0	181.25
02-Mar	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
03-Mar	4.57	49.00	89.98	104.97	314.91	17.0	212.50
10-Mar	4.54	37.00	46.04	55.88	167.65	21.0	181.25
11-Mar	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
12-Mar	4.23	35.50	44.99	52.90	158.69	18.0	153.00
22-Mar	4.57	50.00	89.98	99.98	299.95	11.0	212.50
23-Mar	3.20	29.50	44.99	52.70	158.11	17.0	118.75
24-Mar	4.54	54.50	92.07	107.65	322.96	17.0	231.25
25-Mar	4.30	39.75	45.51	53.02	159.06	16.0	175.00
26-Mar	4.42	49.33	89.28	105.22	315.65	18.0	212.50
27-Mar	4.45	50.00	83.70	97.69	293.08	17.0	200.00
28-Mar	4.50	49.50	88.93	104.71	314.13	18.0	194.50
29-Mar	4.30	50.00	77.42	91.53	274.59	18.0	190.50
30-Mar	3.24	33.50	43.94	52.81	158.42	20.0	112.75
31-Mar	4.42	61.00	89.98	121.97	365.91	36.0	225.00
Promedio	4.22	44.10	67.17	79.50	238.51	18.0	181.50

El análisis de la sobre rotura en cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario inicial en rocas volcánicas considera valores promedio de longitudes de perforación con 4.22 m, con un volumen planeado de 67.17 m3 y un volumen ejecutado de 79.50 m3, considerando una sobre rotura del 18% y un promedio de kilogramos de explosivo de 181.50 kg.

✓ Crucero en dique de andesita: febrero y marzo

Los resultados obtenidos de la sobre rotura en diques de andesita durante el escenario inicial se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: dique de andesita, febrero y marzo

SOBRE ROTURA - DIQUE ANDESITA							
FEBRERO - MARZO							
PERIODO	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
01-Feb	3.20	28.00	42.90	50.18	150.54	17.0	104.50
02-Feb	3.66	36.33	48.83	57.11	171.34	17.0	134.33
03-Feb	4.25	49.67	81.61	95.79	287.38	17.0	197.93
04-Feb	4.18	39.50	46.04	54.81	164.44	19.0	181.90
05-Feb	4.45	49.00	92.07	107.29	321.88	17.0	212.50
06-Feb	4.30	49.50	82.65	101.89	305.67	23.0	203.15
07-Feb	4.38	49.50	84.75	99.06	297.19	17.0	192.25
08-Feb	4.50	49.50	88.93	106.20	318.59	20.0	200.00
09-Feb	4.30	49.50	88.93	104.81	314.44	18.0	200.00
10-Feb	3.33	36.33	55.10	62.84	188.51	14.0	159.00
11-Feb	4.00	37.00	44.64	52.18	156.53	17.0	160.92
12-Feb	3.99	42.00	71.15	82.40	247.19	16.0	190.40
13-Feb	4.25	49.67	81.61	95.79	287.38	17.0	197.93
14-Feb	3.72	34.00	59.29	69.69	209.06	18.0	143.67
15-Feb	4.44	51.50	91.02	107.50	322.50	18.0	212.50
16-Feb	4.42	49.75	85.79	98.53	295.60	15.0	206.25
17-Feb	3.79	27.44	39.06	45.78	137.34	17.0	112.09
18-Feb	4.38	28.75	21.97	24.52	73.56	12.0	137.05
19-Feb	4.43	49.25	65.39	76.74	230.23	18.0	196.88
20-Feb	4.03	34.50	38.71	42.05	126.14	8.0	148.83
21-Feb	4.57	35.83	29.64	51.31	174.03	16.0	168.75
22-Feb	4.25	49.67	81.61	95.79	287.38	17.0	197.93
23-Feb	4.11	30.75	21.97	25.51	76.53	16.0	149.13
24-Feb	4.11	40.33	31.39	37.58	112.73	20.0	187.50
25-Feb	4.06	49.33	81.61	95.48	286.45	17.0	195.83
26-Feb	4.45	49.00	92.07	107.29	321.88	17.0	212.50
27-Feb	4.24	39.25	66.96	78.43	235.30	17.0	160.13
28-Feb	4.57	49.00	89.98	106.78	320.35	19.0	187.50
01-Mar	4.57	58.50	93.12	107.16	321.47	15.0	218.75
02-Mar	4.45	49.00	92.07	107.29	321.88	17.0	212.50
03-Mar	4.25	49.67	81.61	95.79	287.38	17.0	197.93
04-Mar	4.46	49.67	86.49	100.72	302.17	16.0	204.17
05-Mar	4.33	46.00	30.69	38.24	114.71	25.0	220.83
06-Mar	4.38	29.67	28.60	33.64	100.91	18.0	87.50
07-Mar	4.39	52.33	88.58	103.32	309.97	17.0	212.50
08-Mar	4.44	34.67	57.89	67.56	202.69	17.0	133.33
09-Mar	4.21	26.00	77.42	52.29	156.87	18.0	122.20
10-Mar	4.30	65.00	85.79	100.14	300.43	17.0	200.00
11-Mar	4.40	48.00	83.70	98.10	294.31	17.0	187.50
12-Mar	3.37	38.25	62.25	73.34	220.03	18.0	149.78
13-Mar	4.02	39.83	59.64	70.00	231.20	18.0	151.08
14-Mar	4.57	36.00	59.29	69.23	207.68	17.0	159.27
18-Mar	4.49	40.75	62.78	73.52	220.55	17.0	167.13
19-Mar	4.44	32.50	40.80	47.02	141.06	15.0	134.25
21-Mar	4.57	49.50	92.07	107.98	323.95	17.0	200.00
22-Mar	4.40	50.00	89.98	107.02	321.07	19.0	212.50
23-Mar	4.25	49.67	81.61	95.79	287.38	17.0	197.93
26-Mar	4.45	49.00	92.07	107.29	321.88	17.0	212.50
27-Mar	4.30	50.00	87.89	105.38	316.15	20.0	212.50
28-Mar	4.30	50.00	81.61	97.64	292.91	20.0	212.50
29-Mar	4.41	49.00	86.84	101.94	305.82	17.0	200.00
30-Mar	4.40	49.00	83.70	98.00	294.01	17.0	187.50
31-Mar	4.32	40.00	46.04	46.04	138.11	17.0	187.50
Promedio	4.24	43.70	68.64	79.96	240.66	17.0	179.87

El análisis de la sobrerotura en cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario inicial en diques de andesita valores promedio de longitudes de perforación con 4.24 m, con un volumen planeado de 68.64 m³ y un volumen ejecutado de 79.96 m³ considera una sobrerotura del 17 % y un promedio de kilogramos de explosivo de 179.87 kg.

b) Sobre rotura escenario mejorado: abril y mayo

Considera los parámetros de perforación y voladura, durante los meses de abril y mayo considerando los tipos de roca: volcánica y diques de andesita.

✓ Crucero en roca volcánica: abril y mayo

Los resultados obtenidos de la sobrerotura en roca volcánica durante el escenario mejorado se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: roca volcánica, abril y mayo

SOBRE ROTURA - ROCA VOLCÁNICA							
ABRIL . MAYO							
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
06-Abr	4.30	50.00	83.70	101.89	305.68	15.0	194.00
07-Abr	4.50	51.00	87.89	100.76	302.27	15.0	193.10
09-Abr	4.57	49.50	86.84	102.48	307.45	14.0	190.30
10-Abr	4.35	49.00	83.70	98.40	295.20	12.0	200.00
13-Abr	4.50	50.00	89.98	109.59	328.77	10.0	212.50
16-Abr	4.30	50.00	83.70	101.89	305.68	14.0	194.00
26-Abr	4.00	54.00	79.52	93.65	280.94	13.0	212.50
01-May	4.30	50.00	83.70	101.89	305.68	14.0	194.00
03-May	4.00	50.00	77.42	94.49	392.12	12.0	212.50
06-May	4.24	34.67	55.10	64.76	194.29	14.0	143.90
07-May	4.45	49.00	91.02	107.28	321.83	18.0	203.15
08-May	4.20	49.00	79.52	92.17	276.51	16.0	187.50
14-May	4.30	49.00	87.89	101.52	304.55	16.0	225.00
15-May	4.00	50.00	77.42	94.49	392.12	14.0	212.50
Promedio	4.29	48.94	81.96	88.30	308.08	14.0	198.21

El análisis de la sobrerotura en cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario mejorado en rocas volcánicas considera valores promedio de longitudes de perforación con 4.29 m, con un volumen planeado de 81.96 m³ y un volumen ejecutado de 88.30 m³, considerando una sobrerotura del 14 % y un promedio de kilogramos de explosivo de 198.21 kg.

✓ Crucero en dique de andesita: abril y mayo

Los resultados obtenidos de la sobrerotura en diques de andesita durante el escenario mejorado se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17. Sobrerotura en crucero 5x4.5 m: dique de andesita, abril y mayo

SOBRE ROTURA - DIQUE ANDESITA							
ABRIL - MAYO							
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/tal)
01-Abr	4.54	49.00	86.84	101.05	303.14	16.0	212.50
02-Abr	4.15	38.67	54.41	65.54	196.61	14.0	133.50
03-Abr	4.57	51.00	88.93	105.57	316.71	15.0	202.75
04-Abr	4.57	49.00	89.98	106.95	320.84	14.0	212.50
05-Abr	4.27	44.50	81.61	95.99	287.96	13.0	181.25
07-Abr	4.40	39.50	37.67	91.08	273.24	12.0	168.75
08-Abr	4.23	50.00	81.61	96.33	289.00	13.0	200.50
09-Abr	4.20	38.50	41.85	49.08	147.23	12.0	170.50
11-Abr	4.40	49.00	85.79	101.29	303.87	13.0	212.50
12-Abr	4.50	49.50	89.98	103.76	311.27	15.0	212.50
13-Abr	3.70	29.00	41.85	48.08	144.24	15.0	97.50
14-Abr	4.33	36.00	56.85	66.49	239.02	14.0	144.17
15-Abr	4.27	49.67	83.70	98.56	295.68	13.0	200.20
17-Abr	3.57	23.50	28.95	34.19	123.07	14.0	90.78
18-Abr	4.57	51.00	88.93	105.57	316.71	13.0	202.75
19-Abr	4.05	43.00	40.80	47.90	143.70	15.0	184.05
20-Abr	4.35	50.25	87.36	102.51	307.54	14.0	199.53
21-Abr	3.73	39.00	63.30	74.27	252.34	14.0	154.93
22-Abr	3.50	30.67	27.20	31.89	95.67	14.0	122.67
23-Abr	4.05	37.67	54.41	64.25	192.75	13.0	164.50
24-Abr	4.19	49.67	81.61	96.07	288.22	14.0	191.37
25-Abr	4.14	49.50	84.22	99.24	297.72	13.0	196.65
26-Abr	4.40	50.00	89.28	105.42	316.27	12.0	204.17
27-Abr	4.19	45.33	85.79	100.69	302.06	14.0	204.17
28-Abr	3.93	38.00	54.67	64.30	192.90	14.0	162.94
29-Abr	3.97	41.50	42.90	50.34	151.03	13.0	150.58
30-Abr	4.31	51.00	87.36	102.97	308.92	13.0	206.38
01-May	4.27	51.00	80.91	94.77	284.31	14.0	195.83
02-May	4.37	40.00	85.79	100.74	302.23	14.0	204.17
03-May	4.40	32.50	43.94	52.51	157.54	13.0	106.25
04-May	4.37	39.00	65.91	77.04	263.92	12.0	180.55
05-May	4.33	49.67	83.00	97.54	292.61	14.0	200.00
06-May	3.66	36.00	59.29	70.37	211.10	13.0	151.00
07-May	4.33	50.00	78.82	93.48	319.32	14.0	204.17
08-May	4.40	50.00	83.70	102.66	307.98	13.0	212.50
09-May	4.48	50.00	91.37	108.42	325.25	14.0	204.17
10-May	4.10	50.50	81.61	97.17	291.50	13.0	200.00
11-May	3.71	43.38	68.27	80.58	268.00	15.0	166.98
12-May	4.25	41.00	57.20	67.39	202.17	13.0	170.83
13-May	4.40	49.00	83.70	98.74	296.23	12.0	200.00
14-May	4.40	49.50	88.93	104.84	314.53	14.0	206.25
15-May	4.45	49.50	91.02	105.54	316.62	13.0	200.00
16-May	4.25	49.25	85.27	101.18	333.51	12.0	203.13
17-May	4.37	50.00	86.49	101.61	304.83	13.0	204.17
18-May	3.86	41.20	63.19	74.08	222.25	14.0	160.30
19-May	4.50	50.00	92.07	110.55	331.64	13.0	212.50
20-May	4.30	49.67	83.35	98.45	295.36	12.0	191.67
21-May	4.22	49.75	79.52	93.49	308.15	13.0	190.63
22-May	4.33	49.00	81.61	96.31	288.92	12.0	193.08
23-May	4.42	49.00	88.58	104.98	355.26	12.0	208.60
24-May	4.39	49.00	87.89	103.23	387.54	13.0	208.83
25-May	3.69	39.00	63.30	73.85	221.56	13.0	148.85
26-May	4.42	43.00	58.59	67.43	202.29	14.0	179.67
28-May	4.34	45.00	65.91	77.16	231.47	13.0	189.85
29-May	4.36	47.17	72.54	85.40	256.19	12.0	194.82
30-May	4.35	49.50	83.70	98.81	296.42	12.0	193.95
31-May	4.19	39.50	62.78	73.74	221.22	12.0	155.15
Promedio	4.23	44.82	72.56	81.20	265.40	13.0	182.85

El análisis de la sobrerotura en cruceros de 5 x 4.5 m durante el escenario mejorado en diques de andesita considera valores promedio de longitudes de perforación con 4.23 m, con un volumen planeado de 72.56 m³ y un volumen ejecutado de 81.20 m³, teniendo en cuenta una sobrerotura del 13 % y un promedio de kilogramos de explosivo de 182.85 kg.

c) Resumen de sobrerotura en los escenarios inicial y mejorado

Los resultados obtenidos en el análisis de la sobrerotura durante los escenarios inicial y mejorado, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 18. Resumen de sobre rotura, Cx 5x4.5 m: roca volcánica y dique de andesita

RESUMEN SOBRE ROTURA								
ROCA VOLCÁNICA - DIQUE DE ANDESITA								
MES	TIPO ROCA	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	VOLUMEN PLANEADO (m ³)	VOLUMEN REAL (m ³)	TONELADAS ROTAS (Ton)	SOBRE ROTURA (%)	TOTAL EXPLOSIVO (Kg/ta)
FEBRERO-MARZO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	4.22	44.10	67.17	79.50	238.51	18.00	181.50
FEBRERO-MARZO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	4.24	43.70	68.64	79.96	240.66	17.00	179.87
ABRIL-MAYO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	4.29	48.94	81.96	88.30	308.08	14.00	198.21
ABRIL-MAYO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	4.23	44.82	72.56	81.20	265.40	13.00	182.85
Promedio		4.24	45.39	72.58	82.24	263.16	15.50	185.61

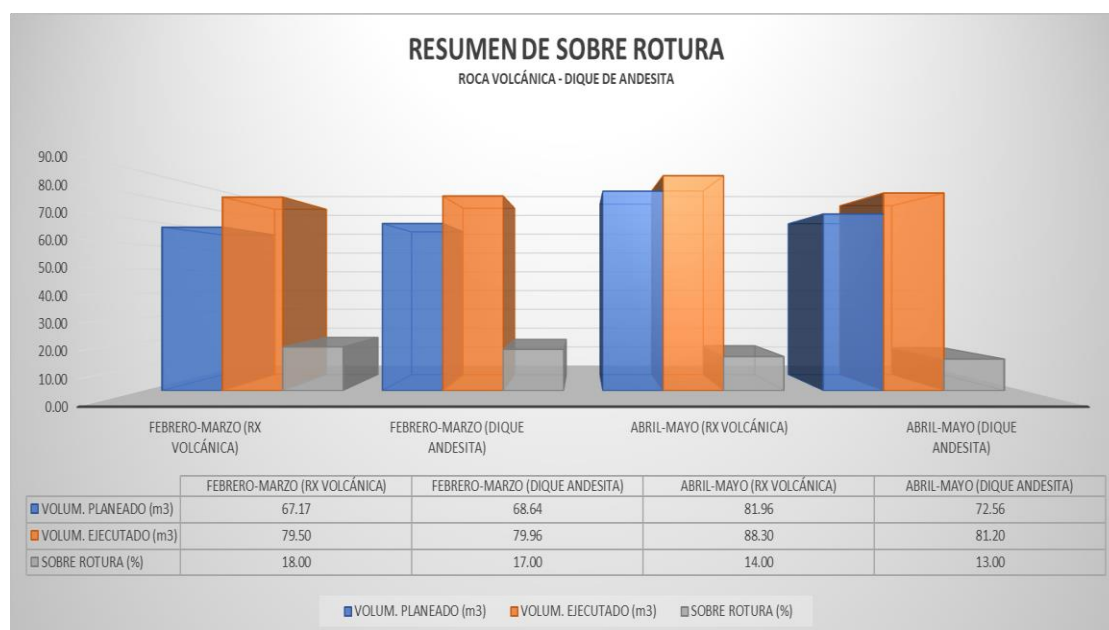


Figura 21. Resumen de sobre rotura, Cx 5 x 4.5 m, OB6

El análisis de la sobrerotura considera volúmenes programados entre 67.17 a 68.64 m³ y volúmenes reales entre 79.50 a 79.96 m³ (escenario inicial) teniendo en cuenta una sobrerotura del 17.5 %. Durante el análisis de la sobre rotura en el escenario mejorado, considera volúmenes programados de 76.56 a 81.96 m³ y el volumen real de 81.20 a 88.30 con una sobre rotura del 13.5 %.

La disminución de la sobrerotura en el desarrollo de cruceros en los escenarios evaluados, es producto de un mejor control de la perforación en cruceros de 5 x 4.5 m, teniendo en cuenta el paralelismo de taladros, mejor distribución de carga, especialización adecuada de los

maestros perforistas, mejorando la longitud de perforación y mejor reconocimiento de los dominios geológicos por litología, diferencia de rocas volcánicas y diques de andesita.

4.4 Análisis de la granulometría en cruceros Cx 5 x 4.5 m en el OB6

En función al análisis desarrollado en los cruceros de 5 x 4.5 m y el efecto que genera la sobrerotura en las rocas volcánicas y el dique de andesita, se propuso realizar el análisis de la granulometría posvoladura y su efecto en el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando los escenarios inicial y mejorado.

Se realizó el análisis de la granulometría mediante el software WipFrag durante los escenarios inicial y optimizado considerando las siguientes muestras del escenario inicial: Cx020, Nv 1850 desarrollado en la roca volcánica y Cx448, Nv 1740 desarrollado en el dique de andesita, y las muestras del escenario mejorado: Cx470, Nv 1710 desarrollado en la roca volcánica y Cx620, Nv 1850 desarrollado en el dique de andesita.

a) Análisis de la granulometría: escenario inicial

✓ Crucero Cx020, Nv 1850: roca volcánica

El análisis de la fragmentación realizado en el Cx020, Nv 1850 en la roca volcánica, considera el tamaño de la granulometría durante el escenario inicial, observándose los siguientes resultados:



Figura 22. Material post voladura, Cx020 Nv1850

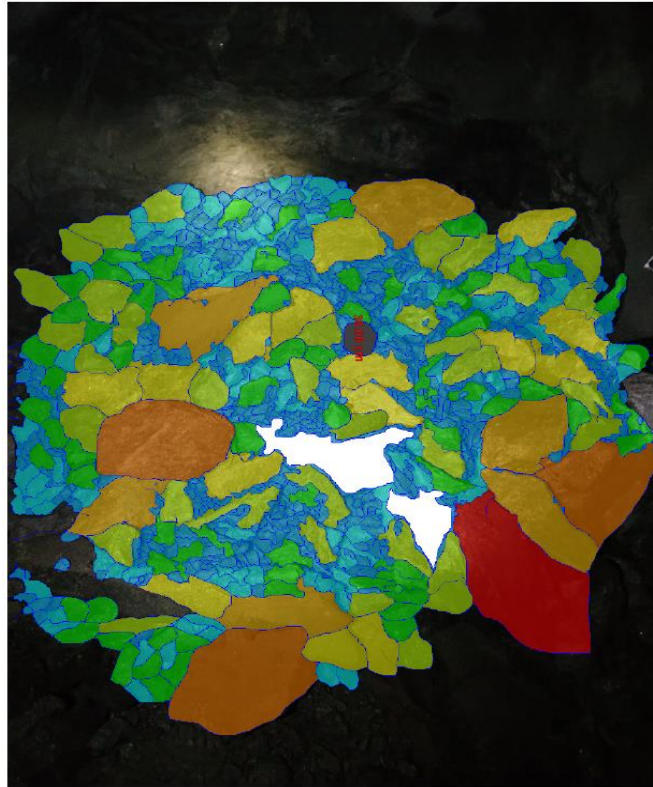


Figura 23. Análisis granulometría, Cx020 Nv1850

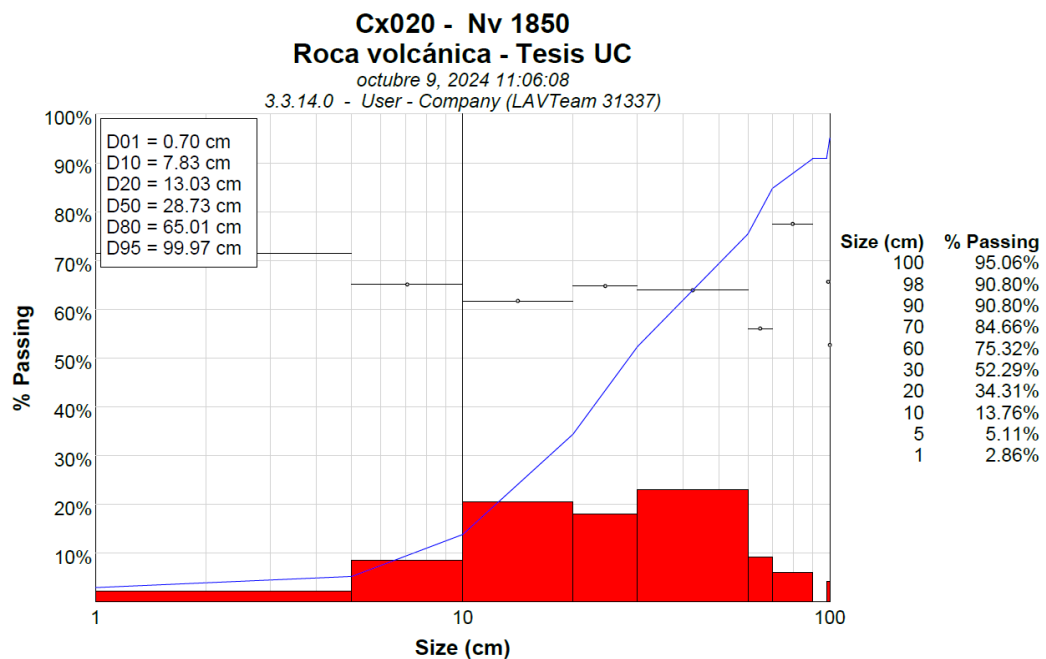


Figura 24. Perfil granulometría Cx020 Nv1850

El análisis de la granulometría posvoladura en el Cx020, Nv1850 en la roca volcánica considera un P80 de 65.01 cm, esta mayor granulometría observada en el crucero de 5 x 4.5 m es producto del incremento de la sobrerotura en 18 %, el cual afectará directamente en el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando un menor tonelaje acarreado. La

sobrerotura generada incrementa el tamaño del material posvoladura considerando tamaños mayores a 100 cm en un promedio del 5 %. El incremento de la granulometría afecta directamente en el tonelaje acarreado, producto de un menor porcentaje de llenado considerado en el 70%, incidiendo en la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo.

✓ **Crucero Cx448, Nv 1740: dique andesita**

El análisis de la fragmentación realizado en el Cx448, Nv 1740 en el dique de andesita considera el tamaño de la granulometría durante el escenario inicial, observándose los siguientes resultados:



Figura 25. Material post voladura Cx448 Nv1740

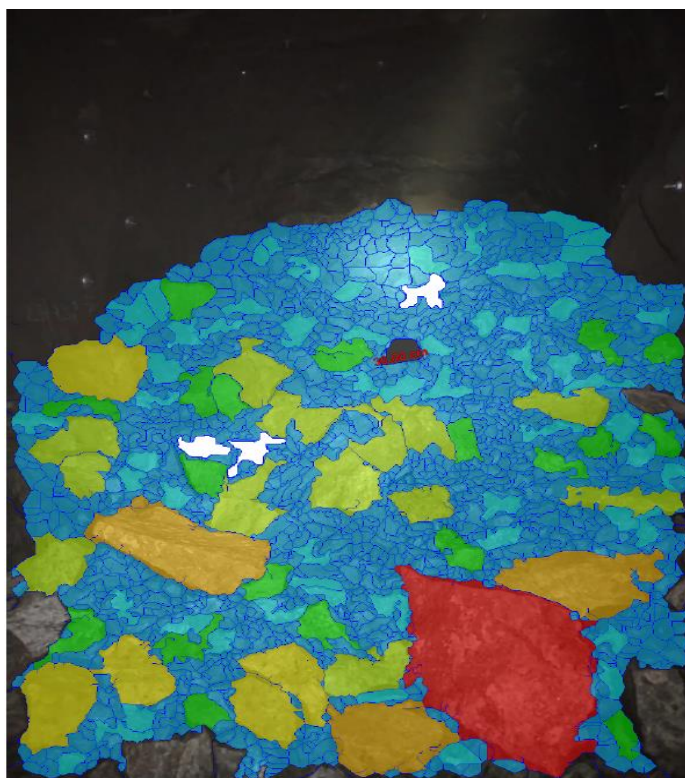


Figura 26. Análisis granulometría, Cx448 Nv1740

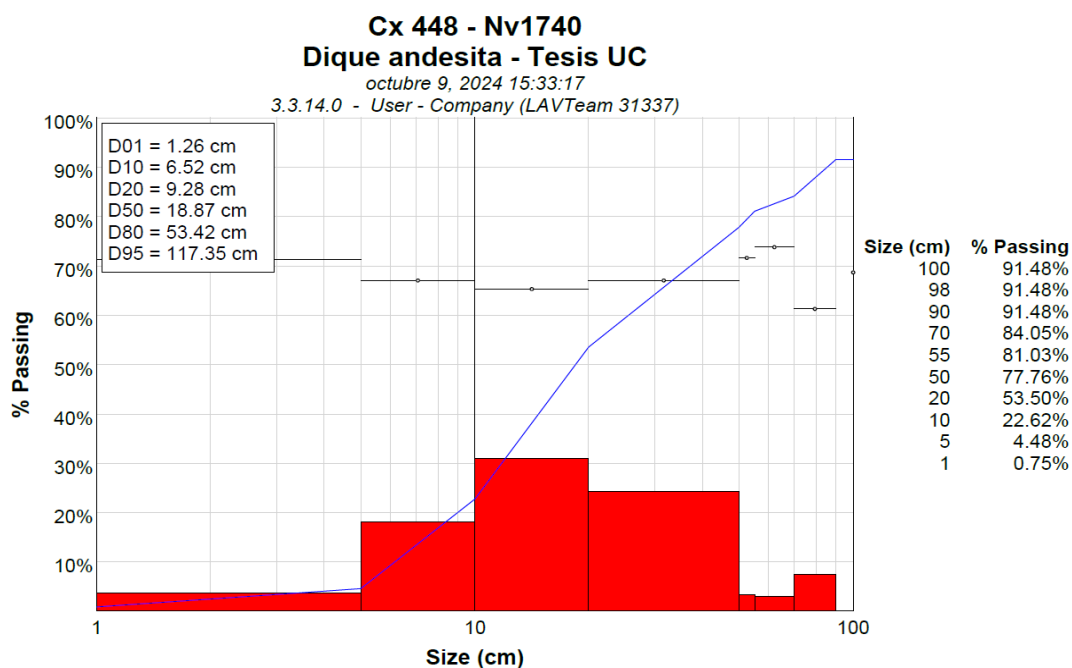


Figura 27. Perfil granulometría Cx448 Nv1740

El análisis de la granulometría posvoladura en el Cx448, Nv1740 en el dique de andesita considera un P80 de 53.42 cm, esta mayor granulometría observada en el crucero de 5 x 4.5 m es producto del incremento de la sobrerotura en 17 %, el cual afectará directamente en el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando un menor tonelaje acarreado. La sobrerotura generada incrementa el tamaño del material post voladura considerando tamaños

mayores a 100 cm en un promedio del 9 %. El incremento de la granulometría afecta directamente en el tonelaje acarreado, producto de un menor porcentaje de llenado considerado en el 72 %, incidiendo en la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo.

b) Análisis de la granulometría: escenario mejorado

✓ Crucero Cx470, Nv 1710: roca volcánica

El análisis de la fragmentación realizado en el Cx470, Nv 1710 en la roca volcánica, considera el tamaño de la granulometría durante el escenario mejorado, observándose los siguientes resultados:



Figura 28. Material post voladura Cx470 Nv1710

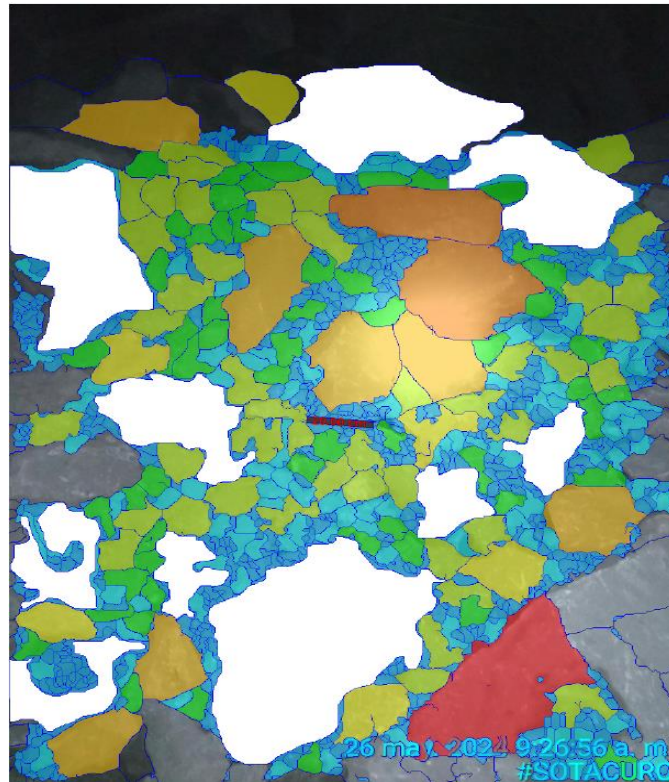
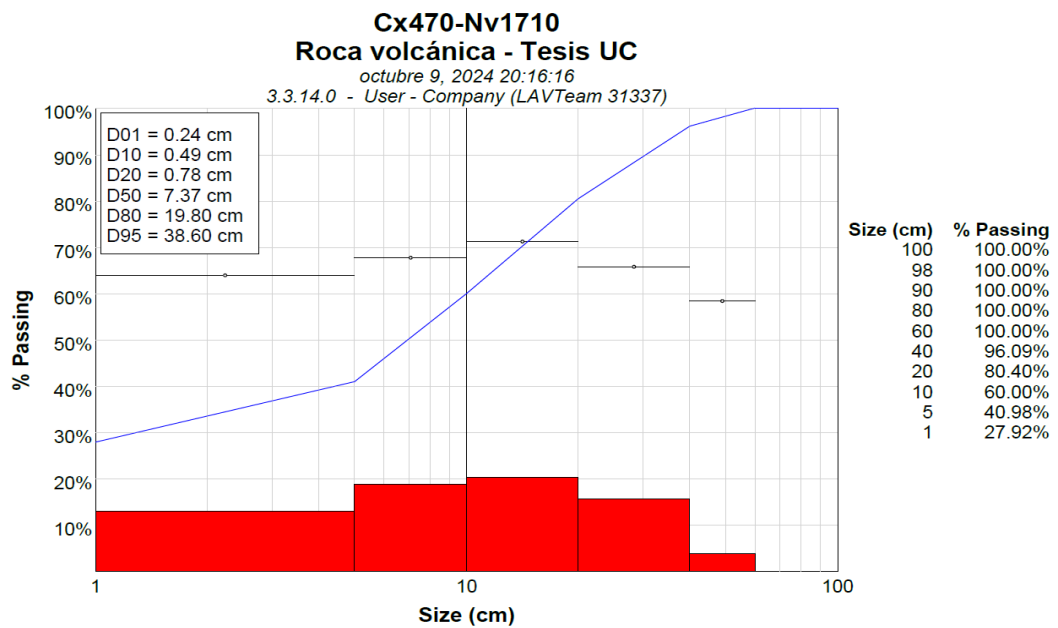


Figura 29. Análisis granulometría, Cx470 Nv1710



El análisis de la granulometría posvoladura en el Cx470, Nv1710 en la roca volcánica durante el escenario mejorado considera un P80 de 19.80 cm, esta menor granulometría comparada con la granulometría del escenario inicial que fue de 65.01 cm, producto del control de la sobrerotura, con un factor de llenado del 80 %. La disminución de la granulometría en el desarrollo del crucero Cx470, Nv 1710 considera una disminución de la sobre rotura de 14 %,

comparado con la sobre rotura del escenario inicial del 18 %, producto del control de los parámetros de perforación y voladura, controlando el paralelismo de taladros, mejor distribución de la carga explosiva, mejor conocimiento de los dominios geológicos (litología), grado de fragmentación post voladura, etc. La sobrerotura generada controla el tamaño del material post voladura considerando tamaños de 60 cm con un 100 % del porcentaje pasante.

✓ Crucero Cx620, Nv 1850: dique andesita

El análisis de la fragmentación realizado en el Cx620, Nv 1850 en el dique de andesita, considera el tamaño de la granulometría durante el escenario mejorado, observándose los siguientes resultados:



Figura 31. Material posvoladura, Cx620 Nv1850

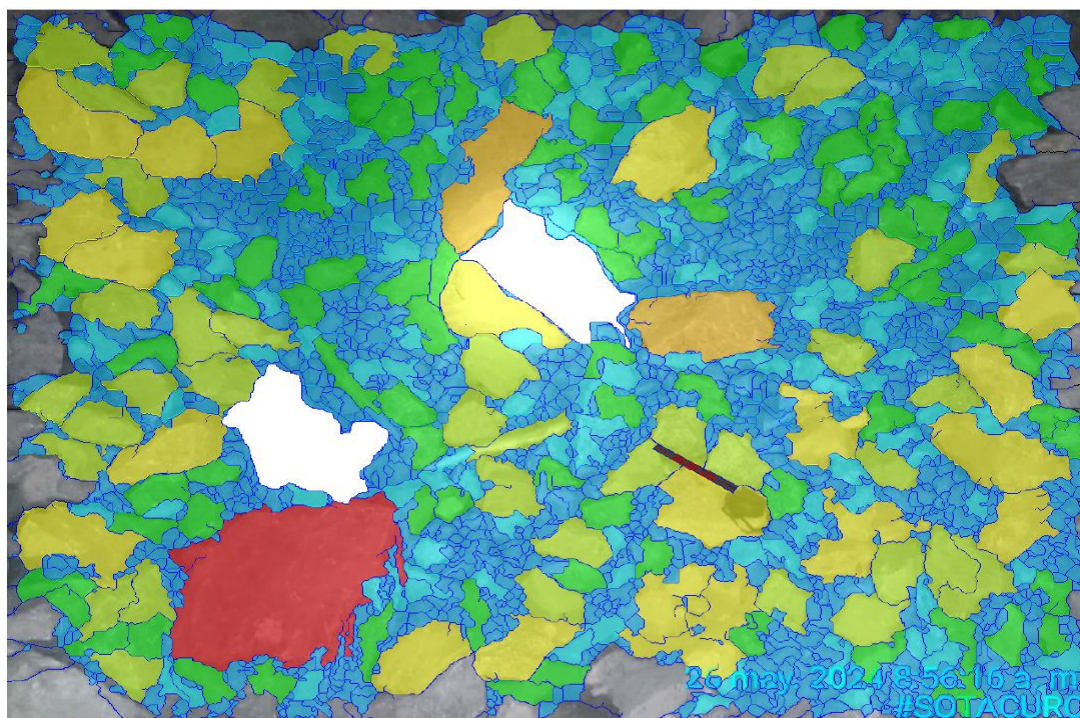
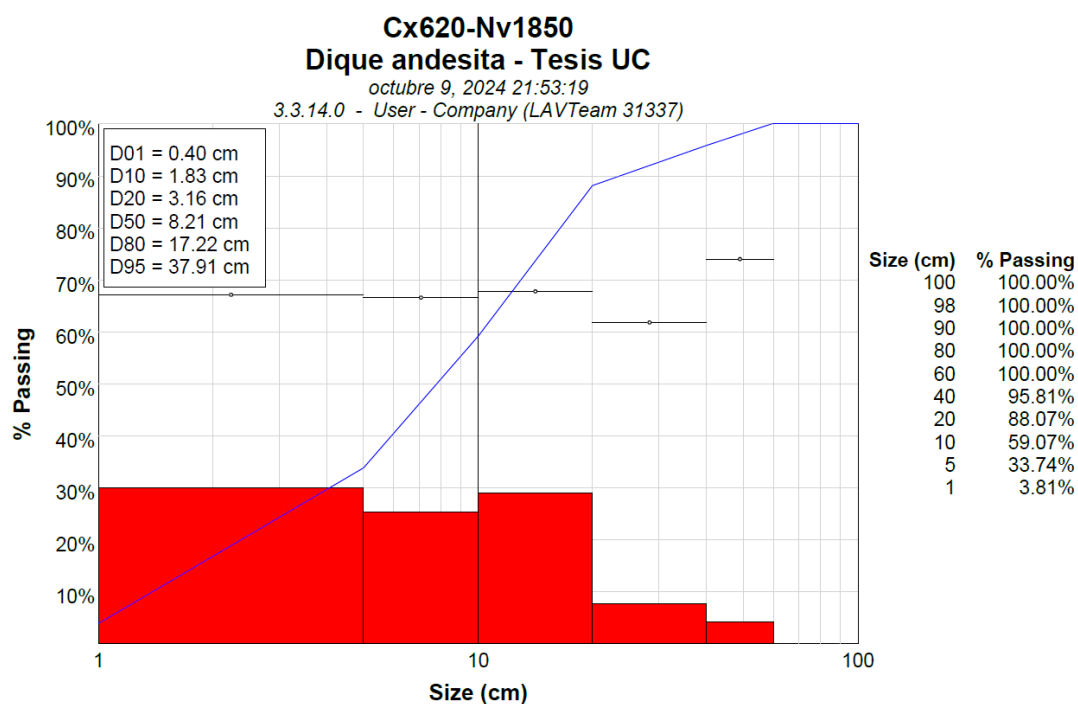


Figura 32. Análisis granulometría, Cx620 Nv1850



El análisis de la granulometría posvoladura en el Cx620, Nv1850 en el dique de andesita durante el escenario mejorado considera un P80 de 17.22 cm, esta menor granulometría comparada con la granulometría del escenario inicial que fue de 53.42 cm, producto del control de la sobrerotura con un factor de llenado del 82 %. La disminución de la granulometría en el desarrollo del crucero Cx470, Nv 1710 considera una disminución de la sobre rotura de 13 %,

comparado con la sobrerotura del escenario inicial del 17%, producto del control de los parámetros de perforación y voladura, controlando el paralelismo de los taladros, mejor distribución de la carga explosiva, mejor conocimiento de los dominios geológicos (litología), grado de fragmentación post voladura, etc. La sobre rotura generada controla el tamaño del material posvoladura considerando tamaños máximos de 60 cm con un 100 % del porcentaje pasante.

c) Resumen de granulometría en los escenarios inicial y mejorado

Los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría durante los escenarios inicial y mejorado se describen en la siguiente tabla:

Tabla 19. Resumen de granulometría, Cx 5x4.5 m: roca volcánica y dique de andesita

RESUMEN GRANULOMETRÍA						
ROCA VOLCÁNICA - DIQUE DE ANDESITA						
MES	TIPO ROCA	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	INCREMENTO VOLUMEN (m3)	SOBRE ROTURA (%)	GRANULOMETRÍA (cm)
FEBRERO-MARZO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	67.17	79.50	12.33	18.00	65.01
FEBRERO-MARZO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	68.64	79.96	11.31	17.00	53.42
ABRIL-MAYO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	81.96	88.30	6.34	14.00	19.80
ABRIL-MAYO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	72.56	81.20	8.64	13.00	17.22
Promedio		72.58	82.24	9.66	15.50	38.86

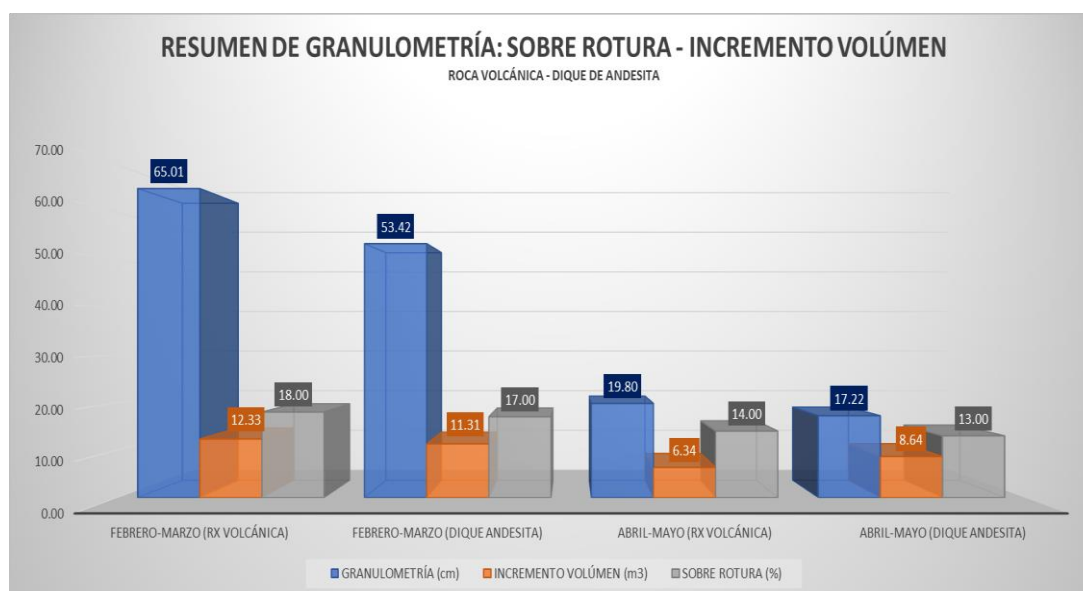


Figura 34. Resumen de granulometría en cruceros 5 x 4.5m

El análisis de la granulometría realizada en los cruceros de 5 x 4.5 m desarrolladas en las rocas volcánicas y diques andesíticos considerados en los escenarios analizados son: 65.01 cm y 53.42 cm en el escenario inicial (febrero, marzo) y de 19.80 cm y 17.22 cm en el escenario mejorado (abril y mayo). La disminución de la granulometría en el escenario mejorado es

producto de la influencia de la disminución de la sobre rotura de 17.5 % a 13.5 %, disminuyendo el volumen de material generado por la sobre rotura de 11.82 m³ a 7.49 m³ en los escenarios analizados.

4.5 Análisis del rendimiento en crucero Cx 5 x 4.5 m: equipos de acarreo

Una vez determinado la granulometría realizada en el material posvoladura de los cruceros de 5 x 4.5 realizados en rocas volcánicas y diques de andesita, se asoció al factor de llenado y su incidencia en la capacidad efectiva de los equipos de carguío y su influencia en el tonelaje acarreado de los equipos de acarreo y su costo asociado.

Los equipos de carguío están relacionados a scoops de 7 yd³ y los equipos de acarreo son volquetes 8x4 de 42 toneladas, siendo los parámetros a trabajar los siguientes:

- Capacidad nominal scoop: 7 yd³
- Capacidad nominal volquetes: 8x4: 42 t
- Densidad material (desmonte): 2.7
- Factor de esponjamiento: 30%
- Factor llenado (esc. inicial): (70 a 72%)
- Factor llenado (esc. Mejorado): (80 a 82%)
- Número de pases: 4

Para el cálculo del rendimiento o tonelaje acarreado se considera el factor de acoplamiento o match factor entre scoops de 7 yd³ y volquetes de 42 t, definiendo el número de pases en 4, el cual considera un adecuado dimensionamiento de flota entre equipos de carguío y equipos de acarreo.

a) Rendimiento de acarreo: scoops (7 yd³) y volquetes 8x4 (42 t)

El análisis del rendimiento de equipos de acarreo considera la sobrerotura y granulometría en el desarrollo de los cruceros Cx 5 x 4.5 m durante los escenarios inicial y mejorado. Estos parámetros operacionales obtenidos son relacionados con el factor de llenado y el número de pases para determinar la capacidad efectiva de los scoops de 7 yd³ y el tonelaje acarreado en volquetes de 42 toneladas.

Tabla 20. Resumen de rendimiento; scoops (7yd3) – Volquete 8x4 (42 t)

RESUMEN RENDIMIENTO: SCOOPS (7YD3) - VOLQUETE 8x4 (42 TON)									
ROCA VOLCÁNICA - DIQUE DE ANDESITA									
MES	TIPO ROCA	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	INCREMENTO VOLUMEN (m3)	SOBRE ROTURA (%)	GRANULOMETRÍA (cm)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA SCOOPS: 7 YD3 (ton/cuchara)	RENDIMIENTO ACARREO: CAMION 42 ton (ton/viaje)
FEBRERO-MARZO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	67.17	79.50	12.33	18.00	65.01	70%	7.78	31.12
FEBRERO-MARZO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	68.64	79.96	11.31	17.00	53.42	72%	8.00	32.01
ABRIL-MAYO (RX VOLCÁNICA)	VOLCÁNICA	81.96	88.30	6.34	14.00	19.80	80%	8.89	35.57
ABRIL-MAYO (DIQUE ANDESITA)	DIQUE ANDESITA	72.56	81.20	8.64	13.00	17.22	82%	9.11	36.46
Promedio		72.58	82.24	9.66	15.50	38.86	76%	8.45	33.79

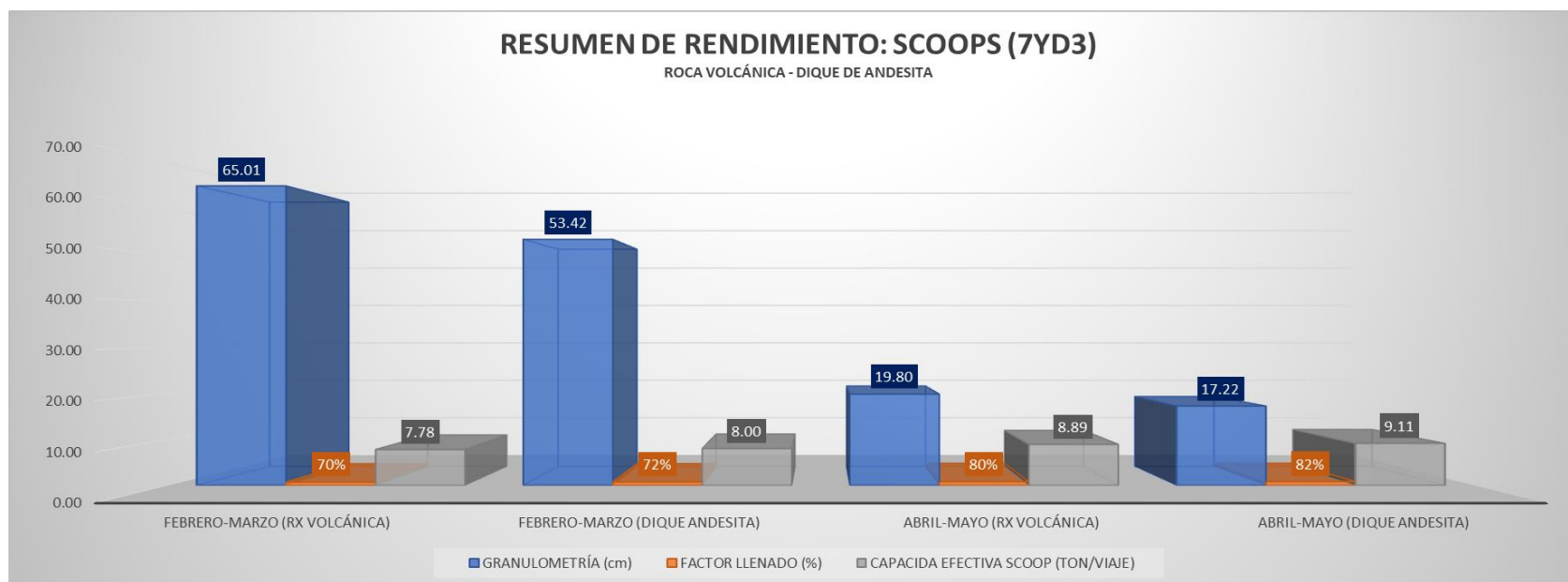


Figura 35. Resumen de rendimiento scoops 7 yd³

Durante el análisis de la granulometría realizado en el desarrollo de cruceros de 5 x 4.5 m en rocas volcánicas y diques de andesita, durante los escenarios inicial y mejorado, se considera factores de llenado de 70 a 72 % (inicial) y de 80 a 82 % (mejorado), producto de una disminución de la sobrerotura en los periodos analizados. Se considera valores de capacidad efectiva de scoops de 7 yd³ de 7.78 ton/cuchara en el escenario inicial (febrero – marzo) y una mejora de 8.89 a 9.11 t/cuchara durante el escenario mejorado (abril – mayo).

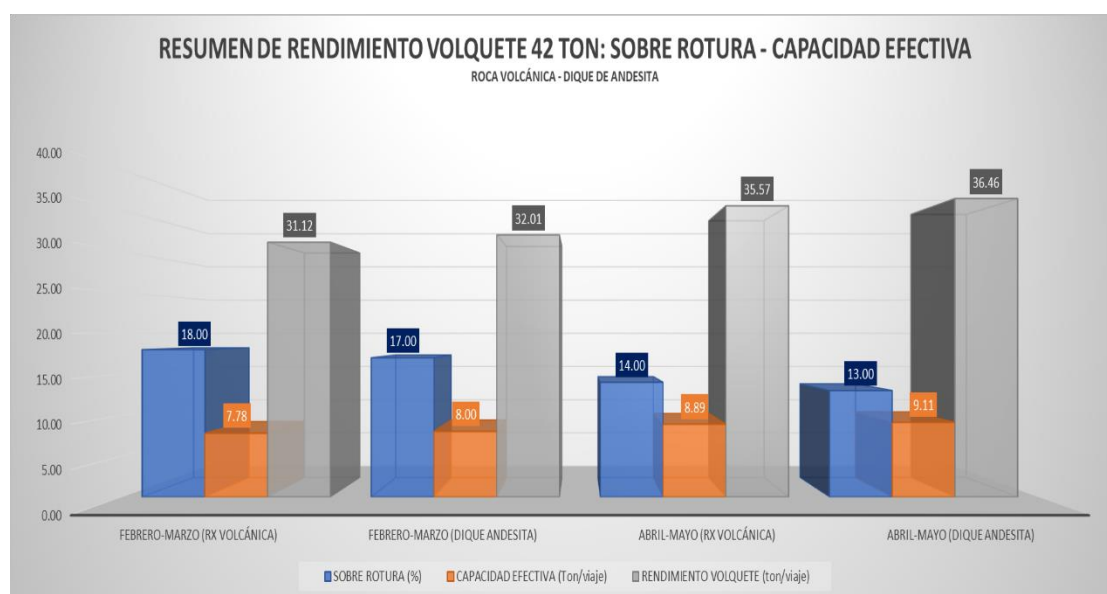


Figura 36. Resumen de rendimiento de volquetes 8 x 4 de 42 t

Para el análisis de los equipos de acarreo en volquetes 8 x4 de 42 t se considera valores de sobrerotura entre 17 a 18 % (escenario inicial) y una disminución entre 13 a 14 % (escenario mejorado) producto de un mejor control del paralelismo de los taladros, mejor distribución de la carga explosiva, mejor conocimiento de los dominios geológicos (litología), grado de fragmentación post voladura, etc., lo que incide directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops de 7 yd³) incidiendo en el tonelaje acarreado. Los rendimientos obtenidos en los equipos de acarreo durante los periodos analizados consideran valores de 31.12 a 32.01 t/ciclo durante el escenario inicial (febrero – marzo) y una mejora en el rendimiento de acarreo de 35.57 a 36.46 t/viaje, producto de una reducción de la sobrerotura.

4.6 Validación de la hipótesis

El análisis de la sobrerotura durante el desarrollo de los cruceros de 5 x 4.5 m para los escenarios inicial (febrero y marzo) y escenario mejorado (abril y mayo) permitieron relacionar con el grado de fragmentación generada en ambos escenarios, para definir la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 7 yd³) y medir el comportamiento del rendimiento de los equipos de acarreo (volquetes 8x4 de 24 t). La mejora o disminución de la sobrerotura durante

los escenarios evaluados fue producto de un mejor control de los parámetros de perforación y voladura como el control del paralelismo de los taladros, mejor distribución de la carga explosiva, mejor conocimiento de los dominios geológicos (litología), grado de fragmentación post voladura, etc.

a) Validación de la sobrerotura

Tabla 21. Validación de la sobrerotura del desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: SOBRE ROTURA							
ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO							
MES	LONGITUD PERFOR. (m)	N° TALADROS PERFORADOS	TOTAL EXPLOSIVO (Kg)	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	DIFERENCIA VOLUMEN (M3)	SOBRE ROTURA (%)
ESCENARIO INICIAL	4.23	43.90	180.69	67.91	79.73	11.82	17.50
ESCENARIO MEJORADO	4.26	46.88	190.53	77.26	84.75	7.49	13.50
MEJORA	0.03	2.98	9.84	9.35	5.02	-4.33	-4.00

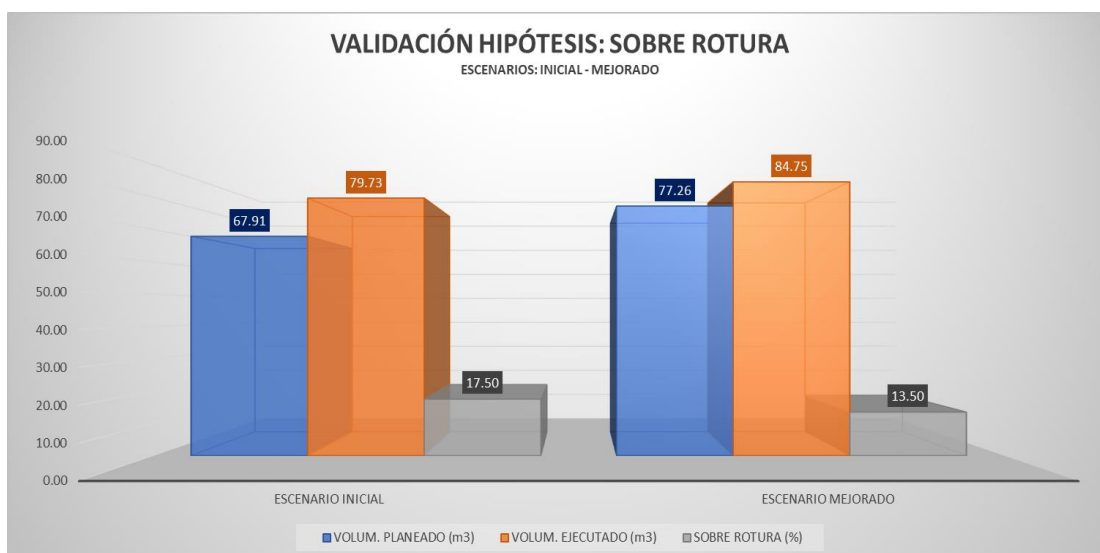


Figura 37. Validación hipótesis de sobrerotura en cruceros Cx 5 x 4.5 m

La sobrerotura generada durante el periodo inicial (febrero y marzo) fue del 17.5 % y durante el periodo mejorado (abril y mayo) fue del 13.5 %, esta mejora o disminución de la sobrerotura en 4 % se vio reflejada con un incremento de metros perforados en 0.03 metros, mayor cantidad de taladros en 3 y mayor cantidad de explosivos en 9.84 kg. El volumen del material generado entre los escenarios inicial y mejorado hubo una reducción de 4.33 m³, esto producto de la reducción de la sobrerotura en 4 %.

b) Validación de la granulometría

Tabla 22. Validación de la granulometría en el desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: GRANULOMETRÍA					
ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO					
ESCENARIO	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	INCREMENTO VOLUMEN (m3)	SOBRE ROTURA (%)	GRANULOMETRÍA (cm)
ESCENARIO INICIAL	67.91	79.73	11.82	17.50	59.22
ESCENARIO MEJORADO	77.26	84.75	7.49	13.50	18.51
MEJORA	9.35	5.02	-4.33	-4.00	-40.71

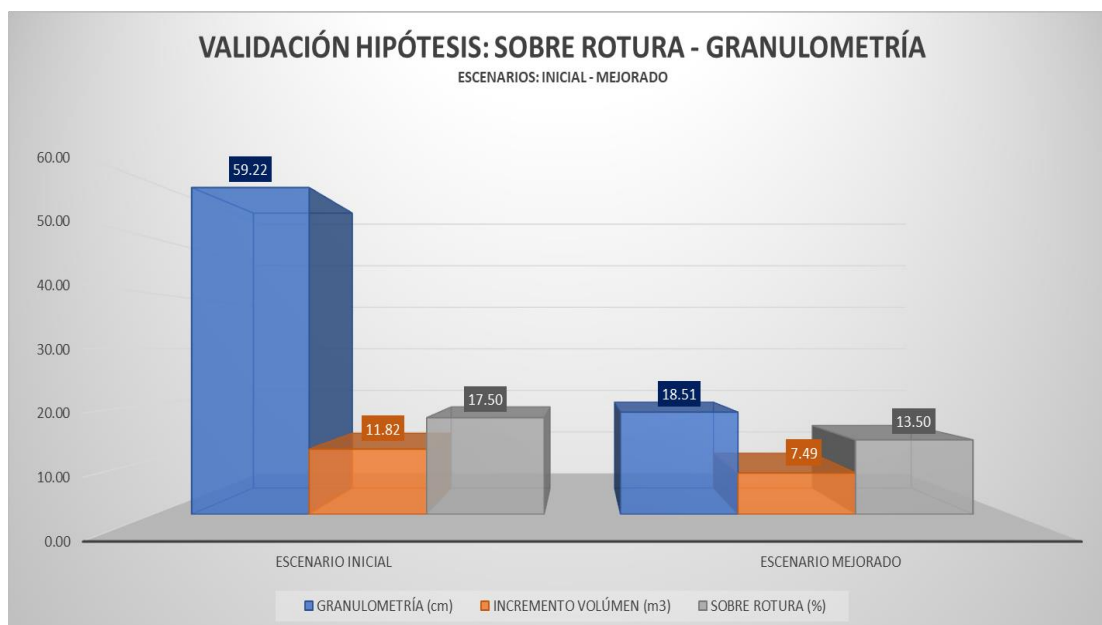


Figura 38. Validación hipótesis de la granulometría en cruceros Cx 5 x 4.5 m

La granulometría generada durante el escenario inicial (febrero y marzo) fue de 59.22 cm y durante el escenario mejorado (abril y mayo) fue de 18.51 cm, generando una disminución de 40.71 cm, producto de la reducción de la sobrerotura en 4 %. La sobrerotura generada durante el desarrollo de los cruceros Cx 5 x 4.5 m, controla el tamaño del material posvoladura considerando tamaños máximos > a 100 cm con porcentajes pasantes del 95.06 % (5% > a 100 cm) durante el escenario inicial y de tamaños máximos de 60 cm con un porcentaje pasante del 100 % durante el escenario mejorado, logrando la disminución de la sobrerotura y de la granulometría asociada al desarrollo de los cruceros.

c) Validación del rendimiento de equipos de acarreo

Tabla 23. Validación del rendimiento de acarreo en el desarrollo del crucero Cx 5x4.5 m

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: RENDIMIENTO ACARREO								
SCOOPS 7 YD3 - VOLQUETES 24 TON								
PERIODO	VOLUMEN PLANEADO (m3)	VOLUMEN REAL (m3)	INCREMENTO VOLUMEN (m3)	SOBRE ROTURA (%)	GRANULOMETRÍA (cm)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA SCOOPS: 7 YD3 (ton/cuchara)	RENDIMIENTO ACARREO: CAMION 42 ton (ton/viaje)
ESCENARIO INICIAL	67.91	79.73	11.82	17.50	59.22	71%	7.89	31.57
ESCENARIO MECANIZADO	77.26	84.75	7.49	13.50	18.51	81%	9.00	36.01
MEJORA	9.35	5.02	-4.33	-4.00	-40.71	10%	1.11	4.45

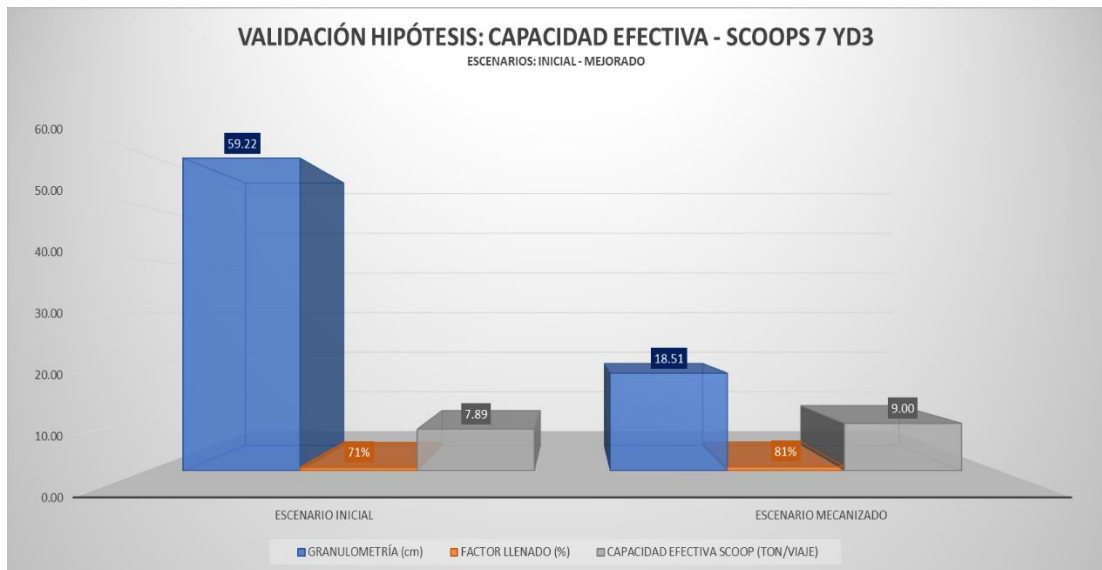


Figura 39. Validación hipótesis de la capacidad efectiva en scoops 7 yd³

La capacidad efectiva durante el escenario inicial (febrero y marzo) en equipos de carguío o limpieza scoops de 7 yd³ fue de 7.89 t/cuchara y para el escenario mejorado fue de 9.0 t/cuchara, este incremento en el tonelaje cargado fue producto de la disminución de la granulometría en 40.71 cm y el incremento del factor de llenado en 10 %, incidiendo en la mejora de la capacidad efectiva.

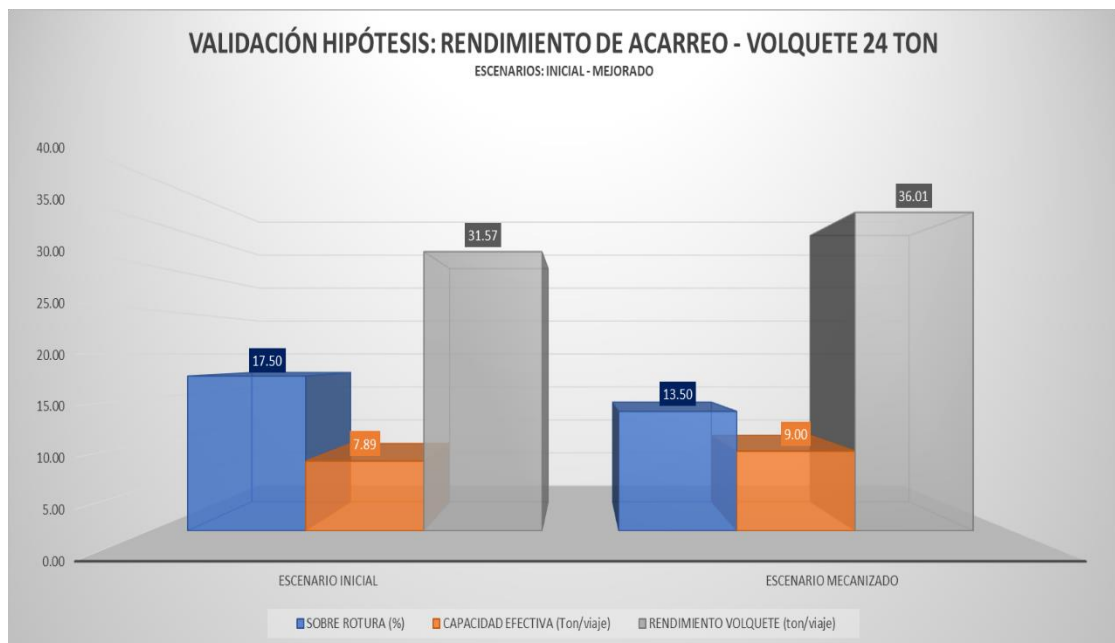


Figura 40. Validación hipótesis en el rendimiento de acarreo, volquetes de 42 t

La mejora de la capacidad efectiva en 1.11 t/cuchara en equipos de carguío (scoops 7 yd³) durante el escenario mejorado y considerando un valor de 4 como número de pases entre equipos de carguío y acarreo el rendimiento de los volquetes de 42 t, durante el escenario inicial fue de 31.57 t/viaje e incrementando en 36.01 ton/viaje para el escenario mejorado.

La mejora del rendimiento en equipos de acarreo en 4.45 t/viaje fue producto de la reducción de la sobre rotura en 4 %, disminución de la granulometría en 40.71 cm y mejora del factor de llenado en 10 %, incidiendo la mejora de la capacidad efectiva en equipos de carguío o limpieza (scoops 7 yd³) en 1.11 t/cuchara o t/viaje.

Finalmente, si bien es cierto que durante el estudio hubo una reducción de la sobrerotura en 4 % y afectó positivamente en el rendimiento de los equipos de acarreo (volquetes 42 t) en 4.45 t/viaje, aún sigue afectando la sobrerotura remanente en el rendimiento de los equipos, por lo que hay que seguir realizando estudios complementarios y disminuir la sobrerotura para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo.

CONCLUSIONES

1. Para la realización del presente trabajo se determinó el análisis de la sobrerotura durante el desarrollo de los cruceros de 5 x 4.5 m en rocas volcánicas y diques de andesita durante 2 periodos febrero y marzo (inicial) y abril y mayo (mejorado), donde se relacionó la sobrerotura con el grado de fragmentación en ambos periodos, determinando el factor de llenado y su incidencia con la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 7 yd³), definiendo el rendimiento de los equipos de acarreo (volquetes de 42 t).
2. El análisis de la sobrerotura considera volúmenes programados entre 67.17 a 68.64 m³ y volúmenes reales entre 79.50 a 79.96 m³ (escenario inicial) teniendo en cuenta una sobrerotura del 17.5 %. Durante el análisis de la sobrerotura en el escenario mejorado considera volúmenes programados de 76.56 a 81.96 m³ y el volumen real de 81.20 a 88.30 con una sobrerotura del 13.5 %.
3. La sobrerotura generada durante el periodo inicial (febrero y marzo) fue del 17.5 % y durante el periodo mejorado (abril y mayo) fue del 13.5 %, esta mejora o disminución de la sobrerotura en 4 % se vio reflejada con un incremento de metros perforados en 0.03 metros, mayor cantidad de taladros en 3 y mayor cantidad de explosivos en 9.84 kg. El volumen del material generado entre los escenarios inicial y mejorado permite una reducción de 4.33 m³, esto producto de la reducción de la sobrerotura en 4 %.
4. El análisis de la granulometría realizada en los cruceros de 5 x 4.5 m, desarrolladas en las rocas volcánicas y diques andesíticos, considerados en los escenarios analizados son: 65.01 cm y 53.42 cm en el escenario inicial (febrero, marzo), considerando un factor de llenado promedio del 71 % y de 19.80 cm y 17.22 cm en el escenario mejorado (abril y mayo), con un factor de llenado del 81 %. La disminución de la granulometría en el escenario mejorado es producto de la influencia de la disminución de la sobrerotura de 17.5 % a 13.5 %, disminuyendo el volumen de material generado por la sobrerotura de 11.82 m³ a 7.49 m³ en los escenarios analizados.
5. La disminución de la sobrerotura en 4 % generada durante el desarrollo de los cruceros Cx 5 x 4.5 m considera el tamaño del material posvoladura con tamaños máximos > a 100 cm y porcentajes pasantes del 95.06 % (5% > a 100 cm) durante el escenario inicial y de tamaños máximos de 60 cm con un porcentaje pasante del 100 % durante el escenario mejorado, logrando la disminución de la sobrerotura y de la granulometría asociada al desarrollo de los cruceros.

6. La capacidad efectiva durante el escenario inicial (febrero y marzo) en equipos de carguío o limpieza (scoops de 7 yd³) fue de 7.89 t/cuchara y para el escenario mejorado fue de 9.0 t/cuchara, este incremento en el tonelaje cargado fue producto de la disminución de la granulometría en 40.71 cm y el incremento del factor de llenado en 10 %, incidiendo en la mejora de la capacidad efectiva.
7. La mejora de la capacidad efectiva en 1.11 t/cuchara en equipos de carguío (scoops 7 yd³) durante el escenario mejorado y considerando un valor de 4 como número de pases entre equipos de carguío y acarreo el rendimiento de los volquetes de 42 t durante el escenario inicial fue de 31.57 t/viaje e incrementando en 36.01 t/viaje para el escenario mejorado.
8. La mejora del rendimiento en equipos de acarreo en 4.45 t/viaje fue producto de la reducción de la sobrerotura en 4 %, disminución de la granulometría en 40.71 cm y mejora del factor de llenado en 10 %, incidiendo la mejora de la capacidad efectiva en equipos de carguío o limpieza (scoops 7 yd³) en 1.11 t/cuchara o ton/viaje.
9. Finalmente, si bien es cierto que durante el estudio hubo una reducción de la sobrerotura en 4 % y afectó positivamente en el rendimiento de los equipos de acarreo (volquetes 42 t) en 4.45 t/viaje, aún sigue afectando la sobrerotura remanente en el rendimiento de los equipos, por lo que hay que seguir realizando estudios complementarios y disminuir la sobrerotura para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar trabajos similares, considerando los parámetros de diseño de perforación y voladura, así como los costos asociados de acuerdo a la variabilidad geológica por tipo de roca y alteración hidrotermal correspondiente.
2. Se recomienda realizar un análisis de las principales actividades de los procesos unitarios de carguío y acarreo para determinar la pérdida de tiempo operacional y relacionar con el rendimiento de los equipos de acarreo.
3. Se recomienda realizar un análisis de la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo, considerando en detalle las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo, de acuerdo a la vida operacional de los equipos.
4. Se recomienda realizar un análisis del factor de acoplamiento o *match factor* entre los *scoops* de diferentes capacidades con los equipos de acarreo volquetes y dumpers asociados al método de minado con taladros largos.
5. Se recomienda realizar estudios de análisis de información de años anteriores en los procesos de carguío y acarreo, determinando las diferentes variables operacionales y económicas para generar modelos de predictibilidad en el rendimiento de equipos subterráneos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONZALES, Nataly y RIVERA, Cristian. Reducción de la sobre excavación mediante explosivo SUBTEK en Mina Esmeralda, El Teniente – Codelco Chile. Tesis (Título de Ingeniero en Minas). Santiago: Universidad de las Américas, 2018, 62 pp.
2. CASTRO, Cristian. Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por Sublevel Stoping. Memoria (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2015, 221 pp.
3. RODRIGUEZ, Luis. Perforación y voladura y su influencia en sobrerotura en labores subterráneas – Yauliyacu – Empresa Minera los Quenuales S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.
4. JIMENEZ, Lincol. Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2021.
5. PUMA, Josue. Sobre excavación y evaluación geomecanica del método de explotación bench and fill en la mina Islay Unidad Minera Chungar – Pasco. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
6. NEXA RESOURCES: data de Perforación y voladura, periodo 2024.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Tabla de matriz de operacionalización de variables*

Definición operacional

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Control de la sobre rotura y mejora en el rendimiento de los equipos de acarreo.	La sobre rotura es un parámetro operacional que influye directamente en el rendimiento de los equipos de acarreo y los costos operacionales.	• Área Geología • Área Geomecánica • Área Operación	Dominio geológico Dominio Geomecánico Parámetros operacionales	Modelo yacimiento, leyes, alteración, etc. Propiedades macizo rocoso, dureza, etc. Plan de minado, equipos, etc.
VD: Análisis de las variables de perforación y voladura en labores de avance.	Los resultados de la voladura en labores de avance y los que están asociados a la sobre rotura influirán en el rendimiento de los equipos de acarreo.	• Área de perforación y voladura • Área unitaria de acarreo	Variables de perforación y voladura Variables operacionales de acarreo	Longitud perforación,, factor carga, factor de potencia, etc. Tonelaje, granulometría, capacidad efectiva, número pases, etc.

Anexo 2
Planos: planta - perfil

Anexo 1

Figuras

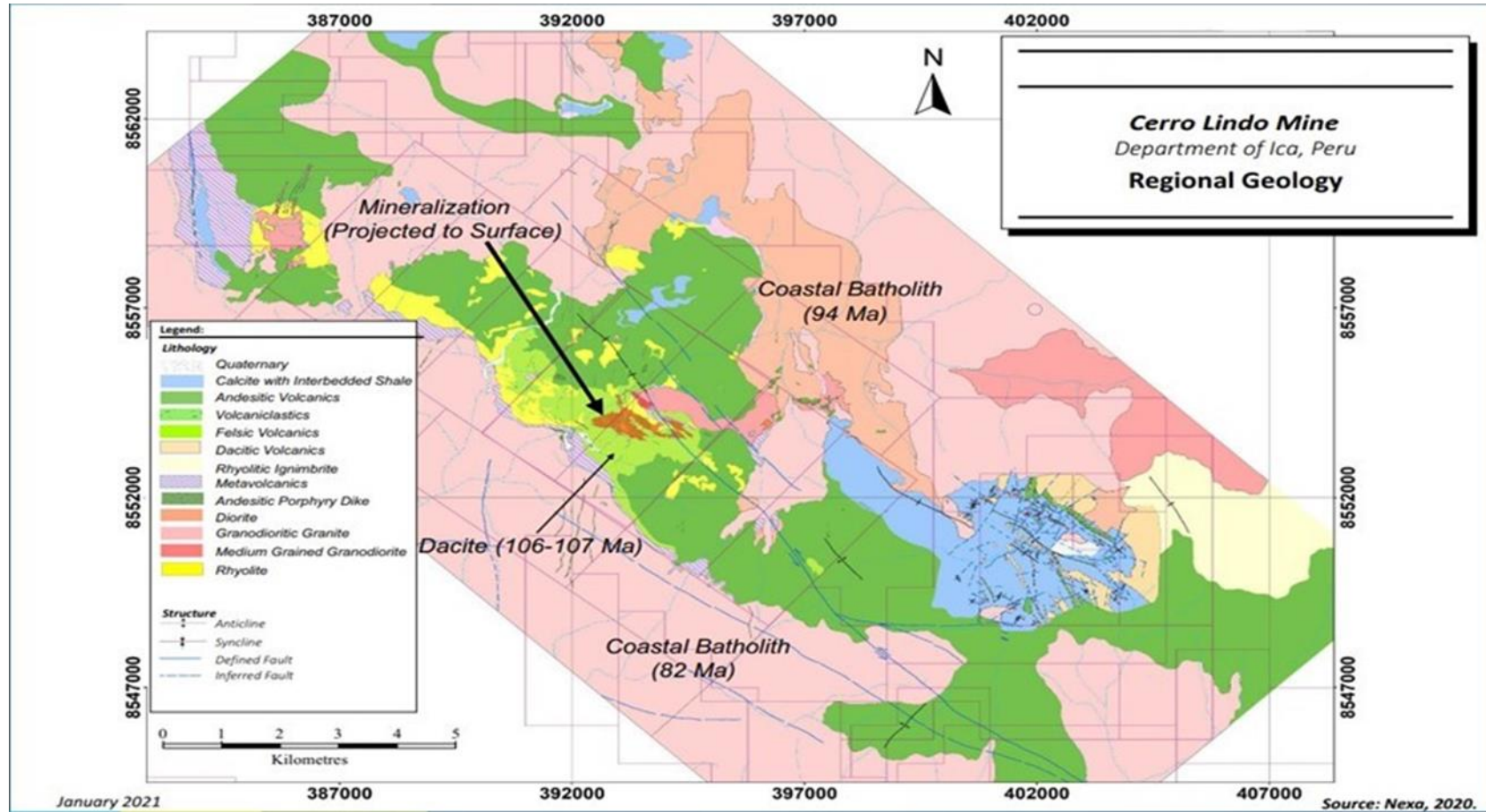


Figura 41. Geología del área de estudio
Tomada del Departamento de Geología

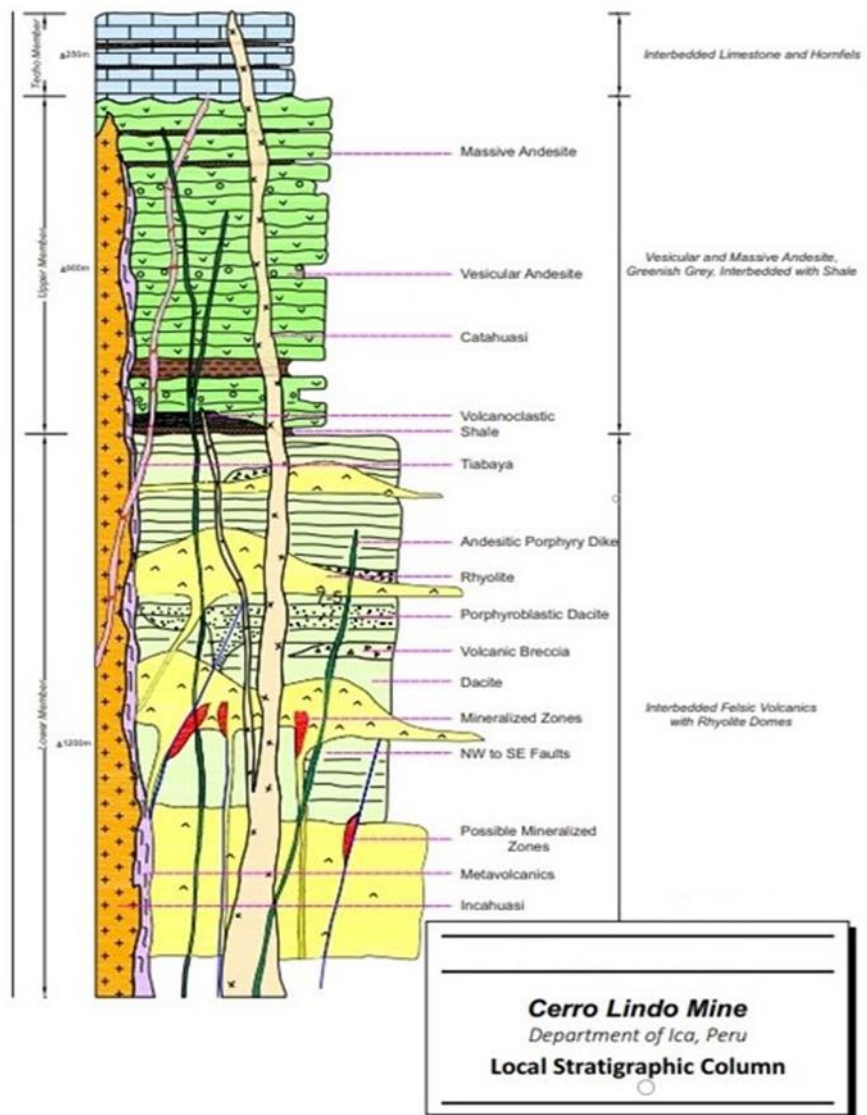


Figura 3. Estratigrafía de la Fm. Huaranguillo
Tomada del Departamento de Geología

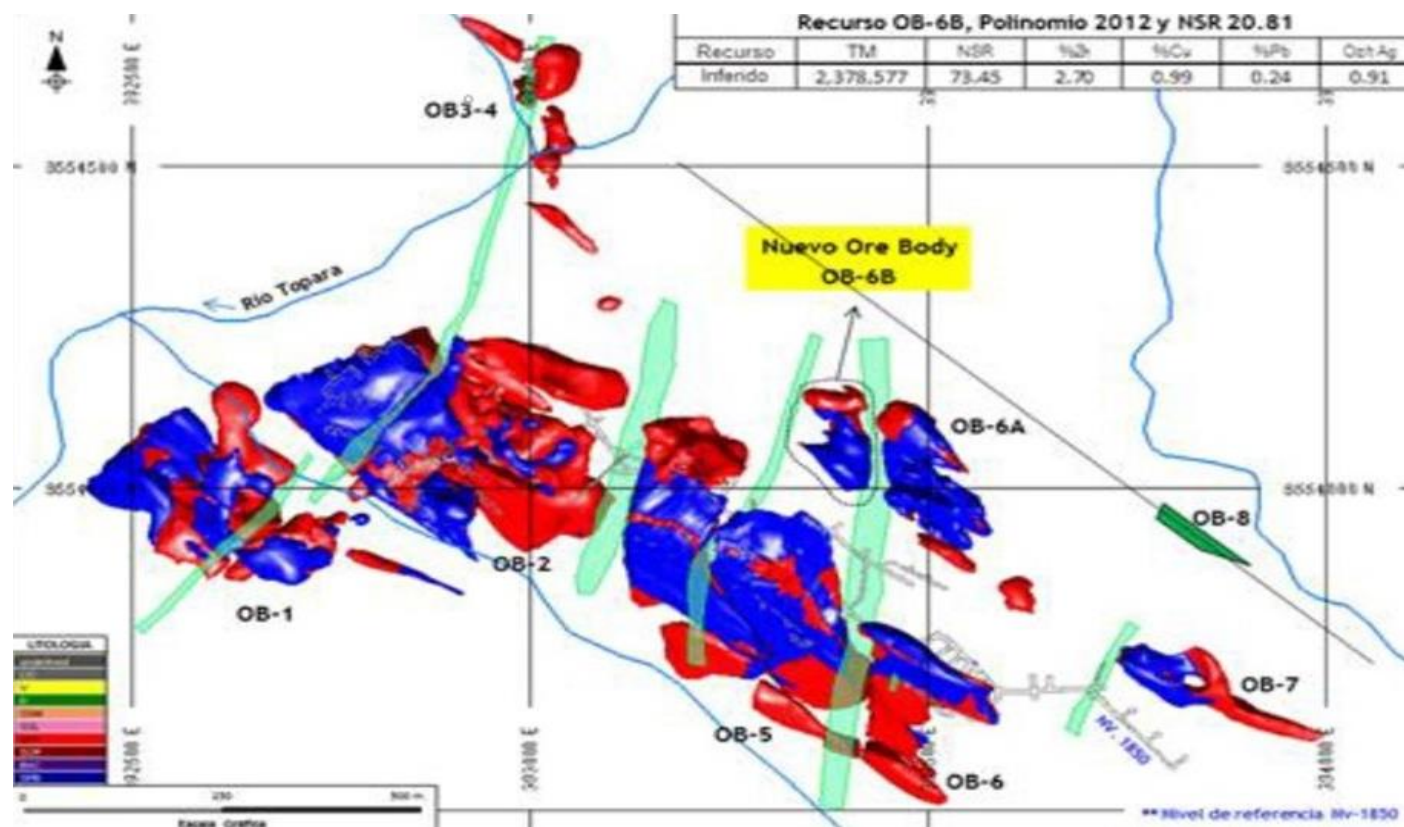
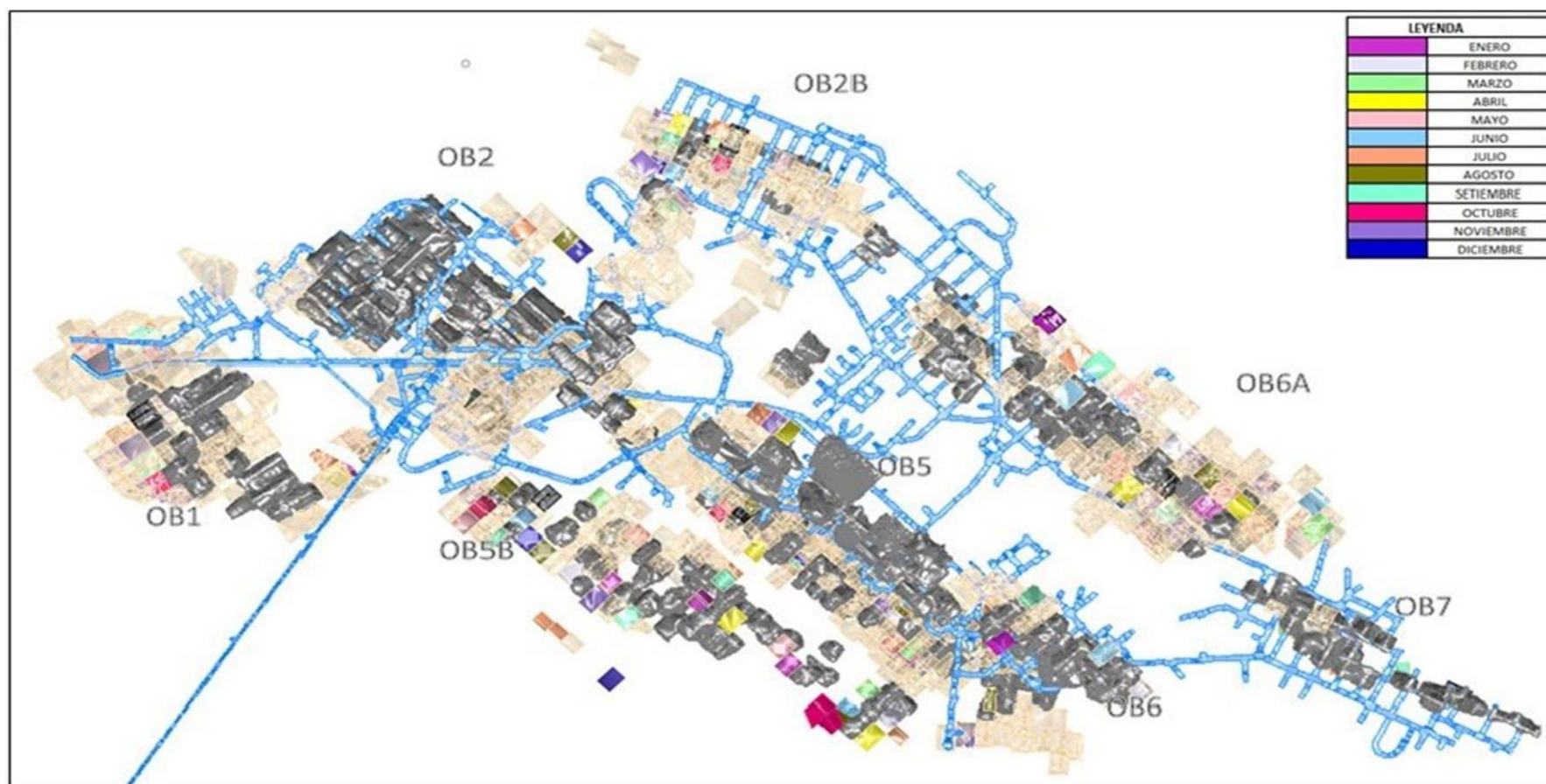


Figura 4. Cuerpos mineralizados en la unidad minera
Tomada del Departamento de Geología



*Figura 8. Plano de labores del cuerpo mineralizado OB6
Tomada del Departamento de Planeamiento*

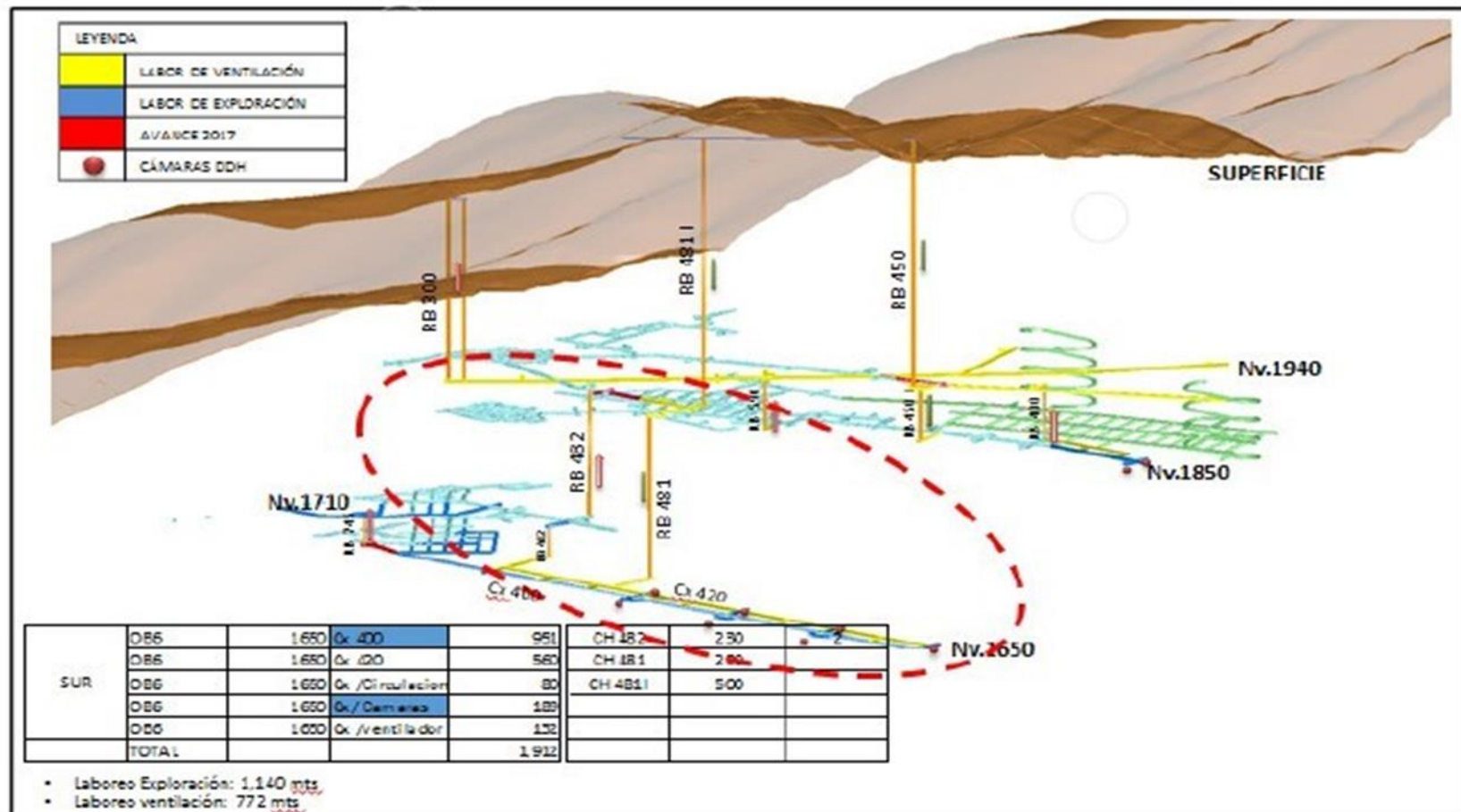
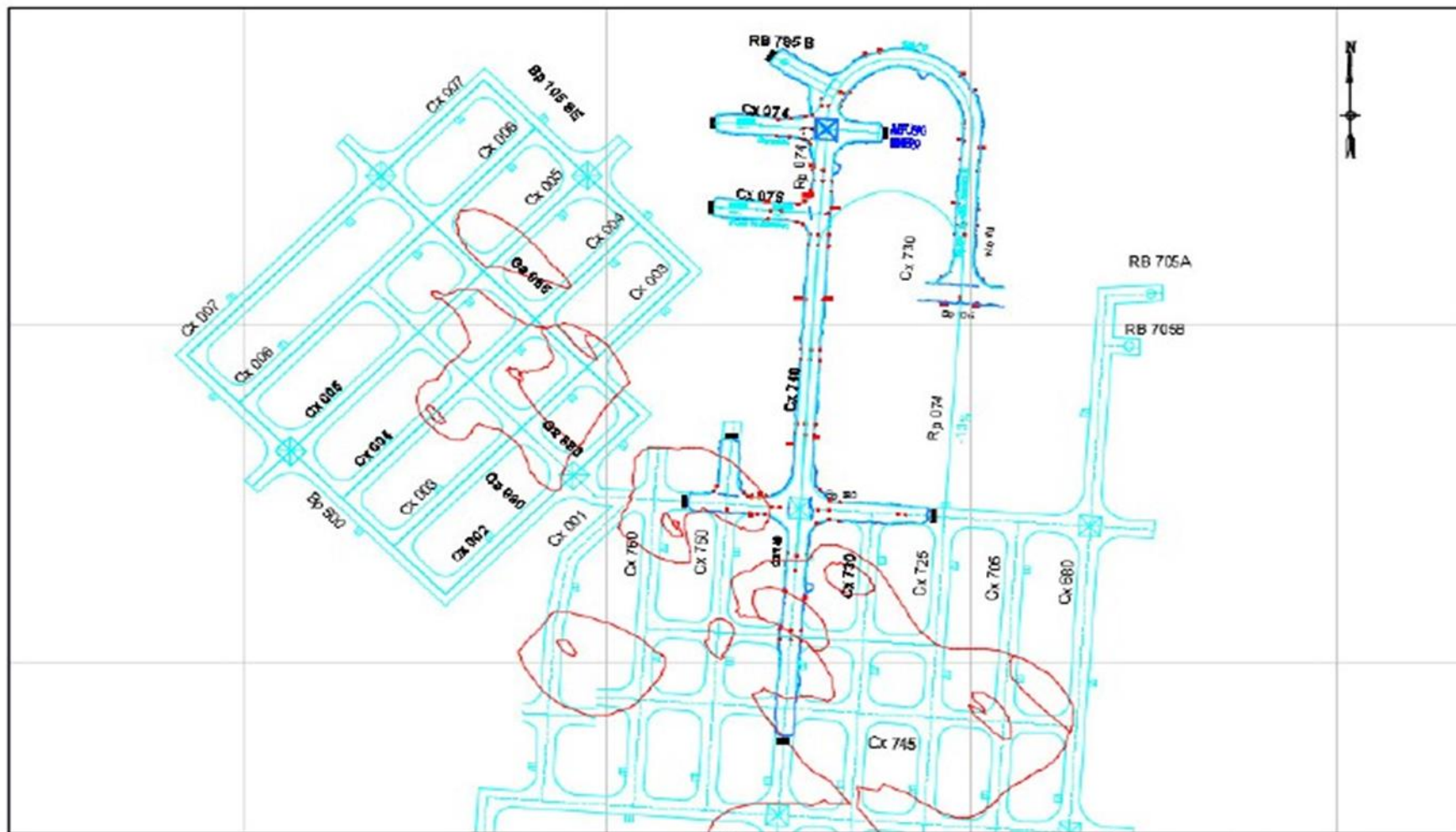


Figura 17. Labores subterráneas en el OB6, Nv 1710 y 1850
Tomada del Departamento de Operaciones



Anexo 2

Fotos: Análisis de la granulometría



Figura 22. Material post voladura, Cx020 Nv1850

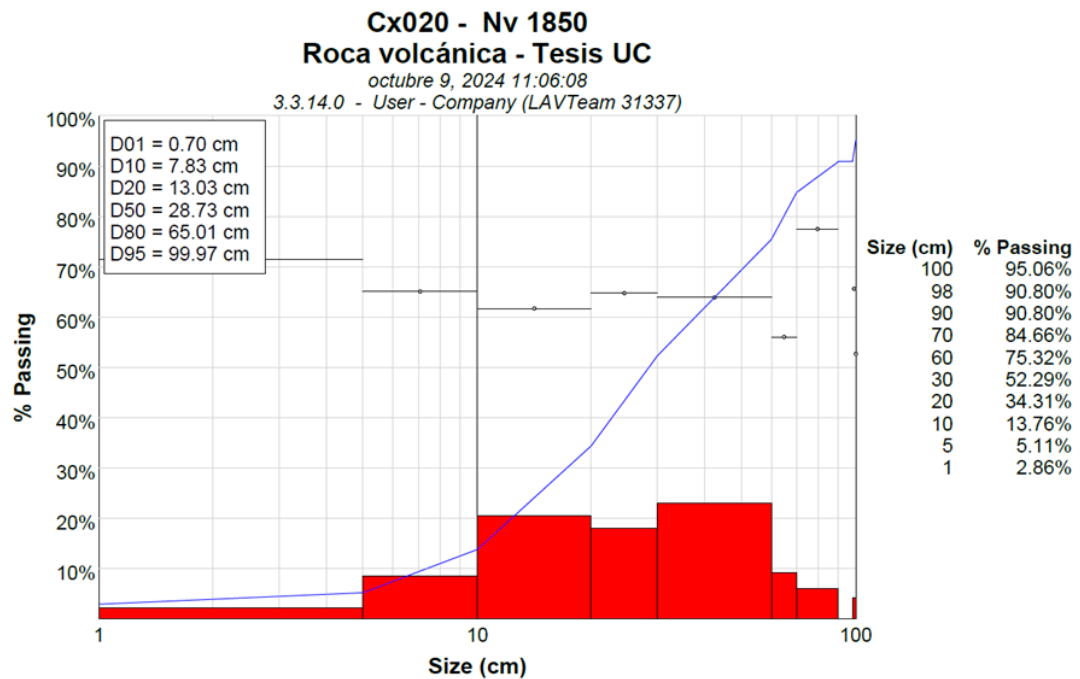


Figura 24. Perfil granulometría Cx020 Nv1850



Figura 25. Material post voladura Cx448 Nv1740

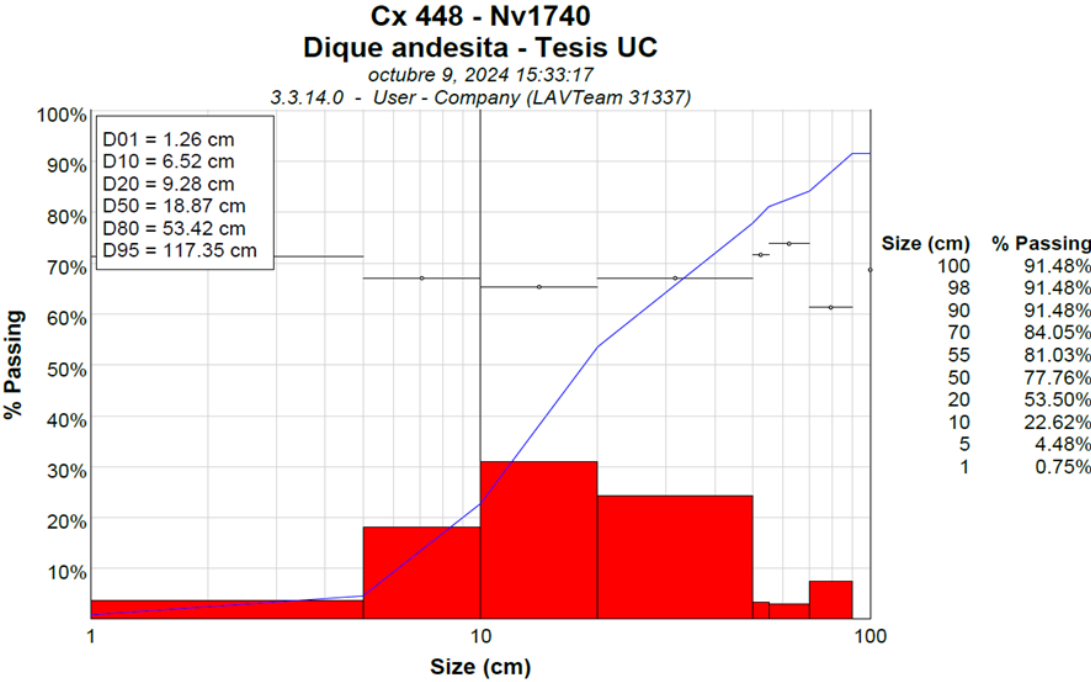


Figura 27. Perfil granulometría Cx448 Nv1740



Figura 28. Material post voladura Cx470 Nv1710

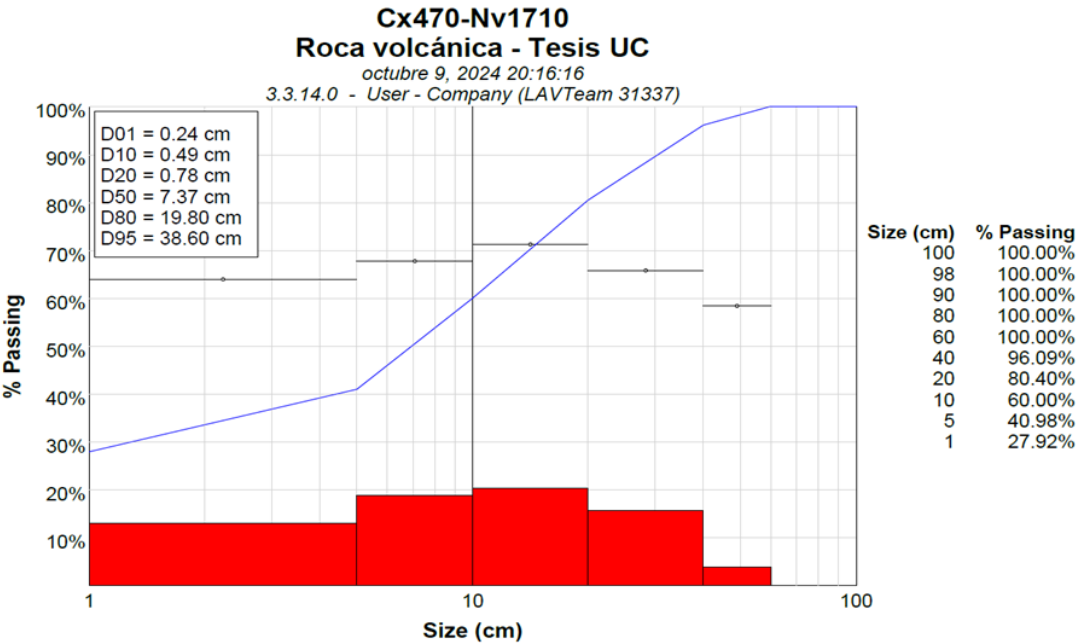


Figura 30. Perfil granulometría Cx470 Nv1710



Figura 31. Material post voladura, Cx620 Nv1850

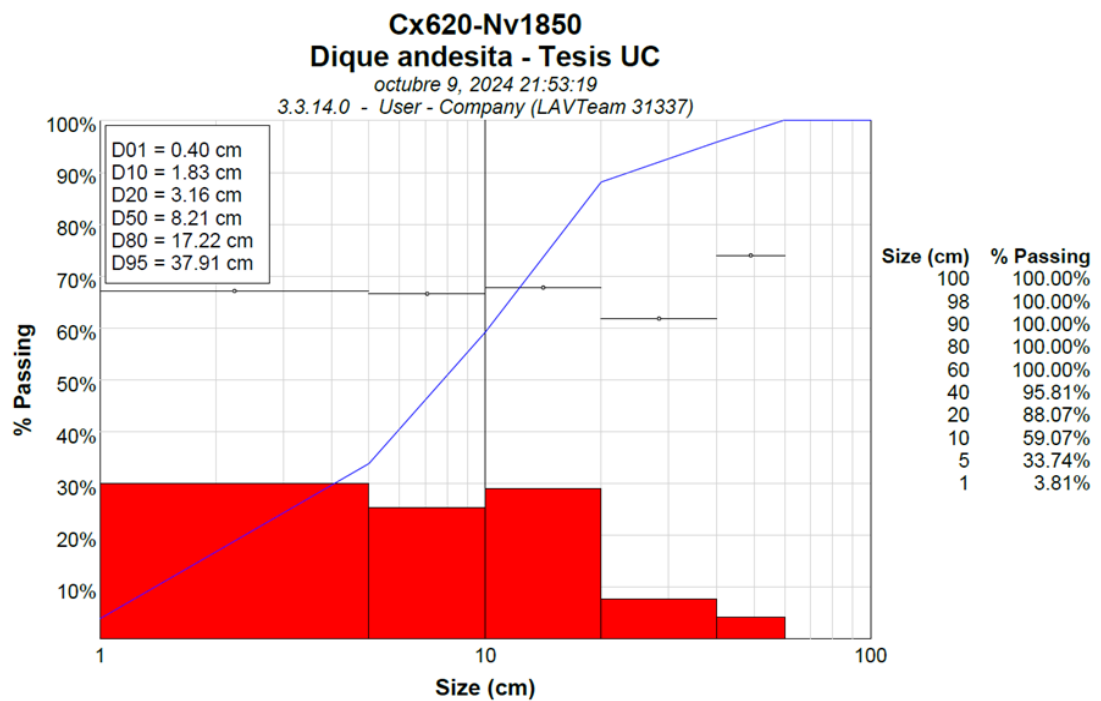


Figura 33. Perfil granulometría Cx620 Nv1850