Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS

“Mejora del Rendimiento de Equipos de Acarreo Mediante el Análisis de los Parámetros de Perforación y Voladura del Tj 200, Veta Daysi, Compañía Minera Casma SAC – 2024”

Autor
Alfredo Michael Santillan Calderon

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo - Perú
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	:	Decana de la Facultad de Ciencias de la Salud
DE	:	Ing. Javier Carlos Córdova Blancas Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO	:	Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA	:	19 de Junio de 2025

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

Título:
"Mejora del Rendimiento de Equipos de Acarreo Mediante el Análisis de los Parámetros de Perforación y Voladura del Tj 200, Veta Daysi, Compañía Minera Casma SAC – 2024"

Autores:
1. Alfredo Michael Santillan Calderon – 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 [X] NO [ ]
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI [X] NO [ ]
  N° de palabras excluidas **(en caso de elegir "SI"):** 10
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI [X] 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 Carlos Córdova Blancas

0000-0002-3529-4454

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi padre: Arcenio Calderon y a mi madre: Alejandrina Escudero, por el apoyo incondicional, por las enseñanzas y consejos que contribuyeron para lograr mis objetivos profesionales y personales. A mis hijas: Dayra y Mía que son mi motor y motivo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida y permitir culminar con los objetivos planeados.

A mis padres, por el amor, tiempo, dedicación y esfuerzo para lograr y finalizar mi etapa universitaria satisfactoriamente

A mi esposa e hijas, por su paciencia y apoyo durante todo este proceso.

A mis hermanos, por sus palabras de aliento para seguir adelante.

A mi asesor de tesis: Ing. Javier Córdova Blancas, por el tiempo, paciencia, experiencia y conocimiento para poder desarrollar y finalizar la tesis.

Finalmente, agradezco a mis docentes de la Universidad Continental por el adiestramiento y vivencia que sumaron a mi formación profesional.

.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR----------iv
DEDICATORIA----------v
AGRADECIMIENTO----------vi
ÍNDICE DE CONTENIDO----------vii
ÍNDICE DE TABLAS----------ix
ÍNDICE DE FIGURAS----------x
RESUMEN----------xi
ABSTRACT----------xii
INTRODUCCIÓN----------xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO----------14
1.1. Planteamiento y formulación del problema----------14
1.1.1. Planteamiento del problema----------14
1.1.2. Formulación del problema----------15
1.2. Objetivos----------15
1.2.1. Objetivo general----------15
1.2.2. Objetivos específicos----------15
1.3. Justificación e importancia----------16
1.3.1. Justificación social - práctica----------16
1.3.2. Justificación académica----------16
1.4. Hipótesis de la investigación----------16
1.4.1. Hipótesis general----------16
1.4.2. Hipótesis específicas----------17
1.5. identificación de las variables----------17
1.5.1. Variable independiente----------17
1.5.2. Variable dependiente----------17
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables----------18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO----------19
2.1Antecedentes del problema----------19
2.1.1 Antecedentes internacionales----------19
2.1.2 Antecedentes nacionales----------20
2.2Generalidades de la unidad minera----------21
2.2.1 Ubicación de la unidad minera----------21
2.2.2 Accesibilidad a la mina Las Lomas----------21
2.3Geología local----------22
2.3.1 Mineralización y tipo alteración----------22

2.3.2 Veta Daysi----------23
2.4Consideraciones operacionales----------24
2.5Bases teóricas del estudio----------26
2.5.1 Parámetros de perforación y voladura----------27
2.5.2 Consideraciones operacionales del ciclo de acarreo ----------28
2.5.3 Consideraciones de la capacidad efectiva de los equipos de carguío ----------29
2.5.4 Factor de acoplamiento entre dumpers 15.4 t y scoops 4 t ----------31
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN----------33
3.1. Método y alcances de la investigación----------33
3.1.1. Método de la investigación----------33
3.1.2. Alcances de la investigación----------34
3.2. Diseño de la investigación----------34
3.3. Población y muestra----------34
3.3.1. Población----------34
3.33.2. Muestra ----------34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ----------34
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos----------34
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos----------35
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES----------36
4.1Consideraciones operacionales del área de estudio: ----------36
4.2Análisis de perforación y voladura, TJ 200 veta Daysi----------38
4.3Análisis del proceso de acarreo del TJ 200, veta Daysi ----------44
4.4Análisis de la capacidad efectiva scoop ST2G, 4 t----------50
4.5Validación de la hipótesis----------56
CONCLUSIONES ---------- 61
RECOMENDACIONES---------- 63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS---------- 64
ANEXOS---------- 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables 18
Tabla 2. Acceso a la mina Las Lomas 21
Tabla 3. Datos operacionales de perforación, TJ 200 veta Daysi 28
Tabla 4. Parámetros técnicos, dumper Sandvick de 15.4 t 28
Tabla 5. Resumen mensual de tonelaje acarreado, mes enero a agosto 29
Tabla 6. Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de setiembre 39
Tabla 7. Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de octubre 40
Tabla 8. Resumen promedio diario de metros perforados y kg explosivos, periodo inicial 41
Tabla 9. Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de noviembre 42
Tabla 10. Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de diciembre 43
Tabla 11. Resumen promedio diario de metros perforados y kg explosivos, periodo optimizado 44
Tabla 12. Tonelaje acarreado, veta Daysi - setiembre 45
Tabla 13. Tonelaje acarreado, veta Daysi - octubre 46
Tabla 14. Resumen de tonelaje acarreado, veta Daysi – periodo inicial 47
Tabla 15. Tonelaje acarreado, veta Daysi -noviembre 48
Tabla 16. Tonelaje acarreado, veta Daysi - diciembre 49
Tabla 17. Resumen de tonelaje acarreado, veta Daysi – periodo optimizado 50
Tabla 18. Resumen de granulometría TJ 200, veta Daysi 54
Tabla 19. Resumen capacidad efectiva, scopps Atlas ST2G de 4 t 55
Tabla 20. Validación hipótesis: metros perforados y kg explosivos 57
Tabla 21. Validación hipótesis: tonelaje acarreado 58
Tabla 22. Validación hipótesis: capacidad efectiva scoops ST2G, 4 t 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano ubicación de la mina Las Lomas.....21
Figura 2. Geología local de la mina Las Lomas.....22
Figura 3. Mineralización de la mina Las Lomas.....23
Figura 4. Veta Daysi de la mina Las Lomas.....24
Figura 5. Vista en perfil de las diferentes zonas de operación, mina Las Lomas 25
Figura 6. Lineamiento de la veta Daysi, mina Las Lomas 26
Figura 7. Malla de perforación 2x1, TJ 200 veta Daysi, mina Las Lomas.....27
Figura 8. Resumen mensual de tonelaje acarreado, enero a agosto, veta Daysi. 29
Figura 9. Resultado posvoladura en el TJ 200A, veta Daysi, periodo inicial.....30
Figura 10. Resultado post voladura en el TJ 200B y TJ 200C, veta Daysi, periodo inicial.....30
Figura 11. Distribución de taladros en el TJ 200 B y TJ 200 C, veta Daysi, periodo inicial.....31
Figura 12. Factor de acoplamiento entre scoops y dumper.....31
Figura 13. Factor de acoplamiento entre dumper 15.4 t y scoop 4 t, veta Daysi. 32
Figura 14. Selección longitudinal de la veta Daysi. 37
Figura 15. Malla de perforación 2 x 1 en la veta Daysi. 38
Figura 16. Resumen promedio metros perforados y kg explosivos, periodo inicial.....41
Figura 17. Resumen promedio metros perforados y kg explosivos, periodo optimizado 44
Figura 18. Resumen diario: tonelaje acarreado, periodo inicial.....47
Figura 19. Resumen diario: tonelaje acarreado, periodo optimizado 50
Figura 20. Mineral en cancha, periodo inicial y optimizado 51
Figura 21. Mineral en cancha, periodo inicial, TJ 200 A, B y C.....51
Figura 22. Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial.....52
Figura 23. Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial. 52
Figura 24. Mineral en cancha, periodo optimizado, TJ 200 A, B y C.....53
Figura 25. Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado 53
Figura 26. Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado.....54
Figura 27. Relación granulometría y capacidad efectiva, periodo de estudio 55
Figura 28. Relación factor de llenado y capacidad efectiva, periodo de estudio 56
Figura 29. Validación hipótesis: metros perforados – kg explosivo.....57
Figura 30. Validación hipótesis: tonelaje acarreado.....58
Figura 31. Validación hipótesis: capacidad efectiva 59

RESUMEN

El desarrollo del trabajo de investigación considera la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo producto del análisis de los parámetros de perforación y voladura desarrollado en el tajo 200 de la veta Daysi en la mina Las Lomas de la Compañía Minera Casma. El estudio analizó los equipos de acarreo dumpers Sandvic EJC417 de 15.4 t y los equipos de carguío scoops Atlas ST2G de 4 t durante los periodos inicial (setiembre y octubre) y el optimizado (noviembre y diciembre), considerando el análisis de los parámetros de perforación y voladura, de acarreo de mineral y la capacidad efectiva para determinar la mejora del rendimiento de acarreo mediante el incremento del tonelaje acarreado. Se aplica el método inductivo – deductivo. Para lo cual el método inductivo, analiza los parámetros de perforación y voladura del tajo TJ 200 en la veta Daysi y el método deductivo analiza la influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo. Los parámetros de perforación y voladura entre los periodos analizados se considera una mejora en el periodo optimizado siendo estos: el incremento de los metros perforados en 44.92 m, incremento en el avance efectivo en 0.64 m, esto producto del incremento de los explosivos en 21.60 kg de Anfo y de 1.02 kg de Emulnor. Asimismo, se genera una mejora del tonelaje acarreado durante el periodo optimizado de 438.80 a 461.55 t/día respectivamente, esta mejora en 22.75 t/día se refleja en menores horas de acarreo de 49.09 a 47.50 con una disminución de 1.58 h/día y mayor cantidad de ciclos de acarreo de 190.54 a 214.53 ciclos, con una mejora de 24 ciclos. La capacidad efectiva durante el periodo inicial en el scoop de 4 t, considerando una granulometría de 32.29 cm y un factor de llenado del 75 % fue de 2.14 t/pase. Para el siguiente periodo de análisis, hubo una mejora de la capacidad efectiva considerando una reducción de la granulometría en 19.84 cm e incrementando el factor de llenado en 85 % y una mejora de la capacidad efectiva en 2.43 t/pase. Finalmente, el control y reducción del grado de fragmentación durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre) permitió una mejora en la capacidad efectiva en los equipos de carguío (scoops 4 t). La mejora de la capacidad efectiva incrementó el tonelaje acarreado por ciclo de 12.86 t/ciclo a 14.57/t/ciclo durante el periodo optimizado con una mejora de 1.71 t/ciclo, evidenciando la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, dumpers Sandvic EJC 417 de 15.4 t.

Palabras clave: capacidad efectiva, granulometría, factor de llenado, densidad, tonelaje acarreado, etc.

ABSTRACT

This research study considers the improvement in haulage equipment performance through the analysis of drilling and blasting parameters developed in pit 200 of the Daysi vein at the Las Lomas mine of Compañía Minera Casma. The study analyzed 15.4-ton Sandvic EJC417 dumper haulage equipment and 4-ton Atlas ST2G scoop loading equipment during the initial (September and October) and optimized (November and December) periods. The analysis included drilling and blasting parameters, ore haulage, and effective capacity to determine the improvement in haulage performance by increasing hauled tonnage. The inductive-deductive method is applied. The inductive method analyzes the drilling and blasting parameters of pit TJ 200 in the Daysi vein, and the deductive method analyzes their influence on haulage equipment performance. The drilling and blasting parameters between the analyzed periods are considered to have improved over the optimized period: an increase in drilled meters of 44.92 m and an increase in effective progress of 0.64 m, due to an increase in explosives of 21.60 kg of Anfo and 1.02 kg of Emulnor. Likewise, the tonnage hauled during the optimized period increased from 438.80 to 461.55 tons/day, respectively. This improvement of 22.75 tons/day is reflected in fewer hauling hours, from 49.09 t 47.50, a decrease of 1.58 h/day, and an increased number of hauling cycles, from 190.54 t 214.53 cycles, an improvement of 24 cycles. Effective capacity during the initial period in the 4-ton scoop, considering a grain size of 32.29 cm and a fill factor of 75%, was 2.14 t/pass. For the following analysis period, effective capacity improved, considering a reduction in grain size to 19.84 cm and an increase in the fill factor to 85%, resulting in an improvement in effective capacity of 2.43 t/pass. Finally, the control and reduction of the degree of fragmentation during the optimized period (November and December) allowed for an improvement in effective capacity in the loading equipment (4-t scoops). The improvement in effective capacity increased the tonnage hauled per cycle from 12.86 tons/cycle to 14.57 t/cycle during the optimized period, representing an improvement of 1.71 t/cycle, demonstrating the improved performance of the hauling equipment, the 15.4-t Sandvic EJC 417 dumpers.

Keywords: effective capacity, particle size distribution, fill factor, density, hauled tonnage, etc.

INTRODUCCIÓN

La explotación de operaciones mineras subterráneas en minería aurífera involucra una buena gestión operacional de las operaciones de mina y planta para el cumplimiento de los planes de producción con un adecuado uso de los equipos. En tal sentido, la Compañía Minera Casma opera una mina subterránea cuyo *commodity* principal es el oro. Las concentraciones presentes en niveles más profundos son de menores leyes, disminuyendo el valor de mineral e incrementando sus costos operacionales.

Por tal motivo, se realiza el presente estudio con la finalidad de analizar los parámetros de perforación y voladura, y determinar su influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo. Este rendimiento tiene una relación directa con el tonelaje acarreado, siendo asociado a la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

Los equipos analizados son equipos de carguío Scoops Atlas ST2G de 4 t, y equipos de acarreo Dumpers Sandvik EJC 417 de 15.4 t que se determinan a partir de su capacidad efectiva considerando el análisis de la granulometría posvoladura para determinar la relación con el tonelaje acarreado.

El estudio consideró el desarrolló en cuatro capítulos. El Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema general y específicos, así como el objetivo general y específicos y para validar el trabajo de investigación la hipótesis general y específicas, considerando la mejora del rendimiento de equipos de acarreo, realizado en el tajo TJ200, Veta Daysi de Compañía Minera Casma.

El desarrollo del Capítulo II describe la base teórica del estudio, considerando el análisis de los equipos de carguío (scoops 4 t) determinando su capacidad efectiva y su incidencia en el tonelaje acarreado con los dumpers de 15.4 t.

El desarrollo del Capítulo III detalla la metodología de investigación, definiendo su metodología y tipo de investigación considerado en el tajo TJ200 de la veta Daysi.

El desarrollo del Capítulo IV analiza e interpreta los resultados considerados en la perforación y voladura, así como en el tonelaje acarreado y la definición de la capacidad efectiva de los equipos de carguío y su relación directa con el tonelaje acarreado durante el periodo de estudio.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas en la rentabilidad operacional en minas subterráneas, es desarrollar labores de profundización y poder controlar o mejorar los diferentes KPis en los procesos unitarios de mina, planta y servicios. Trabajar en minería aurífera es demasiado riesgoso por la alta incertidumbre en la continuidad de sus leyes, y mucho más, cuando no se ha definido el modelo geológico. Así mismo, al no contar con información geológica que defina la continuidad de la estructura mineralizada mediante perforaciones diamantinas, la incertidumbre es mayor. Por tal motivo, el Departamento de Planeamiento debe de definir lineamientos de planificación en base a la incertidumbre generada tanto a nivel de mina como de planta, por lo que controlar los diferentes KPIs en mina y planta es de vital importancia para controlar la incertidumbre generada.

El presente estudio ayudará a entender el comportamiento del rendimiento de los equipos de acarreo de acuerdo a los resultados posvoladura, siendo el grado de fragmentación una variable importante en la incidencia del rendimiento de estos equipos. Así mismo, entender las variables de disponibilidad y utilización de cada equipo de acarreo, permitirá entender el comportamiento de las horas efectivas operacionales.

El comportamiento del grado de fragmentación asociado a la utilización y disponibilidad de los equipos de carguío será relacionado a la capacidad óptima de los equipos de transporte y acarreo y su influencia económica.

El presente trabajo de investigación permitirá el análisis de las variables operacionales asociados a los equipos de acarreo y su incidencia en el rendimiento operacional de la Unidad Minera Las Lomas 2.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el análisis de los parámetros de perforación y voladura para la mejora del rendimiento de equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024?

1.1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cómo relacionar los metros perforados con el avance efectivo y consumo de explosivos para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024?

b) ¿Cómo influye el total de horas, ciclo de acarreo con el tonelaje transportado para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024?

c) ¿Cómo influye la granulometría post voladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío, scoops Atlas ST 2G para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los parámetros de perforación y voladura para la mejora del rendimiento de equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Determinar la relación de los metros perforados con el avance efectivo y consumo de explosivos para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

b) Determinar la influencia del total de horas, ciclo de acarreo con el tonelaje transportado para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

c) Determinar la influencia de la granulometría posvoladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío, scoops Atlas ST 2G para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

1.3. Justificación e importancia

El estudio evalúa el rendimiento de los equipos de acarreo mediante el análisis de los parámetros de perforación y voladura del Tj 200, veta Daysi en la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados obtenidos en la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma, ayudará a generar mayores recursos económicos, lo que permite realizar inversiones en proyectos productivos gestionados por las comunidades aledañas al proyecto minero. Esta mejora, incide directamente en la realización de mayores inversiones en proyectos sostenibles con el tiempo y una mejor relación entre la empresa minera y las comunidades, generando una mejor gestión social.

1.3.2. Justificación académica

La aplicación de diferentes modelos numéricos para la mejora del rendimiento de equipos de acarreo incluye el análisis de la capacidad efectiva en equipos de carguío y su incidencia en el tonelaje acarreado.

El resultado obtenido ayudará a realizar estudios comparativos con otras operaciones, considerando la mejora de los indicadores a ser evaluados. Así mismo, los resultados obtenidos permitirán que docentes y estudiantes de la academia, puedan utilizarlos como base comparativa en estudios similares.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar el análisis de los parámetros de perforación y voladura influye en la mejora del rendimiento de equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

1.4.2. Hipótesis específicas

a) Al relacionar los metros perforados con el avance efectivo y consumo de explosivos influye en la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

b) Al determinar la influencia del total de horas, ciclo de acarreo con el tonelaje transportado influye en la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

c) Al relacionar la granulometría post voladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío, scoops Atlas ST 2G influye en la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC, 2024.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Mejora del rendimiento de equipos de acarreo.

1.5.2. Variable dependiente

Análisis de los parámetros de perforación y voladura en el Tj 200, veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensión	Subdimensión	Indicador
VI: Mejora del rendimiento de equipos de acarreo	El cumplimiento de los planes de minado involucra una adecuada gestión de los equipos de carguío y acarreo, por lo que el cumplimiento de los planes de producción está relacionado directamente al rendimiento de los equipos de acarreo.	• Parámetros Geológicos	Modelo Geológico	Tipo estructura mineralizada, leyes, ancho veta, etc.
		• Parámetros Geomecánicos	Modelo Geomecánico	Dureza, densidad, RMR, GSI, etc.
		• Parámetros Operacionales	Modelo Operacional	Plan producción, variables de perforación y voladura, acarreo, etc.
VD: Análisis de los parámetros de perforación y voladura en el Tj 200, Veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC	Los resultados de perforación y voladura, involucra el control de la granulometría post voladura y estos influyen directamente con la capacidad efectiva de los equipos de carguío y en un mayor tonelaje acarreado.	• Rendimiento equipos carguío y acarreo.	Capacidad efectiva.	Factor de llenado, granulometría, parámetros de PyV, densidad, etc.
		• Rendimiento Operacional	Plan de producción	Tonelaje cargado y acarreado, kg explosivos, etc.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de la perforación y tronadura en El Soldado*». El objetivo está orientado a realizar el análisis de los parámetros de perforación y voladura, desde un punto de vista *mine to mill*. El estudio considera el análisis de la fragmentación post voladura en diferentes frentes de producción y su relación con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo. Así mismo, considera la relación de la granulometría en el proceso de conminución. Se relacionó los diferentes procesos unitarios de mina y planta, considerando el análisis de información de las áreas de perforación y voladura, *dispatch*, molino SAG, etc. El resultado obtenido considera la generación de diferentes modelos numéricos relacionados a las áreas de mina y planta, considerando un cambio adecuado de tipos de explosivos el cual genera un mejor grado de fragmentación post voladura, permitiendo el incremento de la rentabilidad económica. (1)

- ✓ Tesis titulada: «P*ropuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera los Pelambres*». Las consideraciones de desarrollo del trabajo están relacionadas al análisis de los indicadores operacionales de equipos de carguío y acarreo, identificando las diferentes actividades asociadas a cada proceso unitario e identificando las horas efectivas, para definir la UEBD y determinar las demoras y pérdidas de tiempo operacional. El estudio identificó 13 actividades: 4 en el área de chancado, 7 en el área de acarreo y 2 en el área de carguío, los que incidieron en la pérdida de tiempo operacional. Los resultados generaron 15 alternativas de solución: 5 en el área de la chancadora, 8 en el área de acarreo y 2 en el área de carguío. Así mismo, se identificó 4 necesidades en el área de dispatch y 5 en el área de operaciones. Las propuestas planteadas

permitieron una reducción de 4.5 días en equipos de carguío por año y una mejora de 1% en la UEBD, disminuyendo el tiempo de espera de camión en pala de 2 a 1.2 min/ciclo (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Condestable – 2020»*. El estudio considera el análisis de la mejora del rendimiento operacional de los equipos de acarreo. Se realizó el análisis de las variables de utilización y disponibilidad para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo. Los resultados permitieron el incremento del rendimiento de 62.0 a 115.0 t/h, reduciendo los costos de acarreo de 2.6 a 1.9 US $/t, incidiendo en el incremento de la rentabilidad operacional (3).

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de los factores operacionales y su influencia en la productividad del proceso de transporte de mineral y desmonte en el Nv 4025 de la Compañía Minera Argentum, UEA Codiciada 2019».* El estudio considera la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo. Para el estudio se consideró el análisis de variables operacionales como tonelaje acarreado, consumo de combustible, velocidad de acarreo, tiempo del ciclo de acarreo, etc. Los resultados obtenidos consideran un tonelaje programado y ejecutado de 105000 t/mes y de 93596 t/mes respectivamente con un déficit de 11404 t/mes. Así mismo se redujo la valorización programada y ejecutada de 250000 $/mes a 198276 $/mes respectivamente con un déficit de 51724 $/mes. El no cumplimiento del tonelaje programado y su valorización fue producto del tiempo de espera y mantenimiento correctivo los que incidieron en los resultados (4).

- ✓ Tesis titulada: «*Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti».* El estudio realizó el análisis de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura mediante el modelo matemático de Holmberg. El estudio ayudó a controlar el grado de fragmentación posvoladura, analizando las propiedades del macizo rocoso y las características de los explosivos. Los resultados consideran una reducción de la granulometría en 27.4 cm, mejorando en 24.20 % metros perforados, en 11.90 % el avance y una reducción de consumo de explosivos en 45 % (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera

2.2.1 Ubicación de la unidad minera

La mina Las Lomas se ubicada en el distrito de Casma y Comandante Noel, provincia de Casma y departamento de Ancash, con una elevación entre 200 a 1000 m s. n. m. en la cordillera de la costa, al norte del cerro Las Lomas.

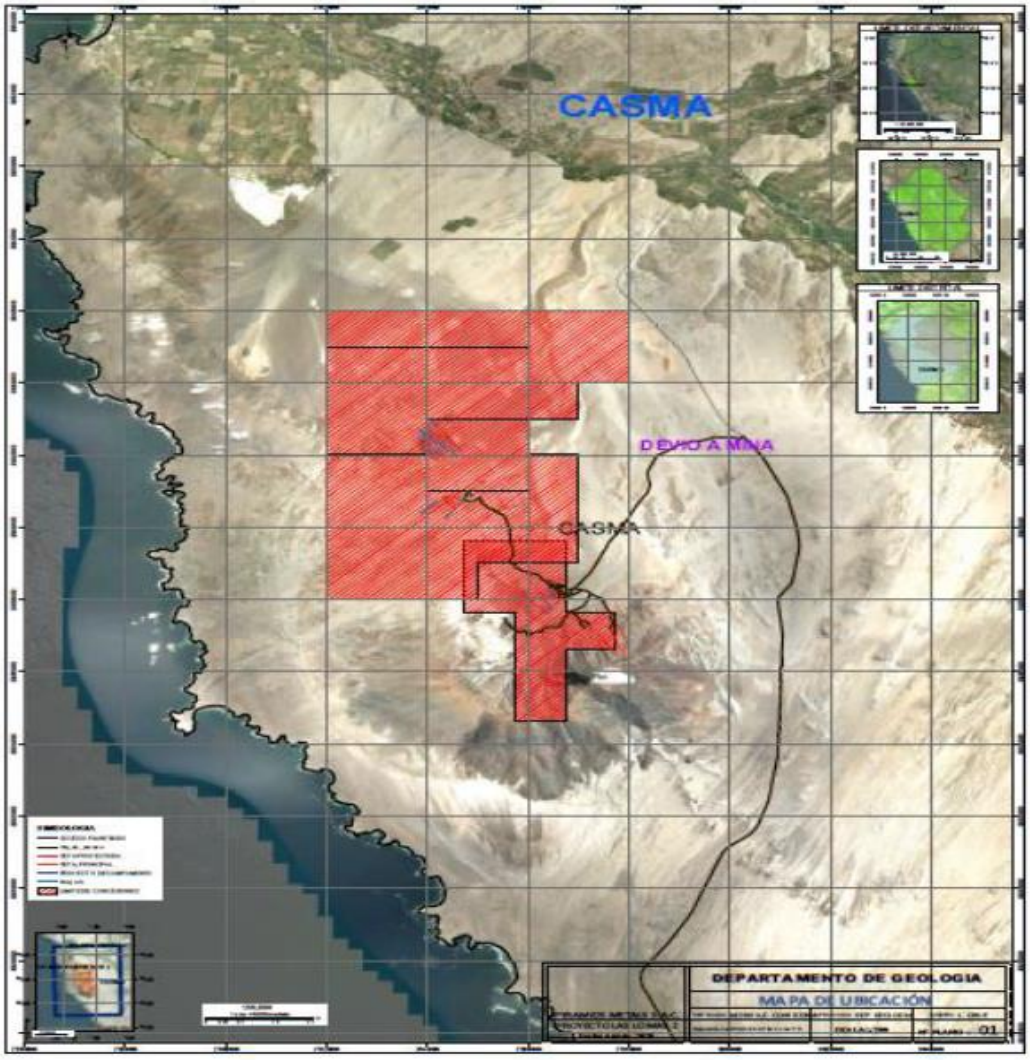


Figura 1. Plano ubicación de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología

2.2.2 Accesibilidad a la mina Las Lomas

Tabla 2. ***Acceso a la mina Las Lomas***

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (h)	Vía
Lima – Casma	368.0	5:30	Asfaltado
Casma – Mina Las Lomas	13.0	0:25	Asfaltado - afirmado

Tomada del Departamento de Geología

2.3 Geología local

Geológicamente, la mina está emplazada en rocas ígneas del batolito de la costa y rocas volcánicas sedimentarias del terciario, así como de ambientes cuaternarios compuestas por depósitos aluviales y acumulaciones eólicas.

De acuerdo a los estudios realizados por el Ingemmet, el área de estudio se ubica en la franja metalogenética tipo IOCG (iron oxide copper and gold) y VMS (sulfuro masivo).

El batolito de la costa está asociado a granitos, tonalitas y monzonitas de la super unidad Santa Rosa, también se presentan stocks y diques del Cretáceo, cortando las rocas volcano sedimentarias del grupo Casma.

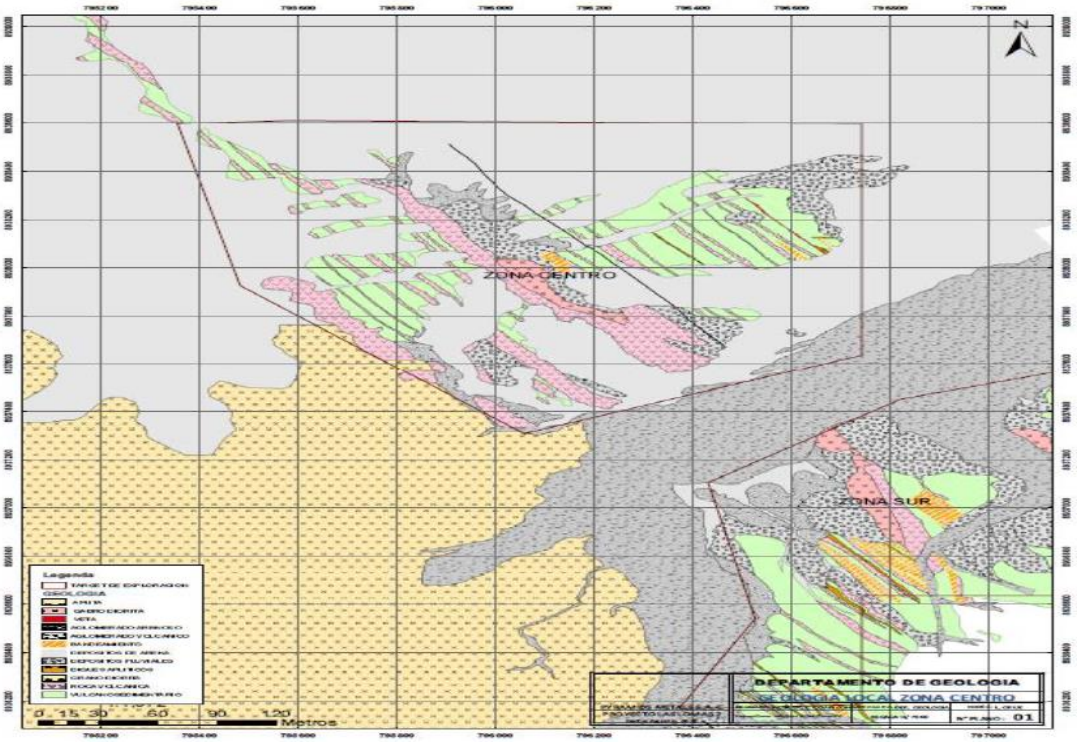


Figura 2. Geología local de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología

2.3.1 Mineralización y tipo alteración

El Departamento de Geología consideró que el tipo de yacimiento está asociado a vetas epitermales de baja sulfuración, relacionados a fallas regionales como la falla de Cocachacra – Conchao de rumbo NW – SE (rumbo andino). Las principales estructuras mineralizadas están alojadas en las rocas volcano sedimentarias del grupo Casma en forma paralela a la falla principal. Las estructuras mineralizadas presentan una potencia entre 30 a 50 cm, compuesta por minerales oxidados en superficie compuesta por limonita, goetita, jarosita, etc. (óxidos de Fe), las alteraciones están asociadas a cuarzo – sericita – alunita, formando en sectores el cuarzo

residual (vuggy silica). En los niveles inferiores, se presenta los sulfuros primarios compuestos por pirita, arsenopirita, pirrotita, calcopirita, marmatita y cantidades trazas de galena. El oro está asociado a la pirita, pirrotita y arsenopirita.

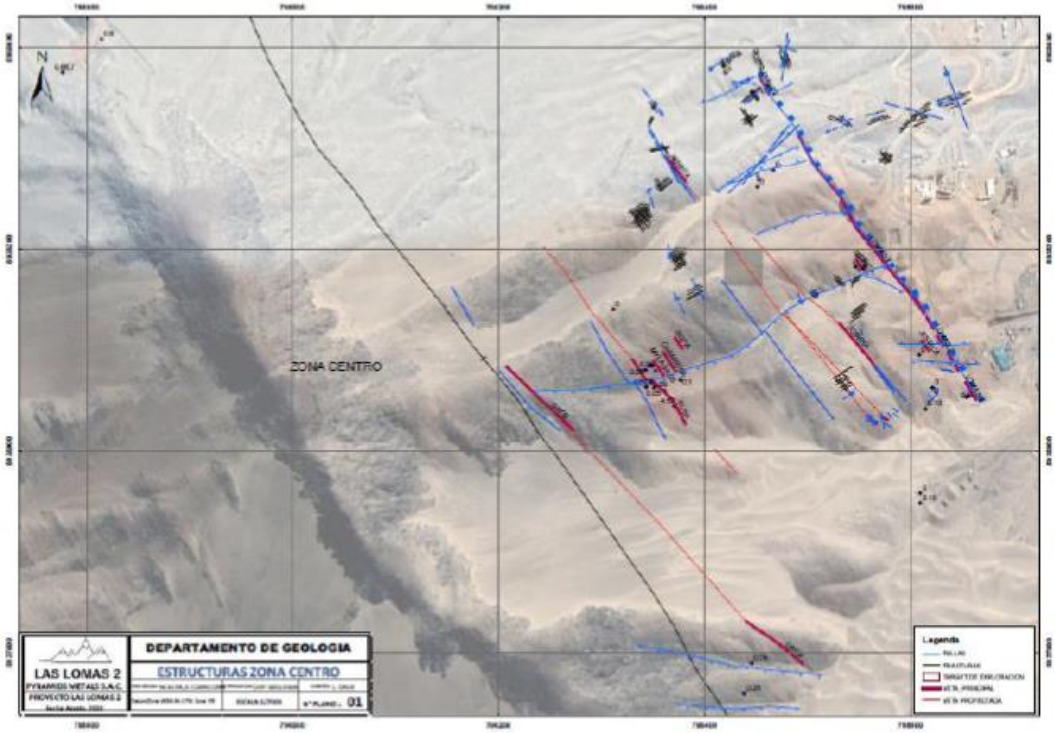


Figura 3. Mineralización de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología

2.3.2 Veta Daysi

De acuerdo a los muestreos realizados en superficie con un total de 138 muestras, los recursos consideran que la veta Daysi con una longitud de afloramiento de 400 m, una profundidad de 150 m y una potencia de 1.0 m, genera un volumen de 60,000 m^3 y con una densidad promedio de 2.85 kg/m^3 cuenta con 171, 000 t de recursos medidos + indicados y una ley media de oro de Au@ 10gr/t.

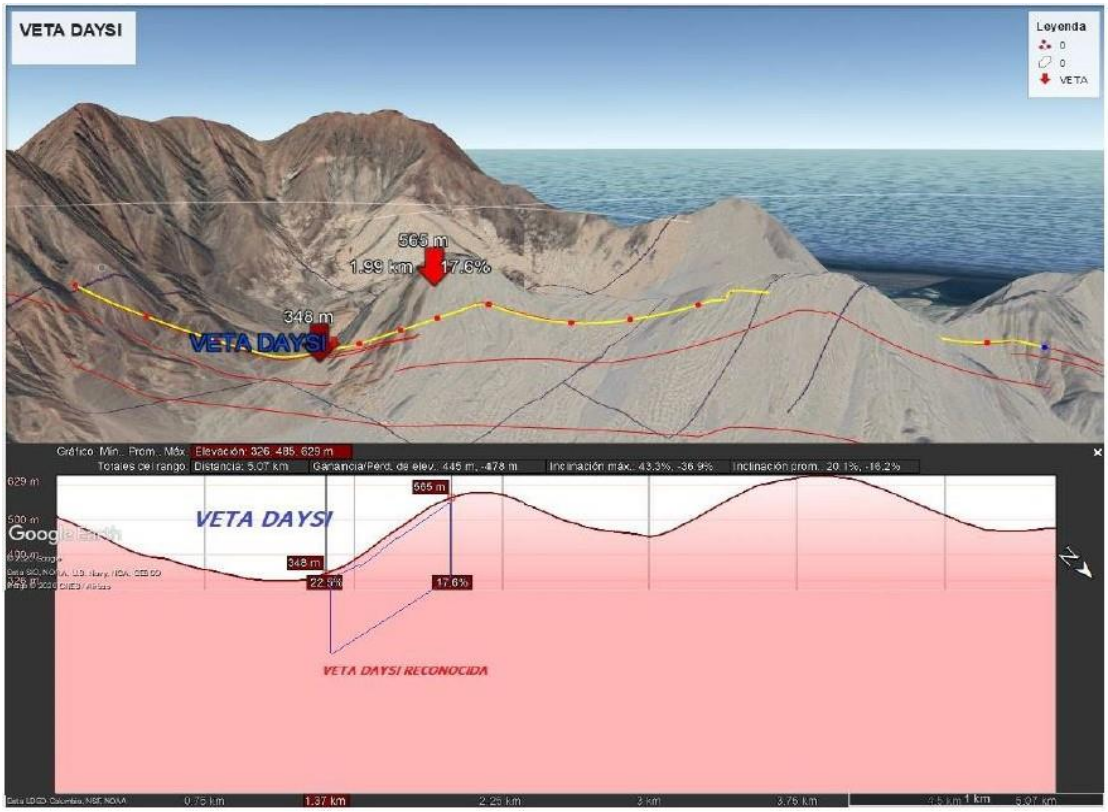


Figura 4. Veta Daysi de la mina Las Lomas
Tomada de Superintendencia de Geología

2.4 Consideraciones operacionales

De acuerdo a las características geológicas, geomecánicas y operacionales definidas en el área de estudio, se considera la aplicación del método de minado *cut and fill*, el cual permite una explotación más selectiva de acuerdo a la potencia y morfología de la estructura mineralizada de la veta Daysi.

La explotación de oro en vetas angostas, involucra el control adecuado de los diferentes parámetros operacionales de perforación y voladura, minimizando la sobrerotura que influye en la dilución del mineral, el tonelaje cargado y acarreado, así como el valor de mineral.

Las diferentes labores de desarrollo y preparación consideran rampas de 3.5 x 3.5 m, así como *by pass* de la misma sección, galerías de 3.0 x 3.0 m. Las labores de preparación para el método de minado *cut and fill* considerando dimensiones de 60.0 x 55.0 m y un ancho de minado de 1.1 m. el subnivel considera dimensiones de 0.8 x 2.10 m, chimeneas de 1.5 x 1.5 m y un ore pass de las mismas dimensiones de 1.5 x 1.5 m.

La veta Daysi considera longitudes de 150 m y potencia promedio de 1.0 m. y su ubicación en los tajos está asociado hacia la caja piso, en las diferentes zonas de la mina Las Lomas.

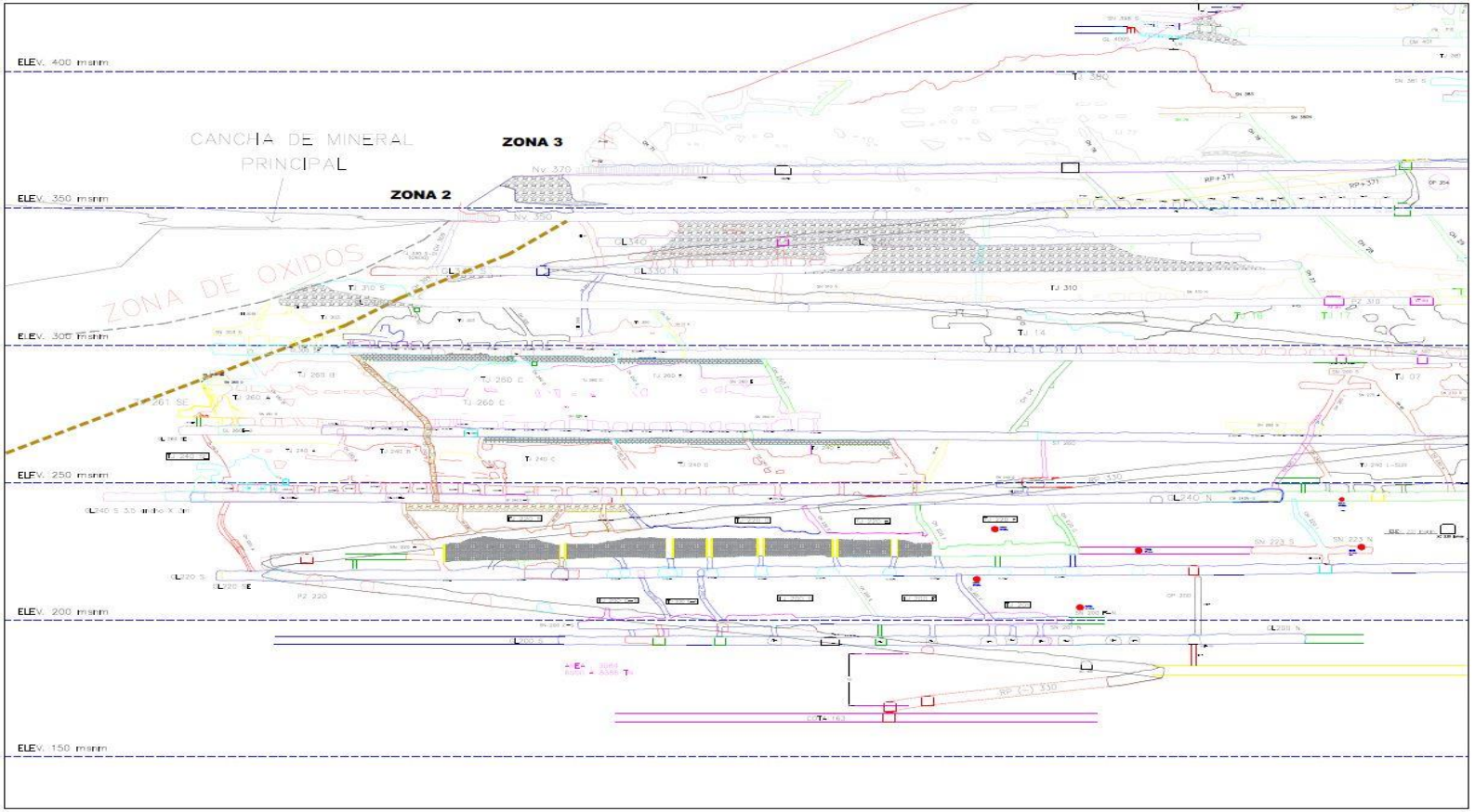


Figura 5. Vista en perfil de las diferentes zonas de operación, mina Las Lomas
Tomada de la Superintendencia de Planeamiento

Figura 6. Lineamiento de la veta Daysi, mina Las Lomas
Tomada de la Superintendencia de Geología

2.5 Bases teóricas del estudio

El desarrollo del trabajo de investigación considera la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo producto del análisis de los parámetros de perforación y voladura desarrollado en el tajo 200 de la veta Daysi en la mina Las Lomas de la Compañía Minera Casma.

El estudio se realizará en equipos de acarreo (dumpers) y equipos de carguío (scoops), durante los periodos inicial (setiembre y octubre) y el periodo optimizado (noviembre y diciembre).

Las variables operacionales de acarreo (dumpers), considera el total de horas acarreadas diarias y/o mensuales, número de ciclos de acarreo y tonelaje acarreado, durante los periodos de estudio.

2.5.1 Parámetros de perforación y voladura

El análisis de los parámetros de perforación y voladura en el presente estudio, fueron realizados en el tajo TJ 200, de la veta Daysi de la mina las Lomas.

Las dimensiones del TJ 200, minados mediante el método de minado *cut and fill,* fueron de 60.0 m de longitud, con 55.0 m de altura y ancho de minado de 1.1 m.

Figura 7. Malla de perforación 2x1, TJ 200 veta Daysi, mina Las Lomas

Los parámetros de perforación definidos en el tajo TJ 200 de la veta Daysi consideran una malla de 2 x 1, teniendo en cuenta una potencia promedio de 1.0 m y longitud de perforación de 6 pies. Los parámetros operacionales de perforación y voladura consideran un total de 22.7 cortes (23).

Tabla 3. ***Datos operacionales de perforación, TJ 200 veta Daysi***

Datos			**Longitud de Perf.**	1.5	**mts**
Longitud	60.0	**mts**	**tiempo de perf neta/tal**	4.68	**min**
Ancho de minado	1.1	**mts**	**tiempo de perf total/tal**	5.88	**min**
Altura	55.0	**mts**	**Velocidad de perf**	0.33	**mts/min**
Tonelaje del Block	8,261	**Ton**	**Tal/guardia**	28	**tal**
Tonelaje por corte	264.6	**ton**	**Mts perf/disparo**	42	**mts**
Nº de cortes	22.7	**cortes**	**tiempo perf total/disp**	164.64	**min**
Altura de labor	2.1	**mts**	**Rendimiento**	15.3	**mts/hr**
Perforación con barreno de 4 y 6 pies	5.0	**pies**	**Malla** 0.5	0.5	**m2**
			Ton Rotas/taladro	1.0	**tms**
			Ton Rotas/disparo	27.9	**tms**

De acuerdo a las dimensiones del tajo TJ 200 de la veta Daysi, se considera un total de tonelaje de 8,261 t, considerando un total de 23 cortes, con longitudes de perforación de 1.5 m (6 pies), con 28 tal/gdia, un total de 27,9 t rotas/disparo y una densidad de 2.85 kg/m^3.

2.5.2 Consideraciones operacionales del ciclo de acarreo

Para el análisis del ciclo de acarreo durante los periodos de estudio inicial (setiembre y octubre) y optimizado (noviembre y diciembre), se considera el historial de información de los meses anteriores de enero a agosto, para considerar la mejora en el presente estudio. Los parámetros a considerar es el total de horas de acarreo, relacionado con el total de ciclos y su tonelaje acarreado. Los equipos de acarreo utilizados en la operación son los Dumpers Sandvik, modelo EJC 417 de 15.4 t.

Tabla 4. ***Parámetros técnicos, dumper Sandvick de 15.4 t***

General Information

Main Dimensions

Total length	7010 mm	276 in
Total width	2235 mm	88 in
Over all height	2286 mm	90 in
Height of dump box	2184 mm	86 in
Dump height	3912 mm	154 in

Operating Weights

Total	15014 kg	33100 lb.
front axle	9609 kg	21184 lb.
rear axle	5405 kg	11916 lb.

Loaded Weights

Total	30436 kg	67100 lb.
front axle	10653 kg	23436 lb.
rear axle	19806 kg	43664 lb.

Capacities

Payload	15.4 tonnes	17 tons
Box volume	8.4 m³	11.0 yd³

Tomada: de congemin.com - ficha-técnica

El tonelaje acarreado durante los meses de enero a agosto considera un total de 72,737.50 ton, con un total de 7,137.27 horas y un total de 33,962.50 ciclos.

Tabla 5. ***Resumen mensual de tonelaje acarreado, mes enero a agosto***

RESUMEN MENSUAL: TONELAJE ACARREADO - VETA DAYSI			
MES: ENERO - AGOSTO			
Mes	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
Enero	627.40	3,982.00	9,555.00
Febrero	623.79	3,860.50	8,230.00
Marzo	640.10	4,558.00	8,860.00
Abril	652.11	4,023.50	8,725.00
Mayo	697.60	4,098.50	9,292.50
Junio	1,277.25	4,659.00	8,825.00
Julio	1,330.45	4,525.00	10,510.00
Agosto	1,288.57	4,256.00	8,740.00
PROMEDIO	892.16	4,245.31	9,092.19
TOTAL	7,137.27	33,962.50	72,737.50

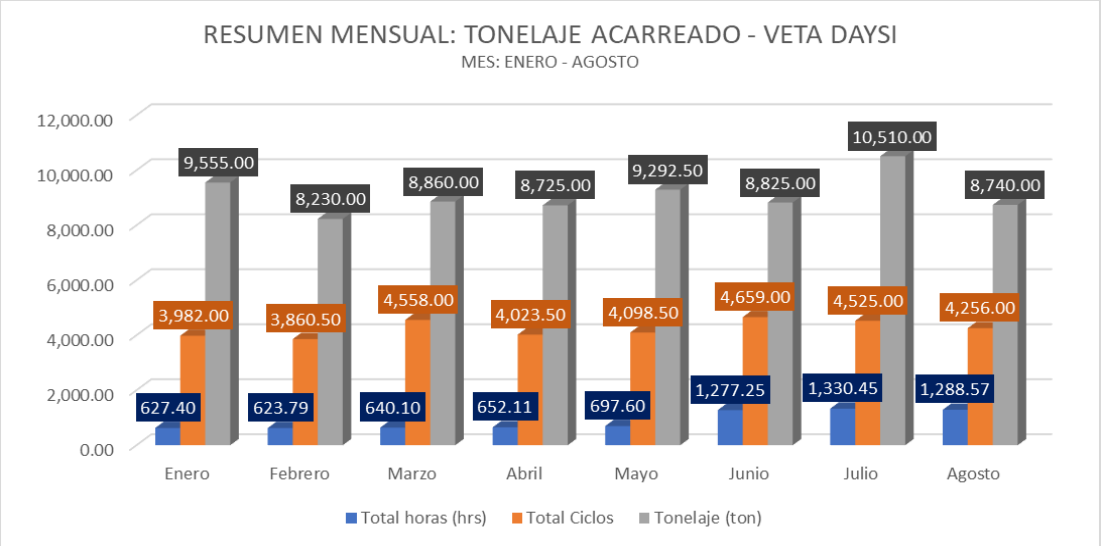


Figura 8. Resumen mensual de tonelaje acarreado, enero a agosto, veta Daysi.

La producción acarreada durante los meses de enero a agosto varía desde 8,230 t/m a 10,510 t/m, esta variabilidad consideró de 3,860 a 4,659 ciclos con un rango de 623.79 a 1,330.45 horas mensuales. La variabilidad del tonelaje asociado a los periodos de enero a agosto generó un rendimiento menor en el proceso unitario de acarreo de mineral en la veta Daysi.

2.5.3 Consideraciones de la capacidad efectiva de los equipos de carguío

Para entender el rendimiento de los equipos de acarreo producto de la explotación del TJ 200 de la veta Daysi de la mina Las Lomas, se realizará el análisis de la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops Atlas Copco ST 2G) de 4 toneladas de capacidad nominal.

a) Capacidad efectiva: Scoops ST 2G (4 t)

El formulismo para determinar la capacidad efectiva está asociado a:

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

El análisis de la capacidad efectiva en los scoops es dependiente de la densidad de mineral, factor de esponjamiento y el factor de llenado. De los tres parámetros operacionales, el factor de llenado es dependiente de los resultados generados por la voladura, siendo la granulometría posterior a la voladura el factor que incide directamente en el factor de llenado.

Por tal motivo, el análisis de la granulometría se realizará en diferentes frentes de producción y la cancha de mineral, para realizar el análisis respectivo del tonelaje acarreado durante los periodos inicial y optimizado.

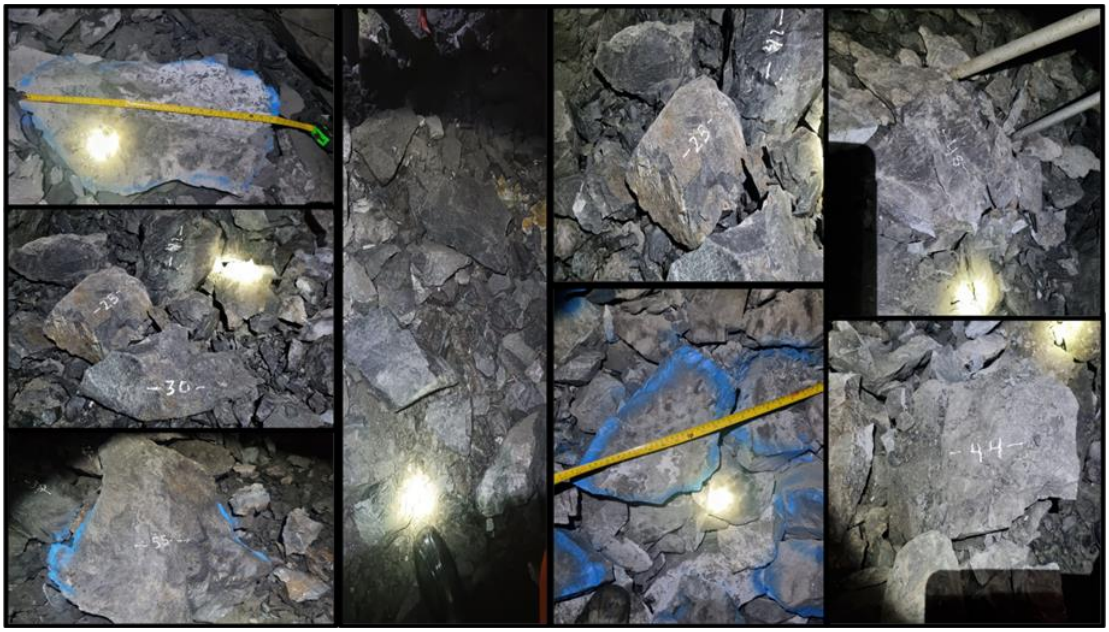


Figura 9. Resultado posvoladura en el TJ 200A, veta Daysi, periodo inicial

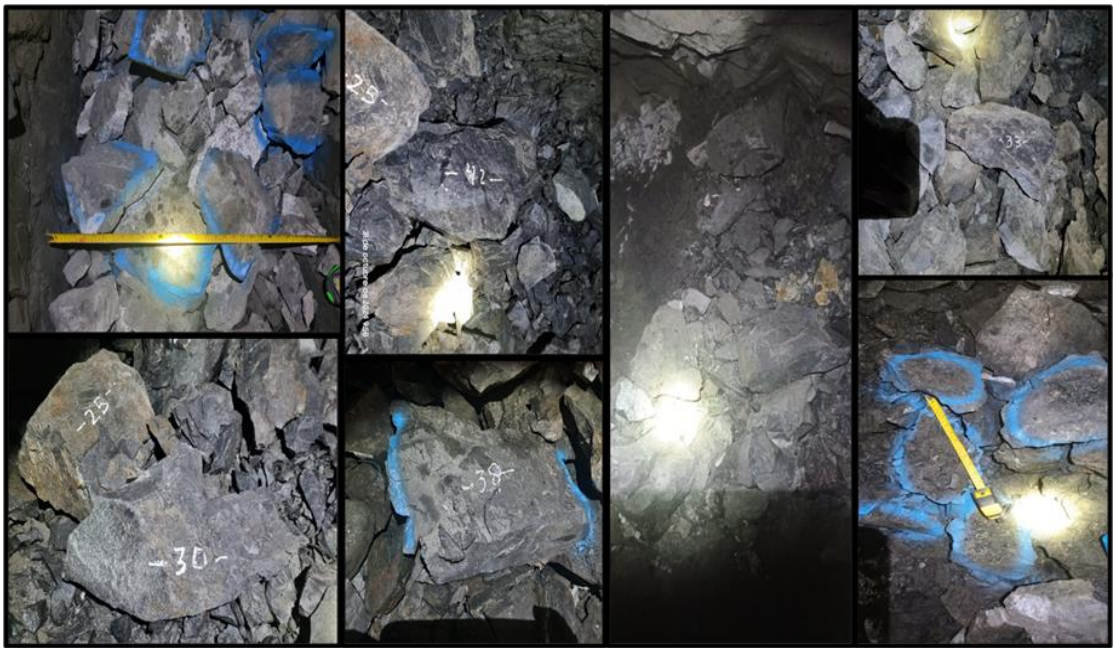


Figura 10. Resultado post voladura en el TJ 200B y TJ 200C, veta Daysi, periodo inicial

Los resultados de la posvoladura en el TJ 220 A, B y C evidencian bancos con dimensiones que van desde los 25 x 35 cm y 30 x5 5 cm, producto de la mala distribución de taladros observadas, mal paralelismo de taladros y la mala distribución de cantidad de explosivo en el carguío de taladros.

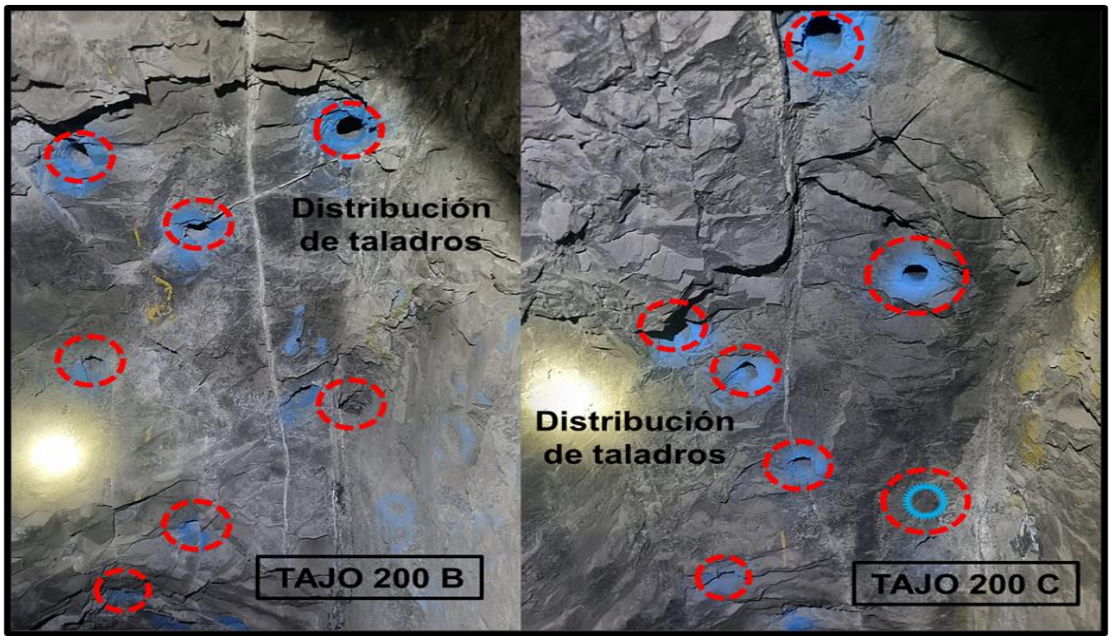


Figura 11. Distribución de taladros en el TJ 200 B y TJ 200 C, veta Daysi, periodo inicial

2.5.4 Factor de acoplamiento entre dumpers 15.4 t y scoops 4 t

El factor de acoplamiento involucra la capacidad adecuada entre los equipos de carguío y acarreo, para nuestro caso analizar el match adecuado entre los dumpers 15.4 t y los scoops 4 t durante los periodos inicial y optimizado.

Figura 12. Factor de acoplamiento entre scoops y dumper

Figura 13. Factor de acoplamiento entre dumper 15.4 t y scoop 4 t, veta Daysi.

El presente estudio considera el análisis del factor de acoplamiento de dumpers de 15.4 t y soop de 4 t, de capacidad nominal, considerando una densidad de 2.85 m^3/kg y un factor de esponjamiento del 35 %.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El trabajo de investigación es del tipo descriptivo, para lo cual se analiza los parámetros de perforación y voladura para la mejora del rendimiento de equipos de acarreo del tajo TJ 200, de la veta Daysi de la Compañía Minera Casma.

a) Método general

Se aplica el método inductivo – deductivo, ya que analiza los parámetros de perforación y voladura del tajo TJ 200 en la veta Daysi y el método deductivo analiza la influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo.

b) Métodos específicos

Considera la incidencia de los parámetros de perforación y voladura en el rendimiento de los equipos de acarreo en el tajo TJ 200, veta Daysi. Se analiza los siguientes parámetros: tonelaje acarreado, horas de acarreo, número de viajes, granulometría posvoladura, capacidad efectiva y factor de acoplamiento, considerando los siguientes ítems:

- ✓ Recopilación de información: considera informes de periodos anteriores de las áreas de operación mina, productividad, planeamiento, etc.

- ✓ Trabajo de campo: considera la toma de información in situ, de los procesos unitarios de perforación y voladura, carguío y acarreo del tajo TJ 200, veta Daysi.

- ✓ Trabajo de gabinete: se realiza el análisis de la información de campo y el procesamiento de la misma, definiendo la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops) y su influencia en el tonelaje acarreado del tajo TJ 200, veta Daysi.

- ✓ Resultado: se expone el análisis de los parámetros de perforación y voladura, así como la capacidad efectiva de los scoops, para definir la mejora del tonelaje acarreado y mejorar rendimiento del proceso de acarreo.

3.1.2. Alcances de la investigación

La investigación es del tipo aplicada, ya que se analiza las variables de perforación y voladura del tajo TJ 200 de la veta Daysi y determinar la influencia que genera en la mejora del rendimiento de equipos de acarreo de la mina Las Lomas.

3.2. Diseño de la investigación

Es diseño de investigación es descriptivo longitudinal, porque se analiza las variables de perforación y voladura y su influencia en el rendimiento de equipos de acarreo del tajo TJ 200 de la veta Daysi.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Está relacionado a los diferentes frentes de operación de la mina Las Lomas, perteneciente a la Compañía Minera Casma.

3.33.2. Muestra

El estudio de investigación considera el análisis del TJ 200 de la veta Daysi, de la mina Las Lomas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Está relacionado a los siguientes instrumentos y técnicas:

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Toma de información de periodos anteriores.
- ✓ Toma de información de fuentes de internet.
- ✓ Toma de información de campo (formatos personales), de las áreas de perforación y voladura, carguío y acarreo del TJ 200 de la veta Daysi.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Base datos de las áreas de perforación y voladura, carguío y acarreo (plantillas).
- ✓ Software Wip Frag para análisis granulométrico del TJ 200, Veta Daysi.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del presente trabajo de investigación considera la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo producto del análisis de los parámetros de perforación y voladura desarrollado en el tajo 200 de la veta Daysi en la mina Las Lomas de la Compañía Minera Casma.

El estudio realizará el análisis en equipos de acarreo (dumpers 15.4 t) y equipos de carguío (scoops 4 t), durante los periodos inicial (setiembre y octubre) y el periodo optimizado (noviembre y diciembre).

Para entender la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo se analizó los parámetros de perforación y voladura, y la incidencia que generan los resultados en los procesos unitarios de carguío y el cumplimiento del tonelaje acarreado.

4.1 Consideraciones operacionales del área de estudio:

Los parámetros analizados en el estudio consideran el análisis de los procesos unitarios de perforación y voladura: metros perforados, avance efectivo, total de Anfo y total de Emulnor 1"x7", así mismo, se analizó el grado de fragmentación post voladura para determinar la capacidad efectiva de los scoops.

Por otro lado, se analizó el tonelaje acarreado, considerando el total de horas, el total de ciclos asociados y el tonelaje acarreado durante los periodos inicial (setiembre y octubre) y el periodo optimizado (noviembre y diciembre), realizado en el tajo TJ 200 de la veta Daysi de la Compañía Minera Casma.

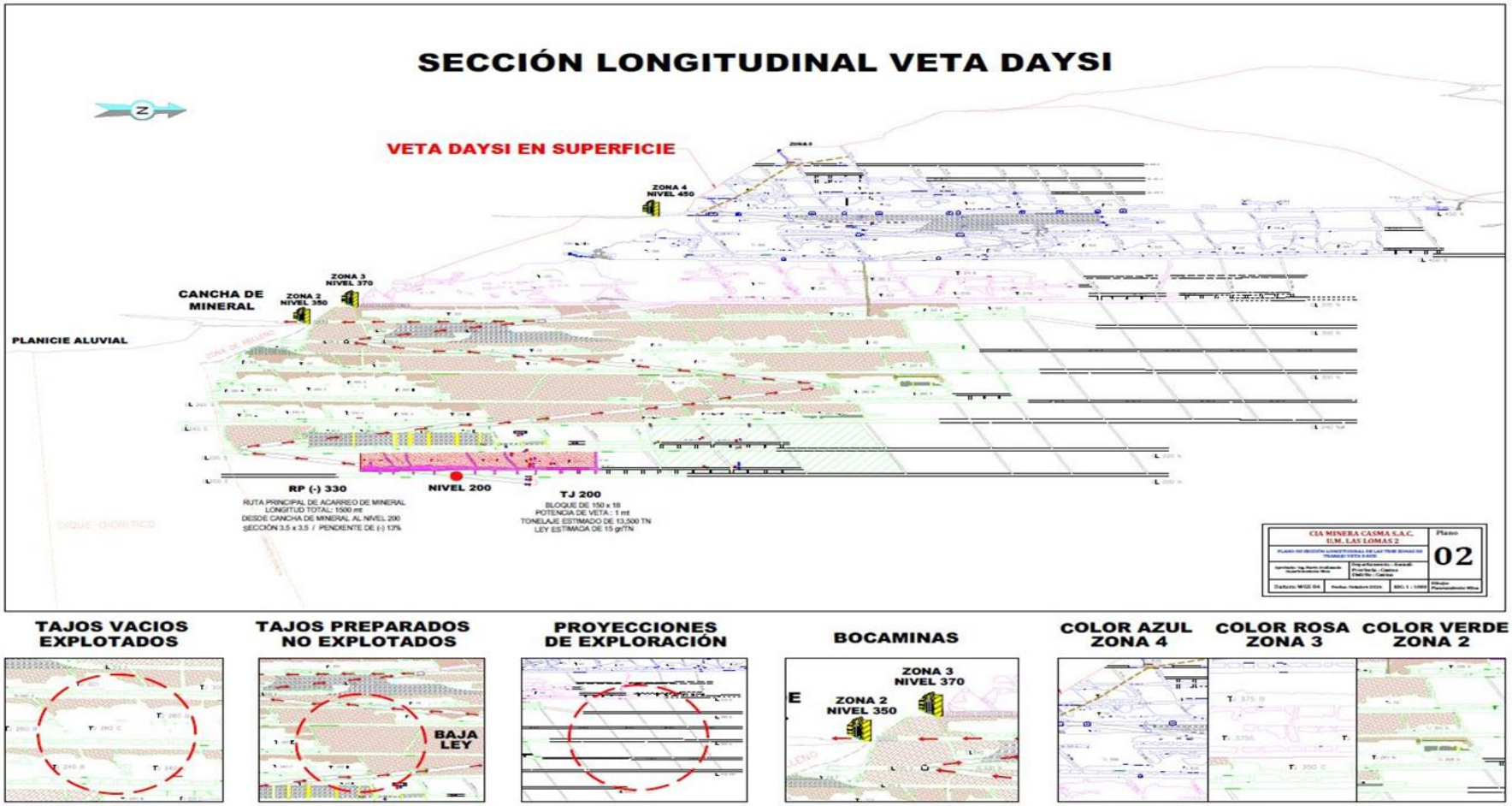


Figura 14. Selección longitudinal de la veta Daysi.
Tomada de la Superintendencia de Planeamiento

4.2 Análisis de perforación y voladura, TJ 200 veta Daysi

El análisis de los parámetros de perforación y voladura analizados en el TJ 200 de la veta Daysi considera dimensiones 60.0 m de longitud, 55.0 m de altura y ancho de minado de 1.1 m.

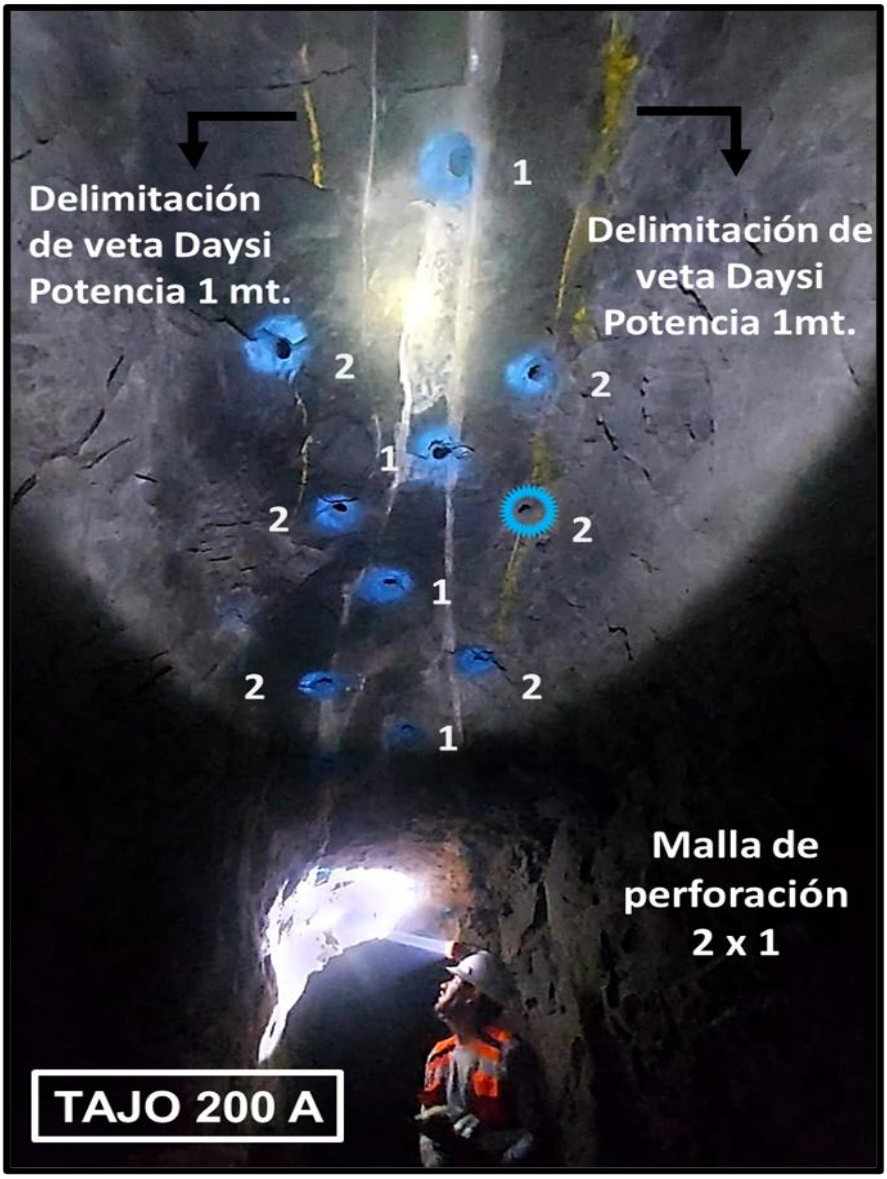


Figura 15. Malla de perforación 2 x 1 en la veta Daysi.

Los parámetros de perforación definidos en el tajo TJ 200 A, B y C de la veta Daysi considera una malla de 2 x 1, con una potencia promedio de 1.0 m y longitud de perforación de 6 pies. Los parámetros operacionales de perforación y voladura consideran un total de 2 3 cortes. El análisis de los parámetros de perforación y voladura tuvo en cuenta los periodos inicial (setiembre y octubre) y optimizado (noviembre y diciembre).

I

a) Análisis de perforación y voladura, periodo inicial: setiembre y octubre

El análisis de los parámetros de perforación y voladura considera los metros perforados, avance efectivo y kilogramos de explosivo (Anfo y Emulnor 1''x7''), durante el periodo inicial (setiembre y octubre).

✓ Análisis de la perforación y voladura en setiembre

Tabla 6. ***Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de setiembre***

TOTAL DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI					
MES DE SETIEMBRE					
Fecha	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7'' (und)	Emulnor 1''x7'' (kg)
01/09/2024	412.58	17.83	234	206	19.81
02/09/2024	355.52	18.38	243	208	20.00
03/09/2024	335.77	18.55	241	199	19.13
04/09/2024	280.90	15.10	188	156	15.00
05/09/2024	218.91	13.05	159	151	14.52
06/09/2024	251.83	14.10	157	217	20.87
07/09/2024	244.14	13.05	159	231	22.21
08/09/2024	415.69	20.55	242	303	29.13
09/09/2024	293.52	16.15	202	181	17.40
10/09/2024	287.85	14.10	172	212	20.38
11/09/2024	390.27	21.00	218	186	17.88
12/09/2024	237.56	13.65	170	263	25.29
13/09/2024	153.07	7.50	115	93	8.94
14/09/2024	248.53	12.25	194	159	15.29
15/09/2024	166.24	11.55	175	133	12.79
16/09/2024	343.17	16.33	284	208	20.00
17/09/2024	446.59	18.55	210	167	16.06
18/09/2024	228.42	15.65	327	240	23.08
19/09/2024	235.92	14.15	143	148	14.23
20/09/2024	125.64	8.05	91	71	6.83
21/09/2024	203.00	10.15	115	94	9.04
22/09/2024	237.20	9.65	132	107	10.29
23/09/2024	195.68	11.05	130	115	11.06
24/09/2024	105.34	9.00	148	211	20.29
25/09/2024	41.15	3.00	36	31	2.98
26/09/2024	144.84	9.60	121	101	9.71
27/09/2024	306.75	14.15	155	123	11.83
28/09/2024	397.76	15.30	303	208	20.00
29/09/2024	249.45	13.20	147	133	12.79
30/09/2024	262.43	13.75	198	246	23.65
Total	**7,815.71**	**408.39**	**5,409.00**	**5,101.00**	**490.48**
Promedio	**260.52**	**13.61**	**180.30**	**170.03**	**16.35**

Los metros perforados durante el mes de setiembre considera un total de 7,815.71 m, con un avance efectivo de 408.39 m, teniendo en cuenta un total de 5,409 kg de Anfo y de 490 kg de Emulnor 1''x7''. Así mismo, el promedio diario durante el mismo periodo considera metros perforados de 260.52 m, con un avance efectivo de 13.61 m, con un promedio diario de 180.30 kg de Anfo y 16.35 kg de emulnor de 1''x7''.

✓ Análisis de la perforación y voladura en octubre

Tabla 7. ***Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de octubre***

TOTAL DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI					
MES DE OCTUBRE					
Fecha	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (und)	Emulnor 1''x7" (kg)
01/10/2024	93.27	4.05	80	65	6.25
02/10/2024	275.23	11.55	181	185	17.79
03/10/2024	189.28	7.50	134	130	12.50
04/10/2024	114.30	5.83	60	51	4.90
05/10/2024	83.82	5.55	22	35	3.37
06/10/2024	207.93	7.33	128	126	12.12
07/10/2024	317.66	13.50	202	178	17.12
08/10/2024	94.37	5.10	59	119	11.44
09/10/2024	246.89	11.65	153	207	19.90
10/10/2024	299.74	11.55	171	151	14.52
11/10/2024	135.51	6.00	81	69	6.63
12/10/2024	121.80	9.60	129	153	14.71
13/10/2024	149.78	7.65	102	197	18.94
14/10/2024	178.31	10.65	97	224	21.54
15/10/2024	108.63	5.55	44	126	12.12
16/10/2024	149.78	6.00	105	91	8.75
17/10/2024	103.42	5.83	85	64	6.15
18/10/2024	194.77	10.05	98	85	8.17
19/10/2024	170.63	9.10	140	108	10.38
20/10/2024	220.19	11.55	153	125	12.02
21/10/2024	217.63	10.50	122	100	9.62
22/10/2024	220.37	11.55	148	115	11.06
23/10/2024	203.36	10.50	137	130	12.50
24/10/2024	264.44	13.33	165	132	12.69
25/10/2024	194.22	9.60	136	116	11.15
26/10/2024	383.50	16.50	295	241	23.17
27/10/2024	316.02	17.55	242	195	18.75
28/10/2024	319.31	17.10	254	197	18.94
29/10/2024	220.19	11.55	153	125	12.02
30/10/2024	299.56	14.10	235	201	19.33
31/10/2024	495.42	22.50	359	298	28.65
Total	**6,589.32**	**320.37**	**4,470.00**	**4,339.00**	**417.21**
Promedio	**212.56**	**10.33**	**144.19**	**139.97**	**13.46**

Los metros perforados durante el mes de octubre considera un total de 6,589.32 m, con un avance efectivo de 320.37 m, teniendo en cuenta un total de 4,470 kg de Anfo y de 417.21 kg de Emulnor 1''x7". Así mismo, el promedio diario durante el mismo periodo considera metros perforados de 212.56 m, con un avance efectivo de 10.33 m, con un promedio diario de 144.19 kg de Anfo y 13.46 kg de emulnor de 1''x7".

I

✓ Resumen de perforación y voladura del periodo inicial

Tabla 8. ***Resumen promedio diario de metros perforados y kg explosivos, periodo inicial***

RESUMEN DIARIO DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI				
PERIODO: SETIEMBRE Y OCTUBRE				
Mes	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (kg)
Setiembre	260.52	13.61	180.30	16.35
Octubre	212.56	10.33	144.19	13.46
Promedio	236.54	11.97	162.25	14.90

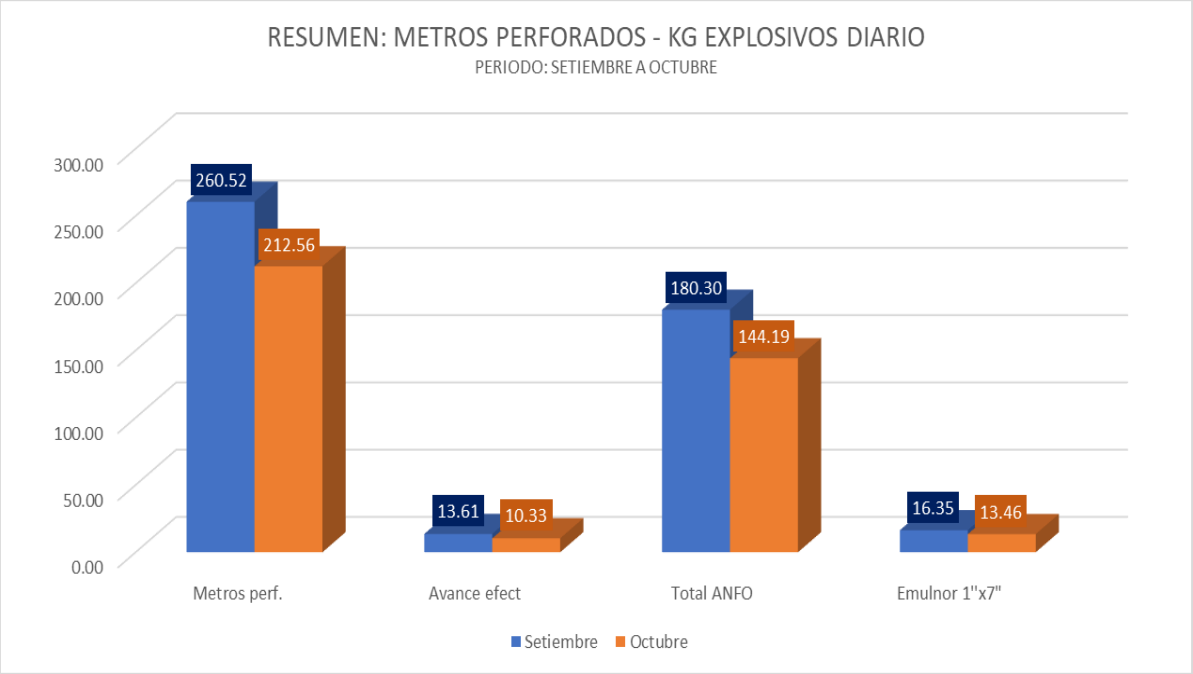


Figura 16. Resumen promedio metros perforados y kg explosivos, periodo inicial.

El resumen promedio diario de los parámetros de perforación y voladura durante el periodo inicial (setiembre y octubre) en el tajo TJ 200 A, B y C considera 236.54 m perforados, con 11.97 m de avance efectivo y un consumo de 162.25 kg de Anfo y de 14.90 kg de Emulnor 1"x7".

b) Análisis de perforación y voladura, periodo optimizado: noviembre y diciembre

El análisis de los parámetros de perforación y voladura considera los metros perforados, avance efectivo y kilogramos de explosivo (Anfo y Emulnor 1"x7"), durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre).

I

✓ Análisis de la perforación y voladura en noviembre

Tabla 9. ***Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de noviembre***

TOTAL DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI					
MES DE NOVIEMBRE					
Fecha	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (und)	Emulnor 1''x7" (kg)
01/11/2024	416.42	10.65	146	124	11.92
02/11/2024	127.10	4.50	74	63	6.06
03/11/2024	211.04	7.50	120	99	9.52
04/11/2024	324.86	16.88	188	172	16.54
05/11/2024	406.12	18.65	270	213	20.48
06/11/2024	358.63	16.60	223	205	19.71
07/11/2024	470.92	23.60	333	287	27.60
08/11/2024	433.43	21.20	318	266	25.58
09/11/2024	367.04	16.05	270	239	22.98
10/11/2024	372.34	19.50	268	276	26.54
11/11/2024	369.84	20.55	233	252	24.23
12/11/2024	262.80	13.20	218	208	20.00
13/11/2024	170.26	11.38	120	102	9.81
14/11/2024	134.97	7.50	133	94	9.04
15/11/2024	218.18	10.50	142	115	11.06
16/11/2024	176.11	10.50	140	107	10.29
17/11/2024	192.63	12.10	93	88	8.46
18/11/2024	182.70	9.00	127	111	10.67
19/11/2024	333.94	16.60	208	180	17.31
20/11/2024	449.15	23.15	339	255	24.52
21/11/2024	536.51	33.40	382	296	28.46
22/11/2024	320.95	15.10	254	196	18.85
23/11/2024	156.36	9.10	120	96	9.23
24/11/2024	262.07	15.38	185	265	25.48
25/11/2024	217.26	10.65	141	199	19.13
26/11/2024	368.69	15.60	279	251	24.13
27/11/2024	416.17	17.90	225	302	29.04
28/11/2024	333.94	16.60	208	180	17.31
29/11/2024	416.97	19.35	301	245	23.56
30/11/2024	207.93	9.10	170	128	12.31
Total	9,215.32	451.79	6,228.00	5,614.00	539.81
Promedio	307.18	15.06	207.60	187.13	17.99

Los metros perforados durante el mes de noviembre considera un total de 9,215.32 m, con un avance efectivo de 451.79 m, teniendo en consideración un total de 6,228.0 kg de Anfo y de 539.81 kg de Emulnor 1"x7". Así mismo, el promedio diario durante el mismo periodo considera metros perforados de 307.18 m, con un avance efectivo de 15.06 m, con un promedio diario de 207.60 kg de Anfo y 17.99 kg de emulnor de 1"x7".

✓ Análisis de la perforación y voladura en diciembre

Tabla 10. ***Metros perforados y kg de explosivos, veta Daysi mes de diciembre***

TOTAL DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI					
MES DE DICIEMBRE					
Fecha	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (und)	Emulnor 1''x7" (kg)
01/12/2024	264.59	10.13	145	182	17.50
02/12/2024	356.98	14.55	200	175	16.83
03/12/2024	203.00	10.33	139	135	12.98
04/12/2024	222.11	9.25	158	145	13.94
05/12/2024	189.28	7.50	132	125	12.02
06/12/2024	210.11	9.01	130	121	11.63
07/12/2024	282.55	7.65	187	198	19.04
08/12/2024	277.13	9.56	211	165	15.87
09/12/2024	257.13	12.15	158	156	15.00
10/12/2024	278.55	7.25	167	178	17.12
11/12/2024	244.59	9.31	134	168	16.15
12/12/2024	212.11	9.05	137	128	12.31
13/12/2024	297.91	13.10	160	135	12.98
14/12/2024	293.91	12.31	156	133	12.79
15/12/2024	280.11	8.06	218	138	13.27
16/12/2024	247.31	11.65	154	123	11.83
17/12/2024	277.33	7.03	168	191	18.37
18/12/2024	185.99	7.50	135	110	10.58
19/12/2024	260.92	10.03	139	175	16.83
20/12/2024	333.15	14.15	212	153	14.71
21/12/2024	297.91	13.10	160	125	12.02
22/12/2024	305.47	13.20	195	148	14.23
23/12/2024	295.91	13.10	160	125	12.02
24/12/2024	247.11	12.05	149	140	13.46
25/12/2024	244.31	11.55	152	122	11.73
26/12/2024	247.31	11.65	154	123	11.83
27/12/2024	188.73	8.60	125	113	10.87
28/12/2024	222.11	9.25	148	135	12.98
29/12/2024	283.28	8.60	220	142	13.65
30/12/2024	220.11	9.05	141	130	12.50
31/12/2024	200.80	5.55	119	128	12.31
Total	7,927.83	315.28	4,963.00	4,465.00	429.33
Promedio	255.74	10.17	160.10	144.03	13.85

Los metros perforados durante el mes de diciembre considera un total de 7,927.83 m, con un avance efectivo de 315.28 m, teniendo en consideración un total de 4,963.0 kg de Anfo y de 429.33 kg de Emulnor 1"x7". Así mismo, el promedio diario durante el mismo periodo considera metros perforados de 255.74 m, con un avance efectivo de 10.17 m, con un promedio diario de 160.10 kg de Anfo y 13.85 kg de emulnor de 1"x7".

✓ Resumen de perforación y voladura del periodo optimizado

Tabla 11. ***Resumen promedio diario de metros perforados y kg explosivos, periodo optimizado***

RESUMENE DIARIO DE METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS: VETA DAYSI				
PERIODO: NOVIEMBRE A DICIEMBRE				
Mes	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (kg)
Noviembre	307.18	15.06	207.60	17.99
Diciembre	255.74	10.17	160.10	13.85
Promedio	281.46	12.61	183.85	15.92

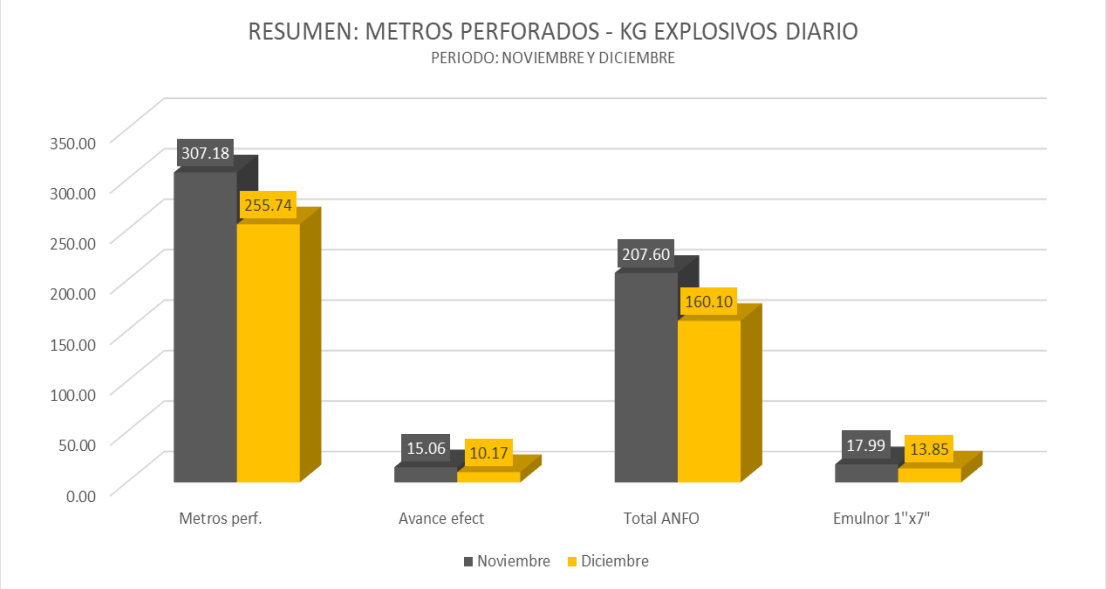


Figura 17. Resumen promedio metros perforados y kg explosivos, periodo optimizado

El resumen promedio diario de los parámetros de perforación y voladura durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre) en el tajo TJ 200 A, B y C considera 281.46 m perforados, con 12.61 m de avance efectivo y un consumo de 183.85 kg de Anfo y de 15.92 kg de Emulnor 1"x7".

4.3 Análisis del proceso de acarreo del TJ 200, veta Daysi

El análisis del proceso de acarreo desarrollado durante el tiempo de estudio de setiembre a diciembre realizado en el tajo TJ 200 A, B y C considera las horas de acarreo, los ciclos desde los tajos hasta la zona de acopio y su tonelaje asociado.

a) Análisis del proceso de acarreo durante el periodo inicial

Los resultados obtenidos en el proceso de acarreo consideran equipos de acarreo dumpers de 15.4 ton, realizado durante el periodo inicial (setiembre y octubre).

✓ Análisis del tonelaje acarreado durante el mes de setiembre

Tabla 12. ***Tonelaje acarreado, veta Daysi - setiembre***

TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
MES SETIEMBRE			
Fecha	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
01/09/2024	53.40	193	400
02/09/2024	46.60	132	400
03/09/2024	51.36	195	410
04/09/2024	41.90	144	380
05/09/2024	32.90	128	290
06/09/2024	49.90	204	460
07/09/2024	49.90	216	460
08/09/2024	41.50	164	400
09/09/2024	41.70	189	420
10/09/2024	50.40	193	560
11/09/2024	48.75	188	360
12/09/2024	64.01	203	460
13/09/2024	55.07	218	400
14/09/2024	43.05	168	380
15/09/2024	42.40	184	440
16/09/2024	36.20	176	390
17/09/2024	50.68	201	460
18/09/2024	51.09	239	530
19/09/2024	49.70	167	470
20/09/2024	35.46	193	390
21/09/2024	44.74	121	300
22/09/2024	42.10	126	330
23/09/2024	33.00	129	370
24/09/2024	57.45	184	460
25/09/2024	64.81	233	460
26/09/2024	46.23	253	340
27/09/2024	57.52	215	480
28/09/2024	44.70	181	340
29/09/2024	35.80	142	310
30/09/2024	41.20	220	320
TOTAL	1,403.52	5,499.00	12,170.00
PROMEDIO	46.78	183.30	405.67

El análisis de acarreo mensual durante el mes de setiembre en dumpers de 15.4 t, consideran 1,403.52 horas de acarreo, con un total de 5,499.0 ciclos y un tonelaje acarreado de 12,170 t. El análisis de las variables de acarreo promedio diario considera 46.78 horas de acarreo, con un promedio de 183.30 ciclos y 405.67 ton, diarias.

I

✓ Análisis del tonelaje acarreado durante el mes de octubre

Tabla 13. ***Tonelaje acarreado, veta Daysi - octubre***

TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
MES OCTUBRE			
Fecha	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
01/10/2024	64.86	323	690
02/10/2024	77.10	332	790
03/10/2024	66.60	193	410
04/10/2024	61.40	218	610
05/10/2024	59.30	223	450
06/10/2024	65.36	193	570
07/10/2024	53.00	104	400
08/10/2024	46.20	201	600
09/10/2024	44.35	163	360
10/10/2024	88.70	274	860
11/10/2024	79.70	293	730
12/10/2024	72.47	255	470
13/10/2024	70.33	190	600
14/10/2024	60.13	159	400
15/10/2024	69.38	207	520
16/10/2024	40.20	204	500
17/10/2024	31.80	144	260
18/10/2024	24.40	77	210
19/10/2024	46.70	198	490
20/10/2024	46.30	199	460
21/10/2024	42.98	237	520
22/10/2024	38.42	221	360
23/10/2024	33.90	167	320
24/10/2024	33.40	130	330
25/10/2024	42.06	169	390
26/10/2024	26.90	136	280
27/10/2024	33.84	130	380
28/10/2024	35.40	172	390
29/10/2024	42.60	215	400
30/10/2024	44.91	164	360
31/10/2024	50.50	240	520
TOTAL	1,593.19	6,131.00	14,630.00
PROMEDIO	51.39	197.77	471.94

El análisis de acarreo mensual durante el mes de octubre, en dumpers de 15.4 t considera 1,593.19 horas de acarreo, con un total de 6,131.0 ciclos y un tonelaje acarreado de 14,630 t. El análisis de las variables de acarreo promedio diario tiene en cuenta 51.39 horas de acarreo, con un promedio de 197.77 ciclos y 471.94 t diarias.

✓ Resumen de análisis del tonelaje acarreado durante el periodo inicial

El resumen de tonelaje de acarreo durante el periodo inicial (setiembre y octubre), consideran el total de horas de acarreo, con el total de ciclos asociados y el tonelaje de acarreo.

Tabla 14. ***Resumen de tonelaje acarreado, veta Daysi – periodo inicial***

RESUMEN DIARIO TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
PERIODO: INICIAL			
Mes	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
Seiembre	46.78	183.30	405.67
Octubre	51.39	197.77	471.94
PROMEDIO	49.09	190.54	438.80

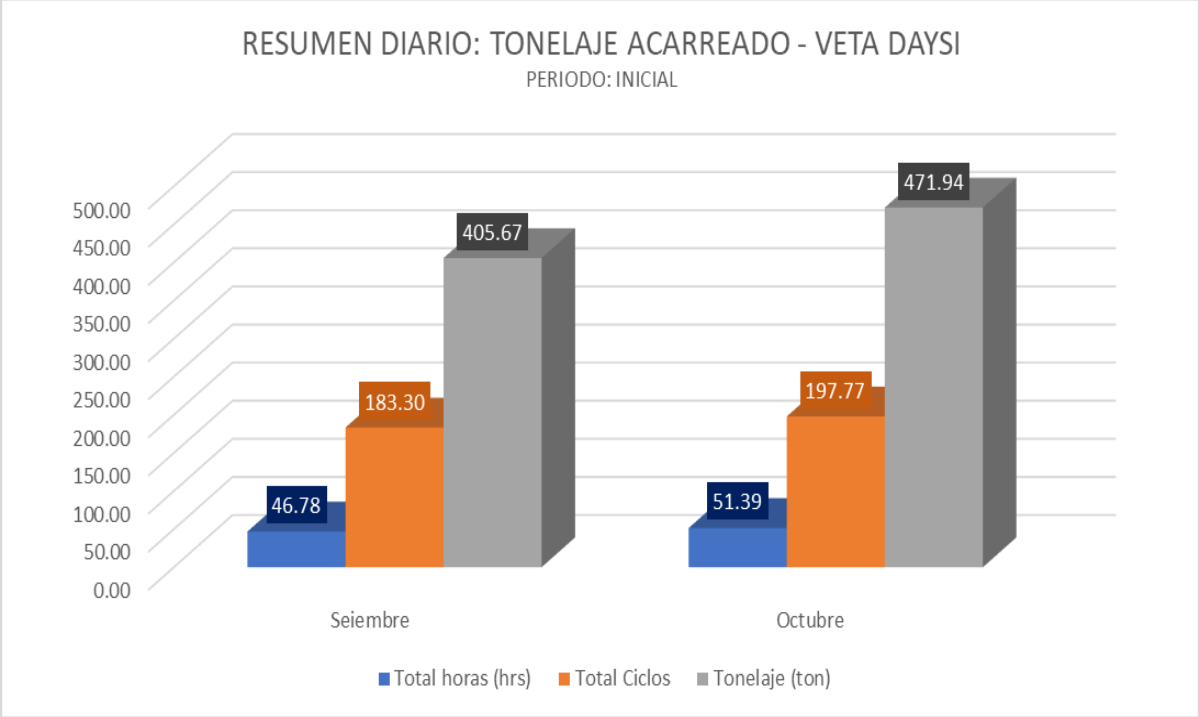


Figura 18. Resumen diario: tonelaje acarreado, periodo inicial

En el resumen de tonelaje acarreado en el periodo inicial, se observa una mejora de las variables analizadas entre los meses de setiembre a octubre, el cual considera un promedio de horas diarias en 49.09 horas, con un promedio diario de ciclos en 190.54 ciclos y un promedio diario de tonelaje en 438.80 t.

b) Análisis del proceso de acarreo durante el periodo optimizado

Los resultados obtenidos en el proceso de acarreo consideran equipos de acarreo dumpers de 15.4 t, realizado durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre).

✓ Análisis del tonelaje acarreado durante el mes de noviembre

Tabla 15. ***Tonelaje acarreado, veta Daysi -noviembre***

TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
MES NOVIEMBRE			
Fecha	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
01/11/2024	65.80	193	600
02/11/2024	50.25	175	430
03/11/2024	38.70	181	370
04/11/2024	44.36	144	430
05/11/2024	46.62	168	460
06/11/2024	56.92	206	490
07/11/2024	60.30	216	570
08/11/2024	50.25	172	445
09/11/2024	34.70	173	390
10/11/2024	45.10	150	430
11/11/2024	47.45	287	502
12/11/2024	34.40	159	375
13/11/2024	37.48	194	460
14/11/2024	41.74	232	470
15/11/2024	64.45	257	600
16/11/2024	50.25	173	425
17/11/2024	42.88	194	400
18/11/2024	38.54	154	350
19/11/2024	49.66	206	510
20/11/2024	35.80	133	360
21/11/2024	55.67	216	490
22/11/2024	35.20	186	370
23/11/2024	46.00	206	540
24/11/2024	44.98	205	520
25/11/2024	49.86	218	480
26/11/2024	56.24	253	490
27/11/2024	49.88	272	510
28/11/2024	61.64	310	650
29/11/2024	63.50	385	680
30/11/2024	53.24	284	600
TOTAL	1,451.85	6,302.00	14,397.00
PROMEDIO	48.40	210.07	479.90

El análisis de acarreo mensual durante el mes de noviembre, en dumpers de 15.4 t, consideran 1,451.85 horas de acarreo, con un total de 6,302.0 ciclos y un tonelaje acarreado de 14,397.0 ton. El análisis de las variables de acarreo promedio diario tiene en cuenta 48.40 horas de acarreo, con un promedio de 210.07 ciclos y 479.90 t, diarias.

I

✓ Análisis del tonelaje acarreado durante el mes de diciembre

Tabla 16. ***Tonelaje acarreado, veta Daysi - diciembre***

TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
MES DICIEMBRE			
Fecha	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
01/12/2024	53.04	256	580
02/12/2024	38.50	224	420
03/12/2024	61.64	310	650
04/12/2024	36.90	138	360
05/12/2024	51.22	273	490
06/12/2024	45.50	185	350
07/12/2024	50.20	273	410
08/12/2024	42.20	152	470
09/12/2024	41.20	133	330
10/12/2024	46.60	190	440
11/12/2024	43.90	193	490
12/12/2024	35.60	159	230
13/12/2024	52.32	269	410
14/12/2024	53.24	284	600
15/12/2024	52.10	222	520
16/12/2024	64.45	257	600
17/12/2024	42.80	185	320
18/12/2024	52.44	283	494
19/12/2024	39.20	232	430
20/12/2024	53.24	264	535
21/12/2024	54.12	277	580
22/12/2024	37.30	187	340
23/12/2024	45.40	212	390
24/12/2024	38.40	205	300
25/12/2024	39.00	205	320
26/12/2024	39.70	205	330
27/12/2024	50.23	263	490
28/12/2024	44.80	167	450
29/12/2024	41.60	163	420
30/12/2024	46.16	195	470
31/12/2024	52.04	228	520
TOTAL	1,445.04	6,789.00	13,739.00
PROMEDIO	46.61	219.00	443.19

El análisis de acarreo mensual durante el mes de diciembre, en dumpers de 15.4 t considera 1,445.04 horas de acarreo, con un total de 6,789.0 ciclos y un tonelaje acarreado de 13,739.0 ton. El análisis de las variables de acarreo promedio diario tiene en cuenta 46.61 horas de acarreo, con un promedio de 219.0 ciclos y 443.19 t, diarias.

✓ Resumen de análisis del tonelaje acarreado durante el periodo optimizado

El resumen de tonelaje de acarreo durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre), consideran el total de horas de acarreo, con el total de ciclos asociados y el tonelaje de acarreo.

Tabla 17. ***Resumen de tonelaje acarreado, veta Daysi – periodo optimizado***

RESUMEN DIARIO TONELAJE ACARREADO: MINERAL - VETA DAYSI			
PERIODO: MEJORADO			
Mes	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
Noviembre	48.40	210.07	479.90
Diciembre	46.61	219.00	443.19
PROMEDIO	47.50	214.53	461.55

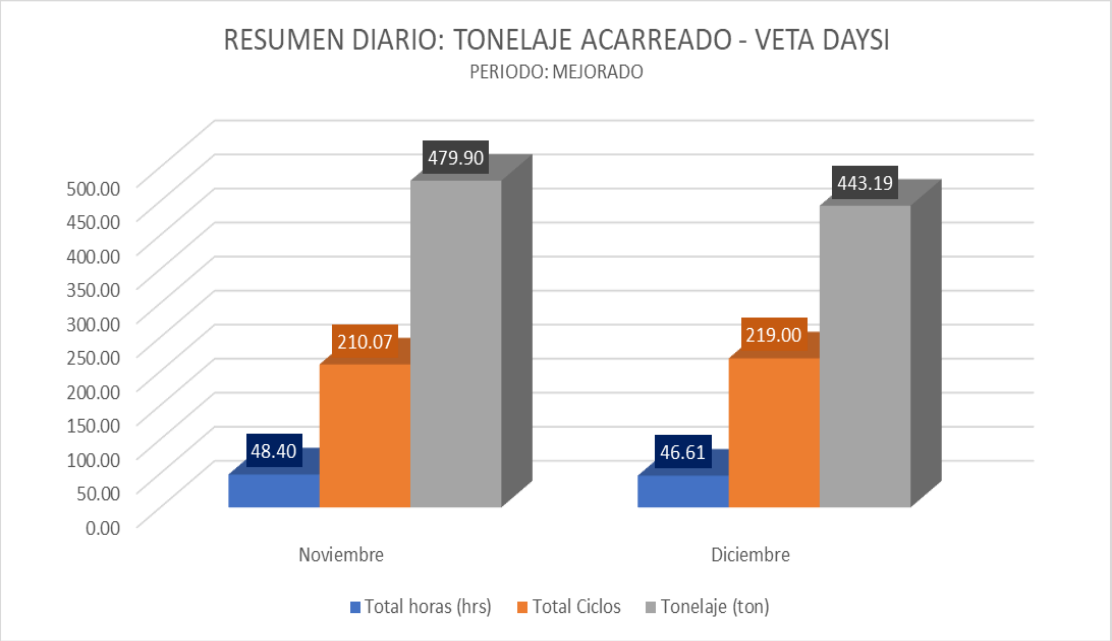


Figura 19. Resumen diario: tonelaje acarreado, periodo optimizado

En el resumen de tonelaje acarreado en el periodo optimizado, se observa una mejora de las variables analizadas entre los meses de noviembre y diciembre, el cual considera un promedio de horas diarias en 47.50 horas, con un promedio diario de ciclos en 214.53 ciclos y un promedio diario de tonelaje en 461.55 t.

4.4 Análisis de la capacidad efectiva scoop ST2G, 4 t

El análisis del comportamiento de los resultados posvoladura en el tajo TJ 200 (A, B, C) de la veta Daysi, y su incidencia en el tonelaje acarreado durante los periodos inicial y optimizado, se realizará teniendo en cuenta la granulometría en las canchas de mineral y se determinará la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 4 t) y acarreo (dumper 15.4 t) de capacidad nominal. Esto se relaciona con el match factor (factor de acoplamiento entre los equipos de carguío y acarreo, relacionándolos con el tonelaje de acarreo y la mejora del rendimiento de acarreo.

Figura 20. Mineral en cancha, periodo inicial y optimizado

Durante el estudio se considera el análisis granulométrico del mineral, el cual ha sido sectorizado en zonas de mineral del periodo inicial y zonas de mineral del periodo optimizado del TJ 200 A, B Y C de la veta Daysi.

a) Análisis de la granulometría periodo inicial y optimizado

✓ Análisis de la granulometría: periodo inicial

Figura 21. Mineral en cancha, periodo inicial, TJ 200 A, B y C

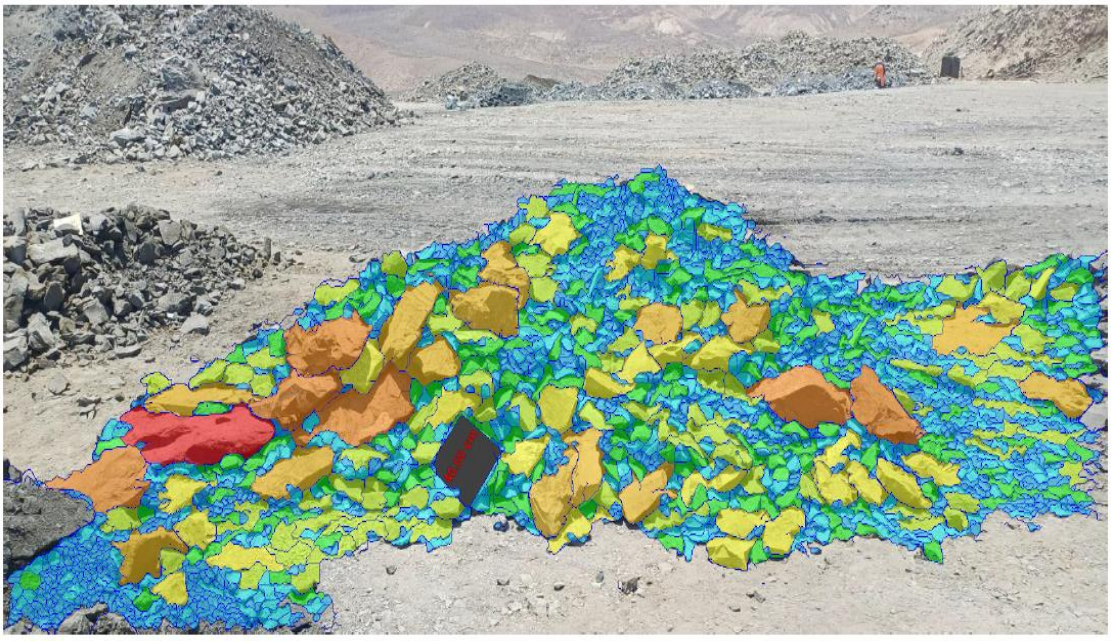


Figura 22. Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial

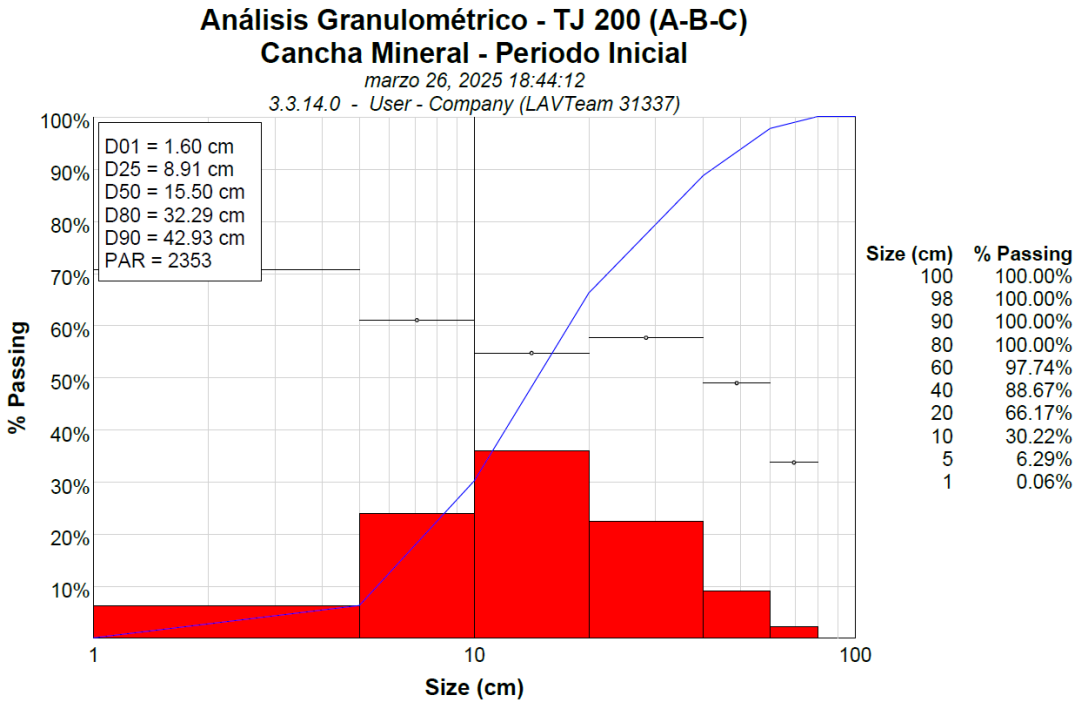


Figura 23. Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial.

En el estudio granulométrico del tajo TJ 200 (A, B, C) en cancha de mineral durante el periodo inicial, se realiza un análisis de 2,353 partículas con un tamaño mínimo de 1.60 cm y máximos de 42.93 cm, considera un P80 de 32.29 cm y un porcentaje pasante de 66.17 % con un tamaño solicitado por planta de 20 cm. El P80 y porcentaje pasante determinado define un factor de llenado del 70 % en equipos de carguío, scoops 4 t.

✓ Análisis de la granulometría: periodo optimizado

Figura 24. Mineral en cancha, periodo optimizado, TJ 200 A, B y C

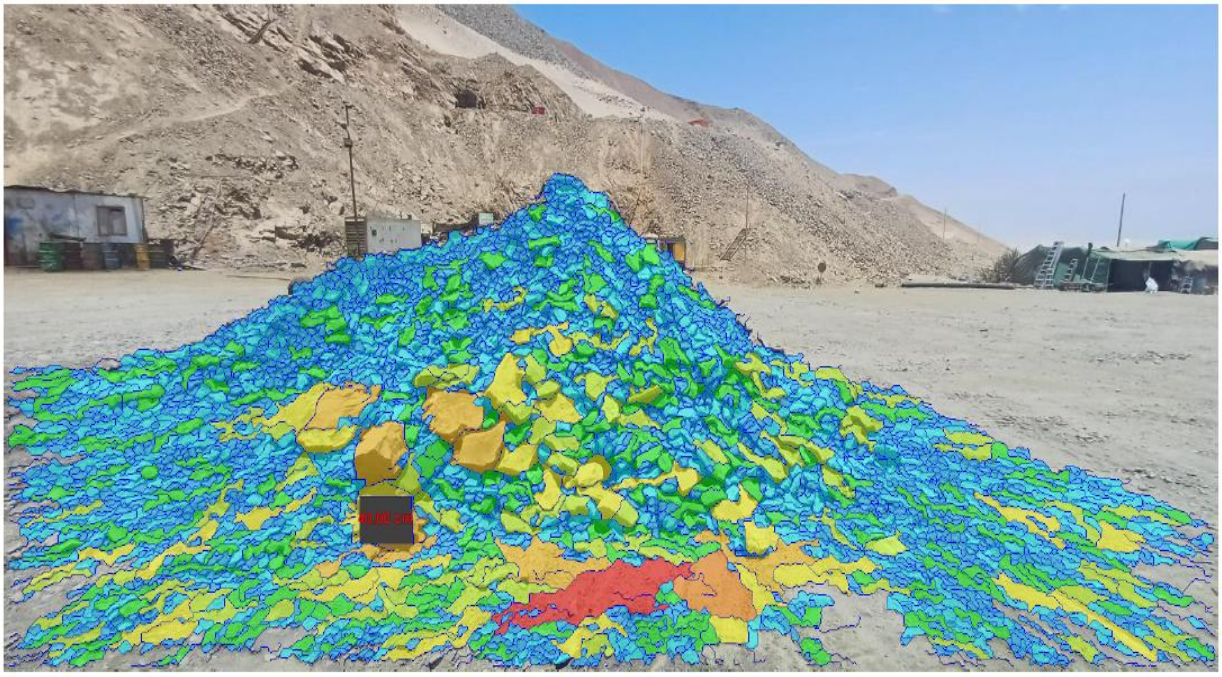


Figura 25. Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado

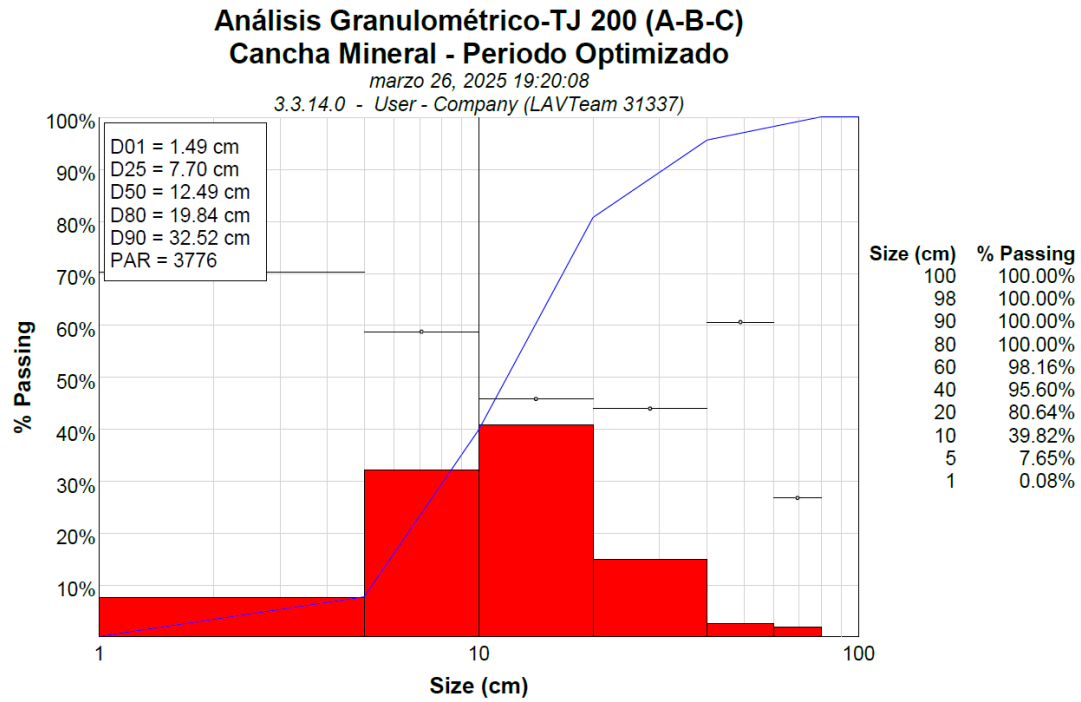


Figura 26. Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado

En el estudio granulométrico del tajo TJ 200 (A, B, C) en cancha de mineral durante el periodo optimizado, se realiza un análisis de 3,776 partículas con un tamaño mínimo de 1.490 cm y máximos de 32.52 cm, considera un P80 de 19.84 cm y un porcentaje pasante de 80.64% con un tamaño solicitado por planta de 20 cm. El P80 y el porcentaje pasante determinado define un factor de llenado del 80 % en equipos de carguío, scoops 4 t.

✓ Resumen de la granulometría, periodo inicial y optimizado

En el análisis de la granulometría realizado en cancha de mineral en los periodos inicial y optimizado, se observa una reducción en el P80 y una mejora en el factor de llenado.

Tabla 18. ***Resumen de granulometría TJ 200, veta Daysi***

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA TJ 200 - VETA DAYSI				
PERIODO: INICIAL - OPTIMIZADO				
Periodo	P80 (cm)	Porcentaje pasante (%)	Solicitado Planta (cm)	Factor Llenado (%)
Inicial	32.29	66.17	20.00	70.00
Optimizado	19.84	80.64	20.00	80.00
Mejora	-12.45	14.47	0.00	10.00

Los resultados en el análisis de la granulometría durante el periodo inicial y optimizado consideran una reducción en el P80 de 32.29 a 19.84 cm, incremento en el porcentaje pasante de 66.17 a 80.64 % e incremento del factor de llenado del 70 al 80 %.

La disminución de la granulometría incidirá en la mejora de la capacidad efectiva de los scoops de 4 t, con una reducción del P80 en 12.45 cm, incremento del porcentaje pasante en 14.47%, mejorando el factor de llenado en 10%.

b) Análisis de la capacidad efectiva de los scoops 4 ton

El análisis de la capacidad efectiva en scoops de 4 t, de capacidad nominal influirá directamente en el tonelaje acarreado, para el cumplimiento del plan de producción y mejora del rendimiento de los equipos de acarreo dumpers de 15.4 t.

Los resultados obtenidos en la capacidad efectiva de los Scoops ST 2G de 4 t, de capacidad nominal consideran los siguientes resultados:

Tabla 19. ***Resumen capacidad efectiva, scopps Atlas ST2G de 4 t***

RESUMEN CAPACIDAD EFECTIVA: SCOOP ATLAS COPCO ST2G - 4 TON						
PERIODO: INICIAL - OPTIMIZADO						
PERIODO	VETA - TAJO	GRANULOM (cm)	FACT. LLENADO (%)	FACT. ESPONJAMIENTO(%)	CAPAC. NOMINAL(ton)	CAPAC. EFECTIVA(Ton/pase)
Inicial	Daysi - TJ 200 A, B, C	32.29	75.0%	40%	4.00	2.14
Optimizado	Daysi - TJ 200 A, B, C	19.84	85.0%	40%	4.00	2.43
Promedio		26.07	80.0%	40%	4.00	2.29

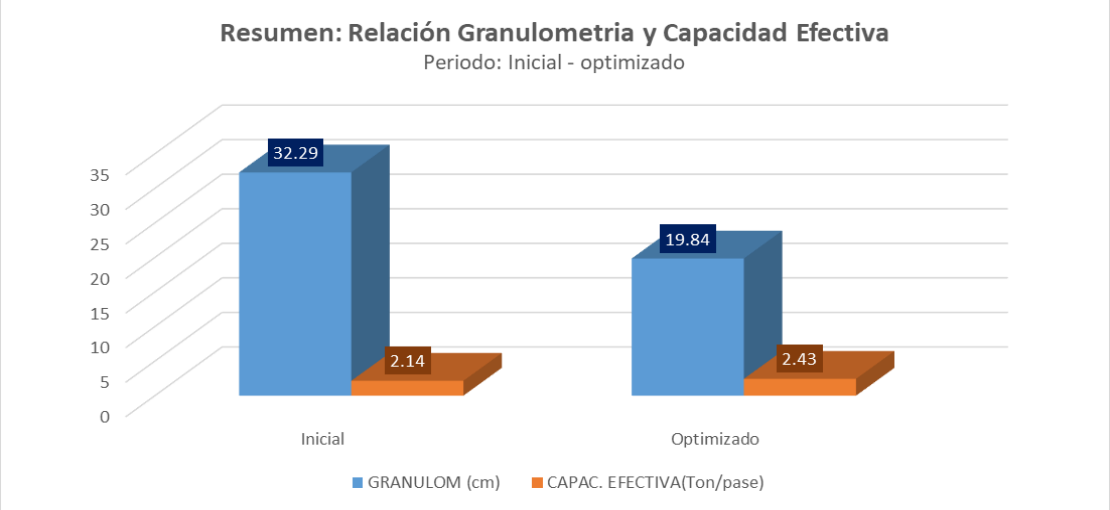


Figura 27. Relación granulometría y capacidad efectiva, periodo de estudio

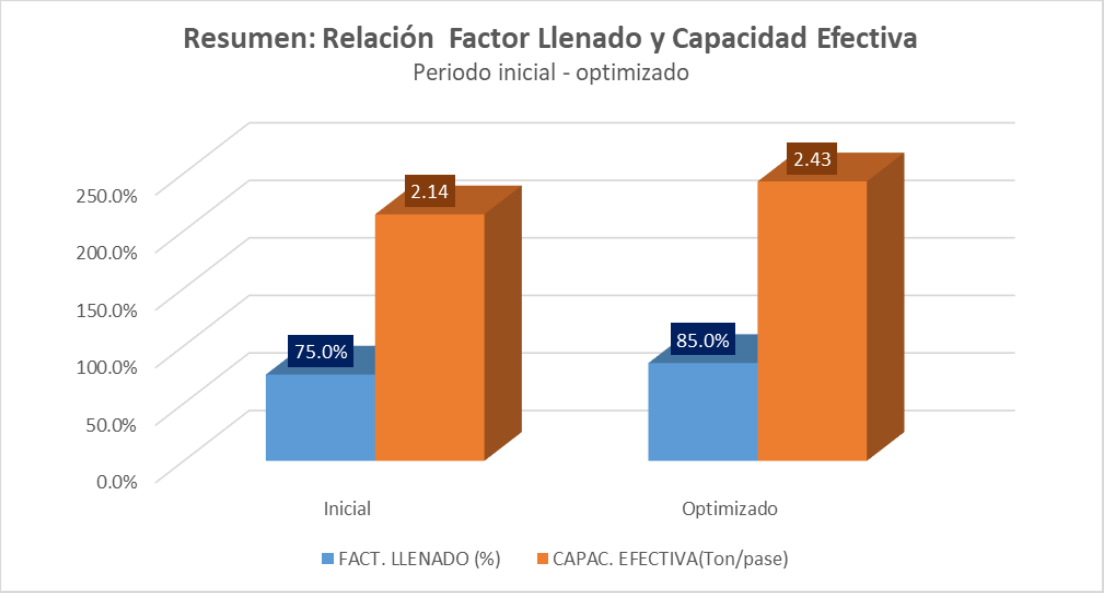


Figura 28. Relación factor de llenado y capacidad efectiva, periodo de estudio

La capacidad efectiva durante el periodo inicial en el scoop de 4 t considera una granulometría de 32.29 cm y un factor de llenado del 75 % es de 2.14 t/pase. Para el siguiente periodo de análisis hubo una mejora de la capacidad efectiva considerando una reducción de la granulometría en 19.84 cm e incrementando el factor de llenado en 85 % y una mejora de la capacidad efectiva en 2.43 t/pase.

4.5 Validación de la hipótesis

El objetivo del trabajo desarrollado considera el análisis de los parámetros de perforación y voladura realizado en el TJ 200 (A, B, C) de la veta Daysi para la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo.

Los parámetros analizados consideran: metros perforados, avance efectivo, kilogramos de Anfo, kilogramos de Emulnor, el total de horas de acarreo, el número de ciclos de acarreo, el tonelaje acarreado, granulometría, capacidad efectiva y toneladas por ciclo de acarreo, durante los periodos inicial y optimizado.

a) Validación de los parámetros de perforación y voladura: TJ 200 - veta Daysi

Los parámetros de perforación y voladura evaluados durante los escenarios inicial y optimizado, considera la mejora de los metros perforados, avance efectivo, la cantidad de ANFO y Emulnor 1"x7", validando la hipótesis planteada.

Tabla 20. ***Validación hipótesis: metros perforados y kg explosivos***

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: METROS PERFORADOS Y KG DE EXPLOSIVOS				
PERIODO: INICIAL - OPTIMIZADO				
Mes	Metros perf. (m)	Avance efect (m)	Total ANFO (kg)	Emulnor 1''x7" (kg)
Inicial	236.54	11.97	162.25	14.90
Optimizado	281.46	12.61	183.85	15.92
Mejora	**44.92**	**0.64**	**21.60**	**1.02**

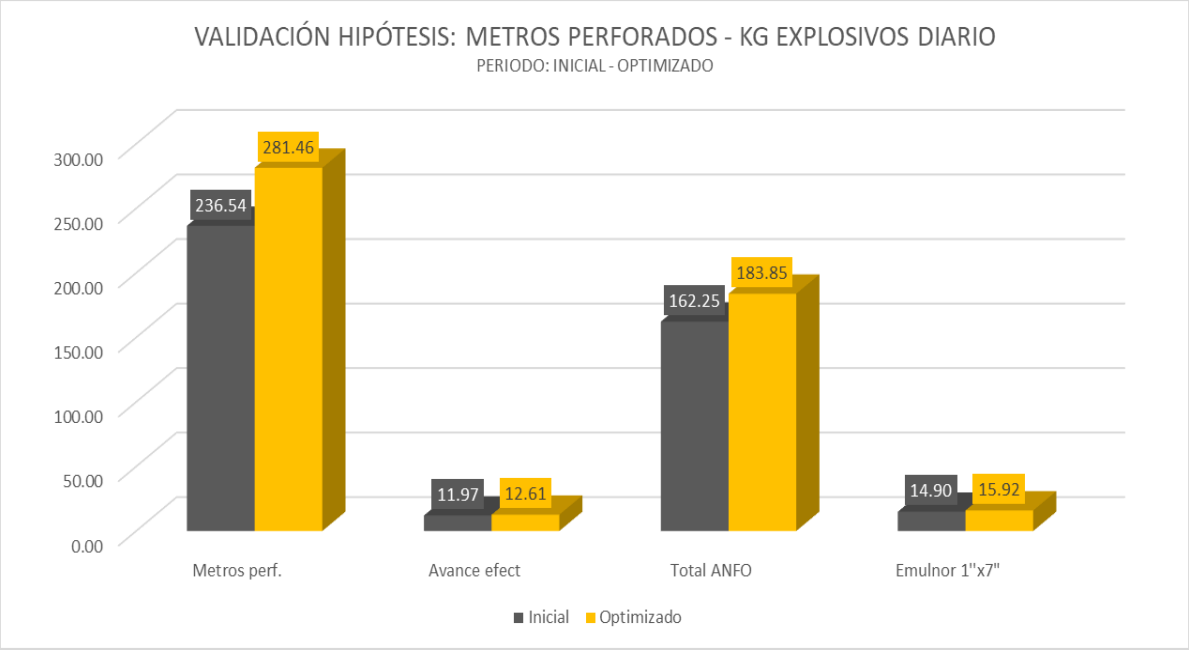


Figura 29. Validación hipótesis: metros perforados – kg explosivo

La validación de la hipótesis en los parámetros de perforación y voladura entre los periodos analizados considera una mejora en el periodo optimizado siendo estos: el incremento de los metros perforados en 44.92 m, incremento en el avance efectivo en 0.64 m, esto producto del incremento de los explosivos en 21.60 kg de Anfo y de 1.02 kg de Emulnor diariamente.

b) Validación del tonelaje acarreado: TJ 200 – veta Daysi.

El análisis del tonelaje acarreado durante los periodos de estudio considera una mejora sustancial durante el segundo periodo (optimizado), siendo los parámetros analizados como total de horas acarreadas, el total de ciclos de acarreo y el tonelaje acarreado promedio diario.

Tabla 21. ***Validación hipótesis: tonelaje acarreado***

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: TONELAJE ACARREADO - VETA DAYSI			
PERIODO: INICIAL - MEJORADO			
Periodo	Total horas (hrs)	Total Ciclos	Tonelaje (ton)
Inicial	49.09	190.54	438.80
Mejorado	47.50	214.53	461.55
Mejora	**-1.58**	**24.00**	**22.75**

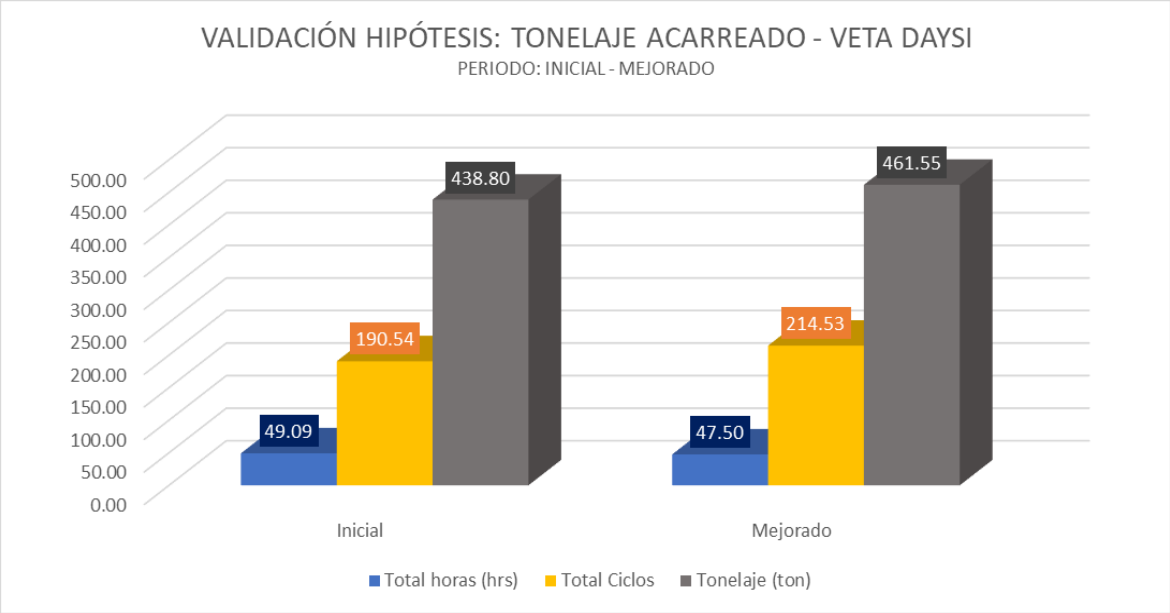


Figura 30. Validación hipótesis: tonelaje acarreado

El análisis del tonelaje acarreado considera una mejora del tonelaje durante el periodo optimizado con 438.80 a 461.55 t/día respectivamente, esta mejora en 22.75 t/día, esta reducción se refleja en menores horas de acarreo de 49.09 a 47.50 durante el mismo periodo de análisis, con una disminución de horas de acarreo en 1.58 h/día y mayor cantidad de ciclos de 190.54 a 214.53 ciclos, con una mejora de 24 ciclos. La mejora de tonelaje acarreado y sus parámetros asociados es directamente proporcional a la disminución y control de la granulometría, incidiendo directamente en la capacidad efectiva de los scoops de 4 t y transportando mayor tonelaje.

La mejora en el segundo periodo de análisis fue producto del control y disminución de la granulometría, mejorando la capacidad efectiva y mayor tonelaje acarreado.

c) Validación de la capacidad efectiva: Scoops Atlas ST2G – 4 t

El análisis de la capacidad efectiva realizada en scoops ST2G de 4 t es de vital importancia porque influirá directamente en la mejora del tonelaje cargado e incremento del tonelaje acarreado.

Los parámetros analizados y los que mejoraron durante el segundo periodo (optimizado) fueron: la granulometría de mineral post voladura, relacionados con el factor de llenado y su relación con la capacidad efectiva de los scoops, mejorando el tonelaje acarreado.

Tabla 22. ***Validación hipótesis: capacidad efectiva scoops ST2G, 4 t***

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: CAPACIDAD EFECTIVA SCOOP ATLAS COPCO ST2G - 4 TON					
PERIODO: INICIAL - OPTIMIZADO					
PERIODO	VETA - TAJO	GRANULOM (cm)	FACT. LLENADO (%)	CAPAC. EFECTIVA(Ton/pase)	TONELADAS ACARREADAS(Ton/ciclo)
Inicial	Daysi - TJ 200 A, B, C	32.29	75.0%	2.14	12.86
Optimizado	Daysi - TJ 200 A, B, C	19.84	85.0%	2.43	14.57
Mejora		-12.45	10.0%	0.29	1.71

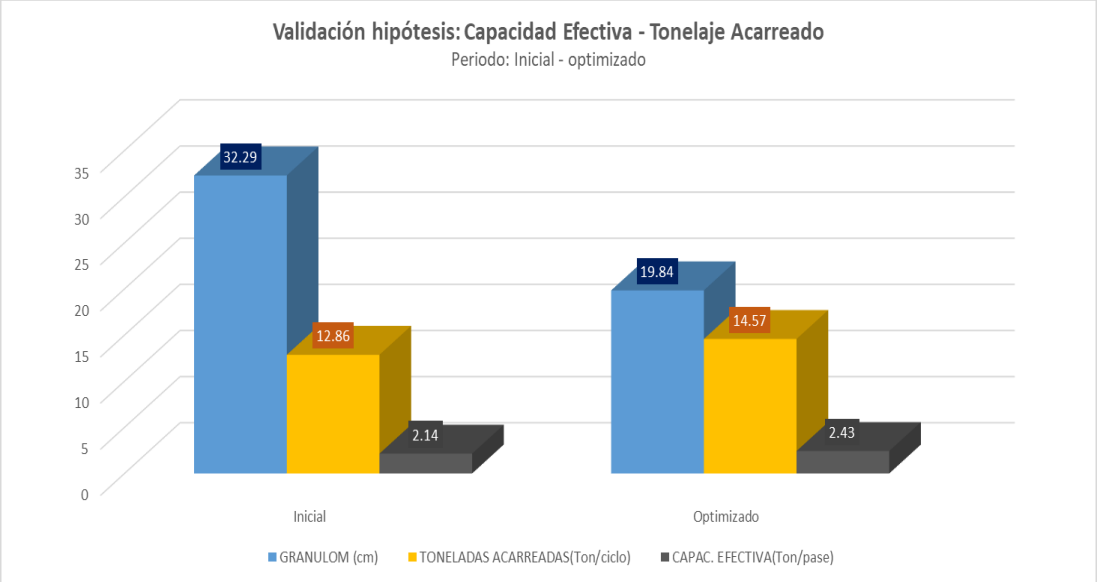


Figura 31. Validación hipótesis: capacidad efectiva

El análisis de la capacidad efectiva de los scoops Atlas ST2G de 4 t considera una mejora durante el segundo periodo analizado (periodo optimizado), mejorando la capacidad efectiva de los scoops, incrmentando el tonelaje acarreado.

La granulometría asociada en los periodos inicial y optimizado consideran valores de 32.29 cm a 19.84, esta reducción de la granulometría en 12.45 cm mejoró el factor de llenado de 75% a 85% incrementó la capacidad efectiva de 2.14 a 2.43 t/pase, con un incremento de 0.29 ton/pase durante el periodo optimizado.

Finalmente, el control y reducción del grado de fragmentación durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre) permitió una mejora en la capacidad efectiva en los equipos de carguío (scoops 4 t). La mejora de la capacidad efectiva incrementó el tonelaje acarreado por ciclo de 12.86 ton/ciclo a 14.57/t/ciclo durante el periodo optimizado con una

mejora de 1.71 t/ciclo, evidenciando la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, dumpers Sandvic EJC 417 de 15.4 t.

CONCLUSIONES

1. El estudio consideró la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo producto del análisis de los parámetros de perforación y voladura, tonelaje acarreado y capacidad efectiva desarrollado en el tajo 200 de la veta Daysi en la mina Las Lomas de la Compañía Minera Casma, durante los periodos inicial (setiembre y octubre) y el periodo optimizado (noviembre y diciembre).

2. El resumen promedio diario de los parámetros de perforación y voladura durante el periodo inicial (setiembre y octubre) en el tajo TJ 200 A, B y C considera 236.54 m perforados, con 11.97 m de avance efectivo y un consumo de 162.25 kg de Anfo y de 14.90 kg de Emulnor 1"x7".

3. El resumen promedio diario de los parámetros de perforación y voladura durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre) en el tajo TJ 200 A, B y C considera 281.46 m perforados, con 12.61 m de avance efectivo y un consumo de 183.85 kg de Anfo y de 15.92 kg de Emulnor 1"x7".

4. La validación de la hipótesis en los parámetros de perforación y voladura entre los periodos analizados considera una mejora en el periodo optimizado, siendo estos: el incremento de los metros perforados en 44.92 m, incremento en el avance efectivo en 0.64 m, esto producto del incremento de los explosivos en 21.60 kg de Anfo y de 1.02 kg de Emulnor diariamente.

5. En el resumen de tonelaje acarreado en el periodo inicial, se observa una mejora de las variables analizadas entre los meses de setiembre a octubre, el cual considera un promedio de horas diarias en 49.09 horas, con un promedio diario de ciclos en 190.54 ciclos y un promedio diario de tonelaje en 438.80 t.

6. En el resumen de tonelaje acarreado en el periodo optimizado, se observa una mejora de las variables analizadas entre los meses de noviembre y diciembre, el cual considera un promedio de horas diarias en 47.50 horas, con un promedio diario de ciclos en 214.53 ciclos y un promedio diario de tonelaje en 461.55 t.

7. La validación de la hipótesis del tonelaje acarreado considera una mejora del tonelaje durante el periodo optimizado con 438.80 a 461.55 t/día respectivamente, esta mejora en 22.75 t/día, esta reducción se refleja en menores horas de acarreo de 49.09 a 47.50 durante el mismo periodo de análisis, con una disminución de horas de acarreo en 1.58 h/día y mayor

cantidad de ciclos de 190.54 a 214.53 ciclos, con una mejora de 24 ciclos. La mejora de tonelaje acarreado en el segundo periodo de análisis fue producto del control y disminución de la granulometría, mejorando la capacidad efectiva y mayor tonelaje acarreado.

8. En el estudio granulométrico del tajo TJ 200 (A, B, C) en cancha de mineral durante el periodo inicial, se realiza un análisis de 2,353 partículas con un tamaño mínimo de 1.60 cm y máximos de 42.93 cm, considera un P80 de 32.29 cm y un porcentaje pasante de 66.17% con un tamaño solicitado por planta de 20 cm. El P80 y porcentaje pasante determinado define un factor de llenado del 70 % en equipos de carguío, scoops 4 t.

9. En el estudio granulométrico del tajo TJ 200 (A, B, C) en cancha de mineral durante el periodo optimizado, se realiza un análisis de 3,776 partículas con un tamaño mínimo de 1.490 cm y máximos de 32.52 cm, considera un P80 de 19.84 cm y un porcentaje pasante de 80.64% con un tamaño solicitado por planta de 20 cm. El P80 y el porcentaje pasante determinado define un factor de llenado del 80% en equipos de carguío, scoops 4 t.

10. La capacidad efectiva durante el periodo inicial en el scoop de 4 t considera una granulometría de 32.29 cm y un factor de llenado del 75 % es de 2.14 t/pase. Para el siguiente periodo de análisis hubo una mejora de la capacidad efectiva considera una reducción de la granulometría en 19.84 cm e incrementando el factor de llenado en 85 % y una mejora de la capacidad efectiva en 2.43 t/pase.

11. Finalmente, el control y reducción del grado de fragmentación durante el periodo optimizado (noviembre y diciembre) permitió una mejora en la capacidad efectiva en los equipos de carguío (scoops 4 t). La mejora de la capacidad efectiva incrementó el tonelaje acarreado por ciclo de 12.86 t/ciclo a 14.57/ton/ciclo durante el periodo optimizado con una mejora de 1.71 t/ciclo, evidenciando la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, dumpers Sandvic EJC 417 de 15.4 t.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios similares determinando la capacidad efectiva de los equipos de carguío en otros niveles y frentes de producción, considerando las diferentes litologías asociadas a otras estructuras mineralizadas.

2. Se recomienda realizar estudios de factor de acoplamiento entre los equipos de carguío (scoops) y acarreo (dumpers) para determinar el dimensionamiento adecuado de los equipos y el cumplimiento adecuado del plan de producción.

3. Se recomienda relacionar un estudio detallado de los parámetros de perforación y voladura considerando el efecto que genera en la sobre rotura asociada a los diferentes tajos a minar y su influencia en el valor de mineral de oro.

4. Se recomienda utilizar herramientas de gestión operativa en programas de mantenimiento preventivo y correctivo para controlar la pérdida de tiempo operacional en los procesos de carguío y acarreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. QUIROGA, Marco. Selección Análisis de la perforación y tronadura en El Soldado. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2013,119 pp.

2. BONZI, José. Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera los Pelambres. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2016.

3. PIRCA, Joel. Análisis de las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Condestable – 2020. Tesis (Título de Ingeniero l de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2020.

4. SOBERANES, Bryan. Análisis de los factores operacionales y su influencia en la productividad del proceso de transporte de mineral y desmonte en el NV 4025 de la Compañía Minera Argentum, UEA Codiciada 2019. Memoria (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2017.

5. CHAVEZ, Yetzon. Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti - año 2015. Huaraz. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018.

6. DATA ÁREA DE PRODUCTIVIDAD: información del proceso de carguío y acarreo CM Casma.

7. DATA ÁREA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA: información del proceso de perforación y voladura, CM Casma.

ANEXOS

Anexo 1

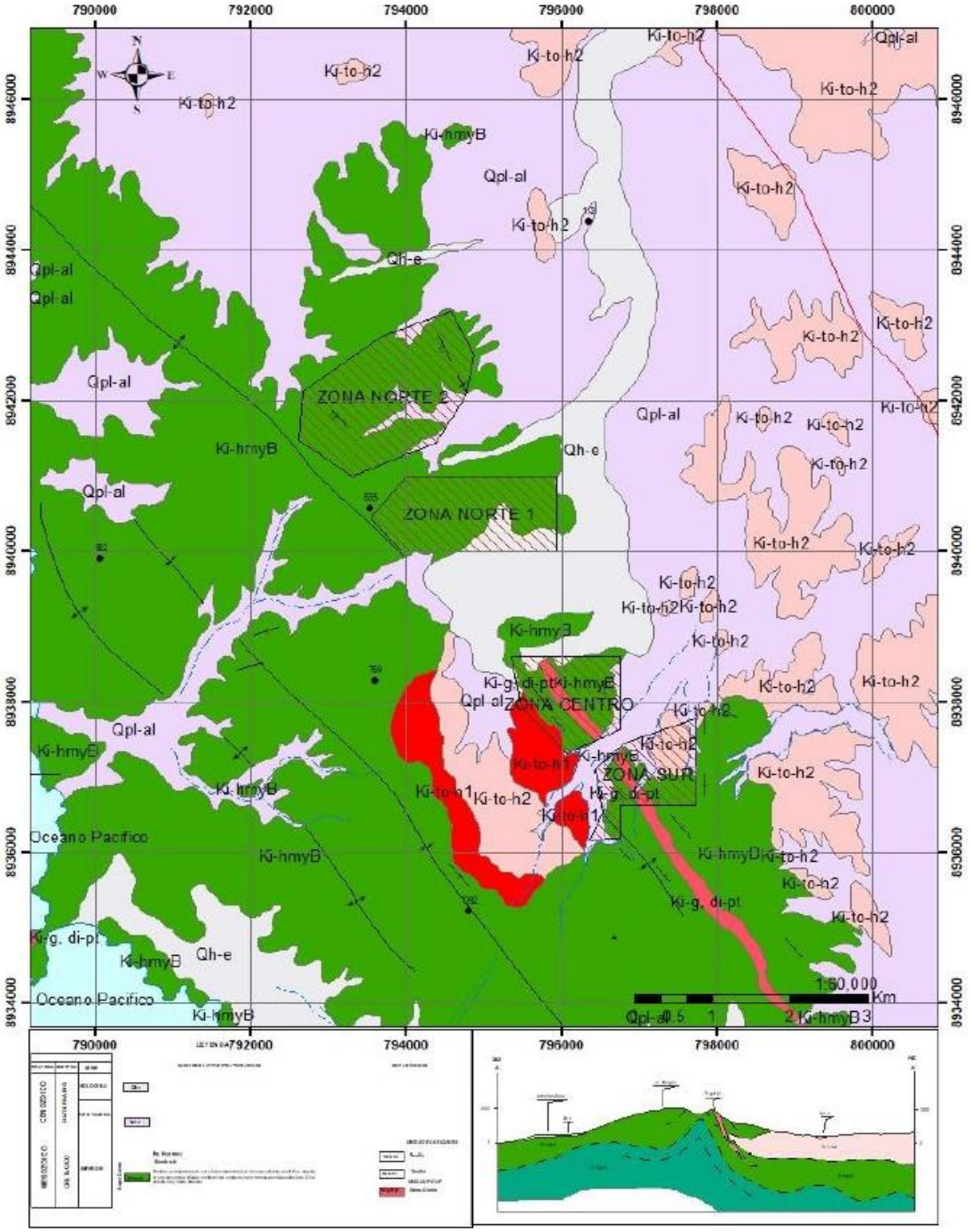
Matriz de operacionalización de variables

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

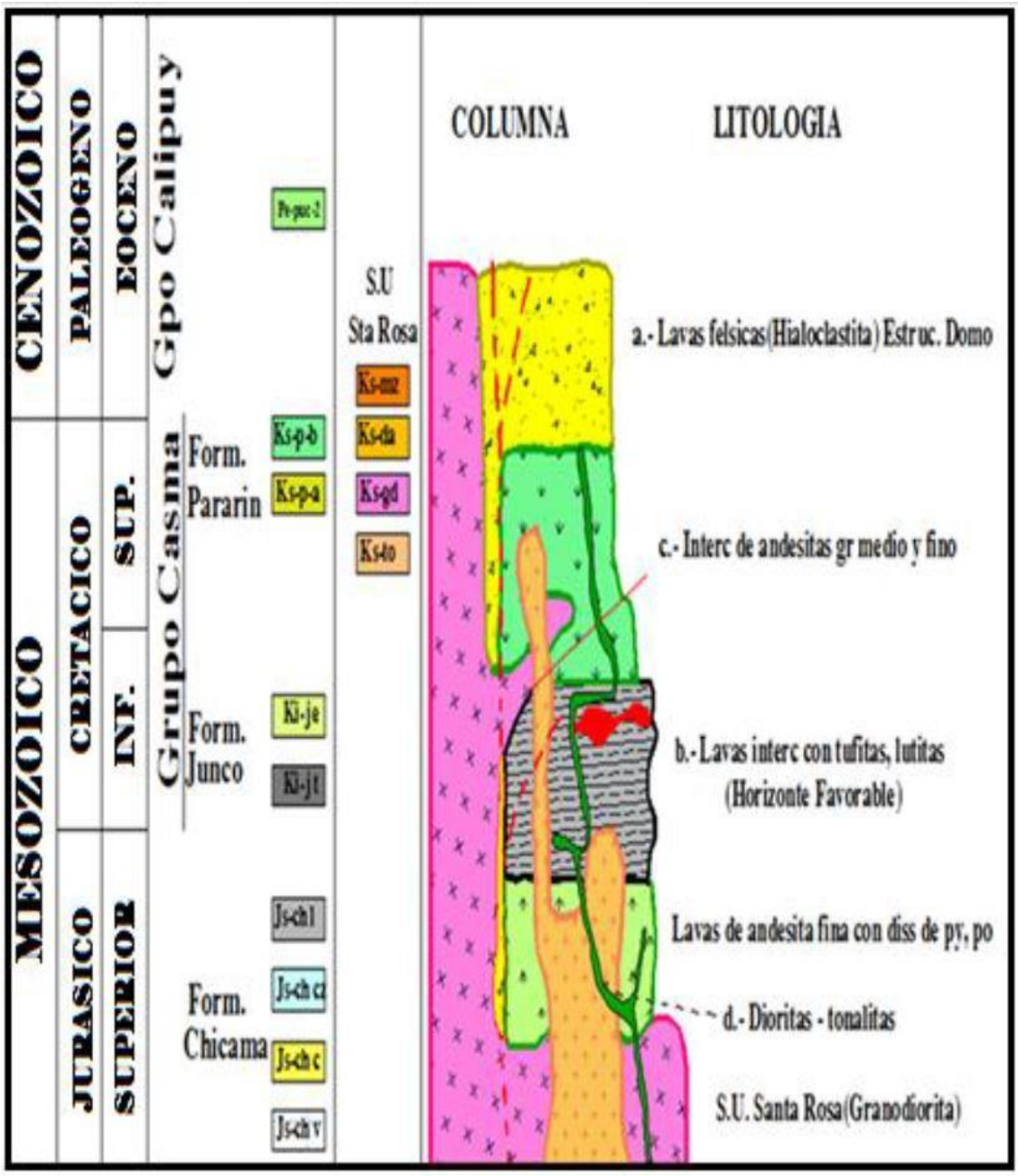
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensión	Subdimensión	Indicador
VI: Mejora del rendimiento de equipos de acarreo	El cumplimiento de los planes de minado involucra una adecuada gestión de los equipos de carguío y acarreo, por lo que el cumplimiento de los planes de producción está relacionado directamente al rendimiento de los equipos de acarreo.	• Parámetros Geológicos	Modelo Geológico	Tipo estructura mineralizada, leyes, ancho veta, etc.
		• Parámetros Geomecánicos	Modelo Geomecánico	Dureza, densidad, RMR, GSI, etc.
		• Parámetros Operacionales	Modelo Operacional	Plan producción, variables de perforación y voladura, acarreo, etc.
VD: Análisis de los parámetros de perforación y voladura en el Tj 200, Veta Daysi de la Compañía Minera Casma SAC	Los resultados de perforación y voladura, involucra el control de la granulometría post voladura y estos influyen directamente con la capacidad efectiva de los equipos de carguío y en un mayor tonelaje acarreado.	• Rendimiento equipos carguío y acarreo.	Capacidad efectiva.	Factor de llenado, granulometría, parámetros de PyV, densidad, etc.
		• Rendimiento Operacional	Plan de producción	Tonelaje cargado y acarreado, kg explosivos, etc.

Anexo 2

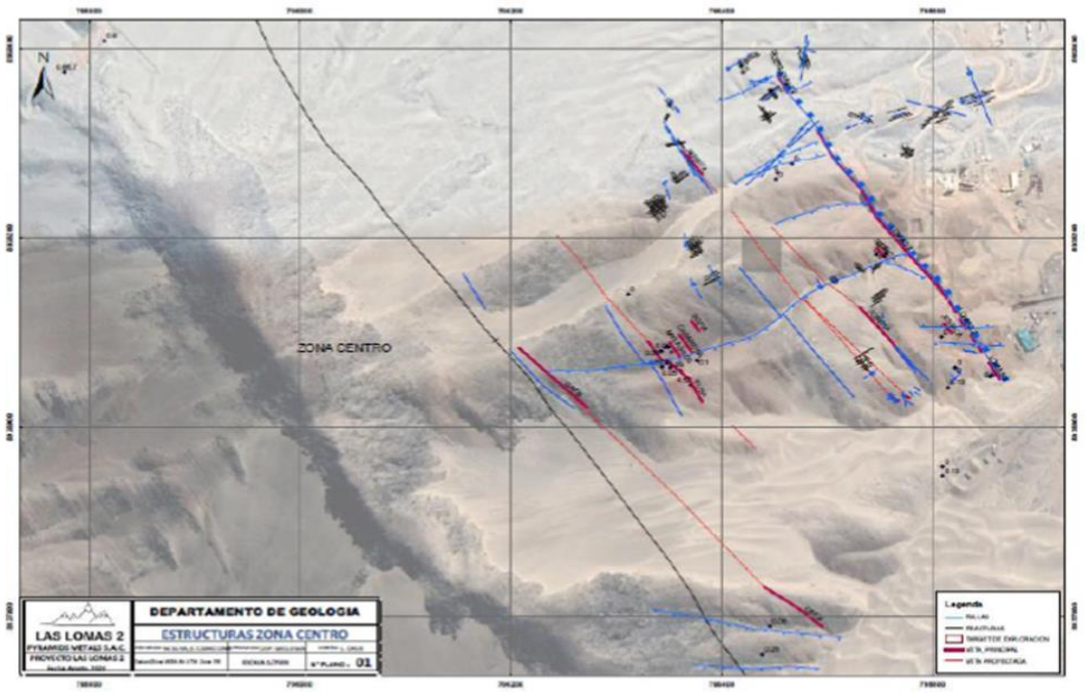
Planos geología y mina



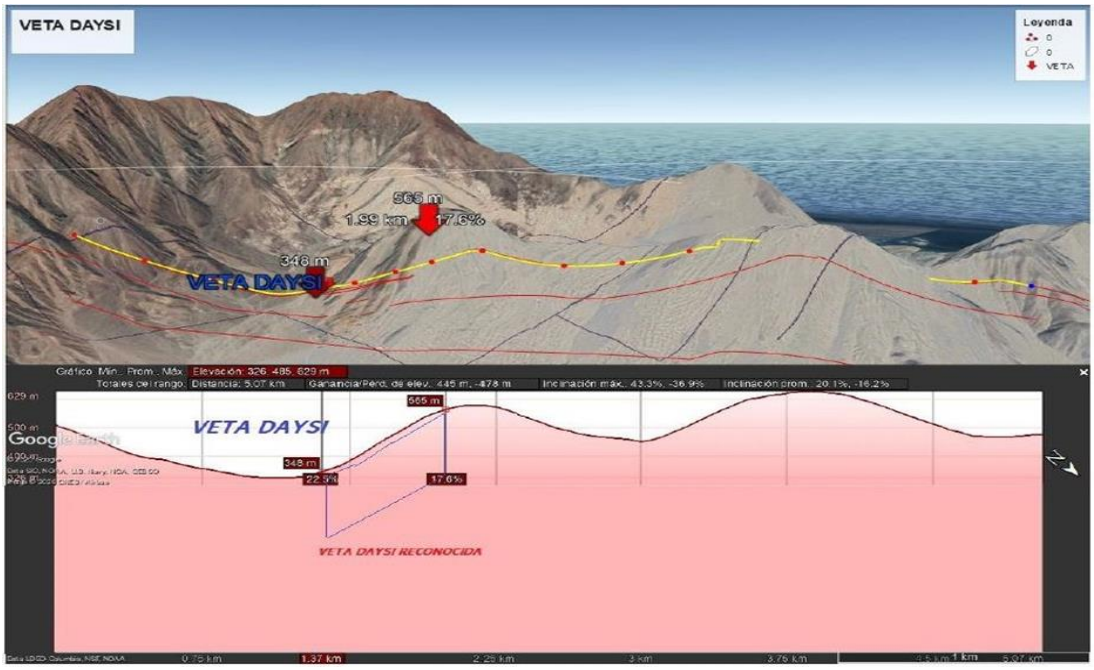
Geología regional de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología



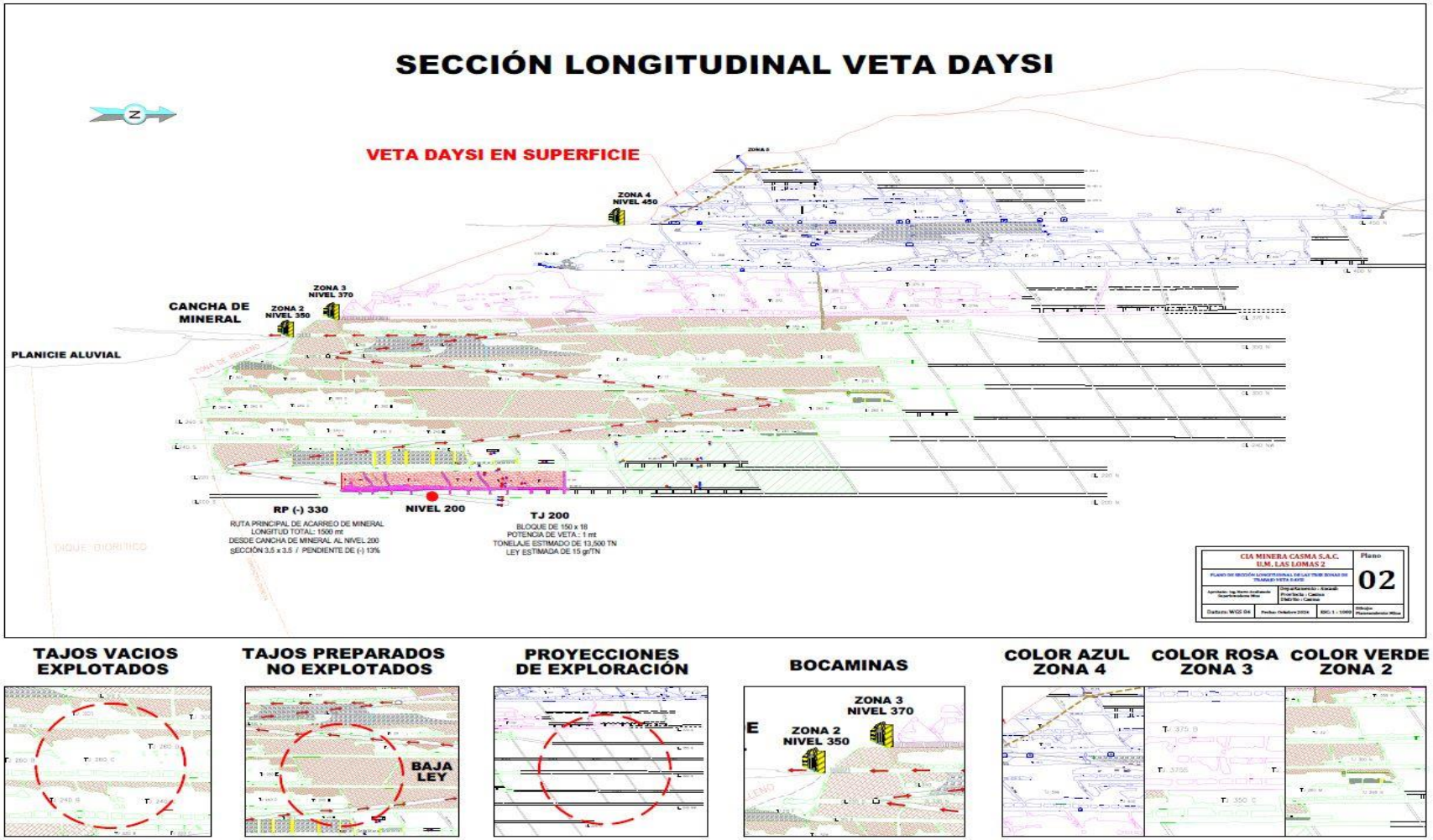
Estratigrafía de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología



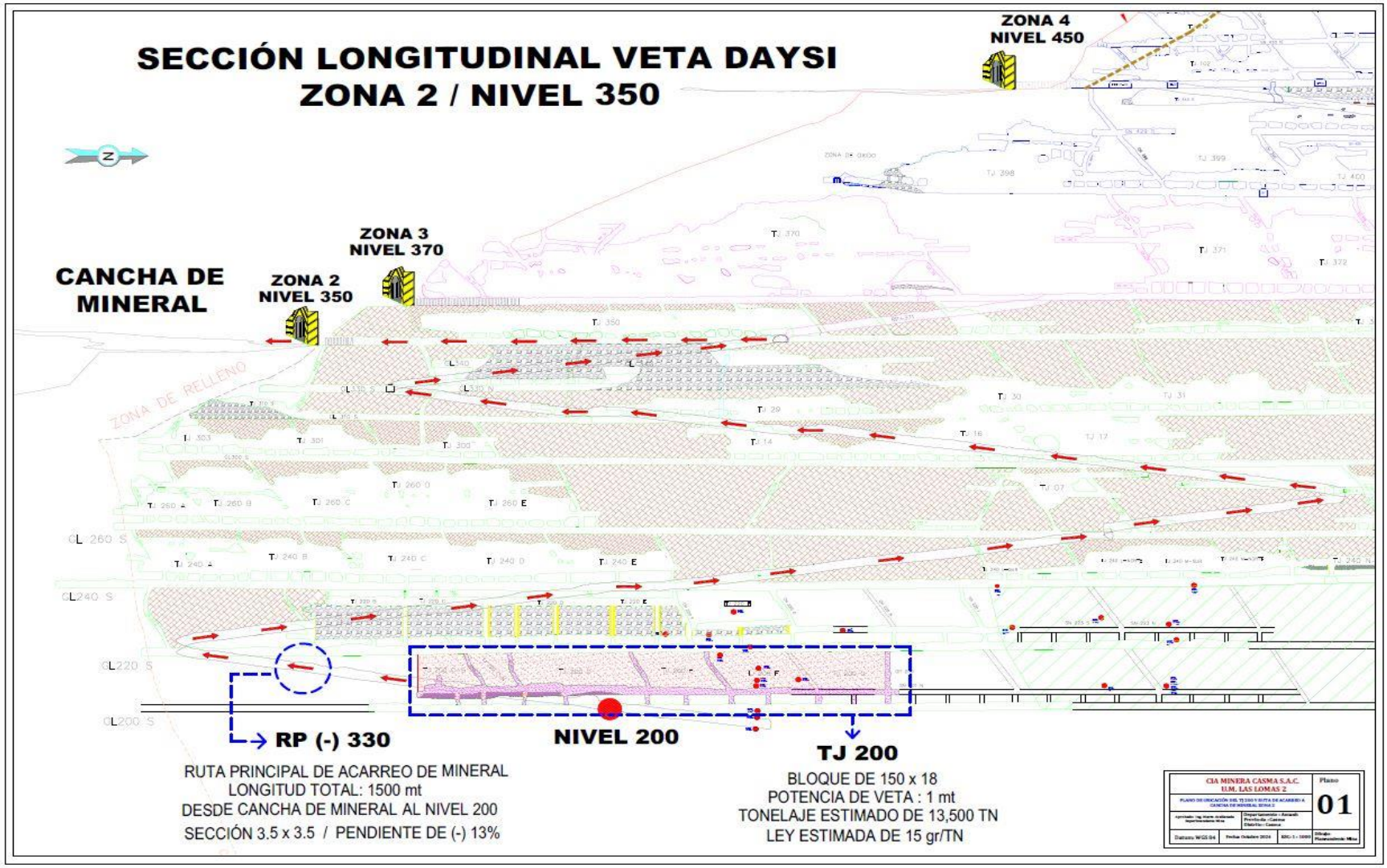
Mineralización de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología



Veta Daysi de la mina Las Lomas
Tomada del Departamento de Geología



Selección longitudinal de la veta Daysi.
Tomada de Superintendencia de Planeamiento



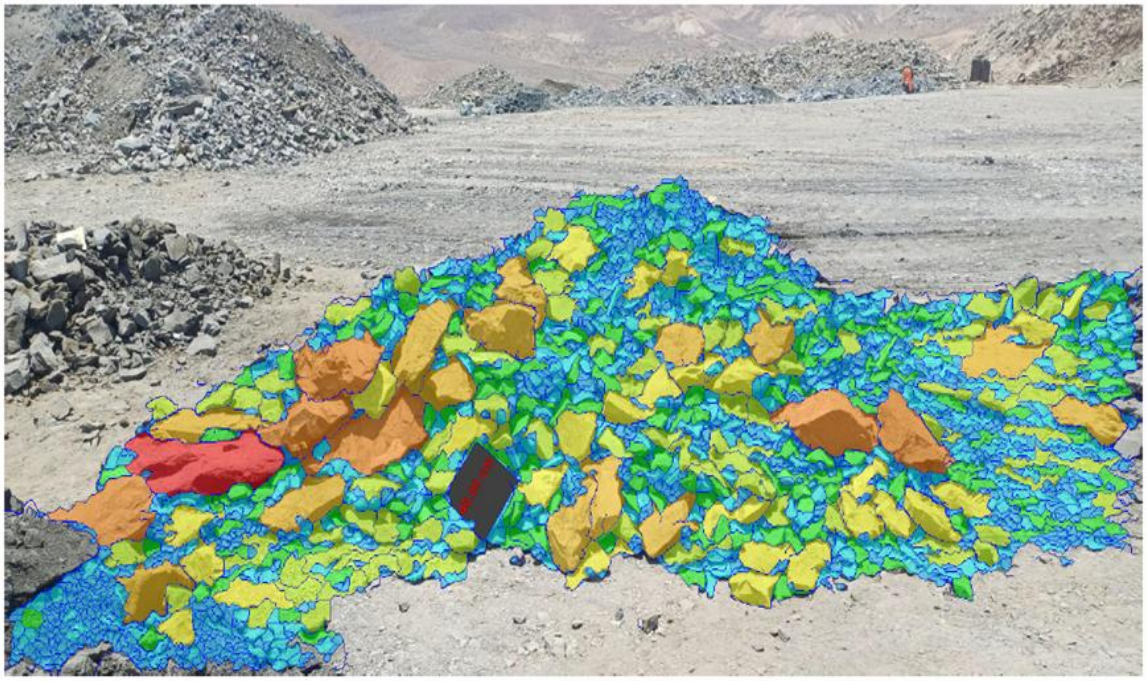
. Layout de acarreo de la mina Las Lomas.
Tomada de Superintendencia de Planeamiento

Anexo 3

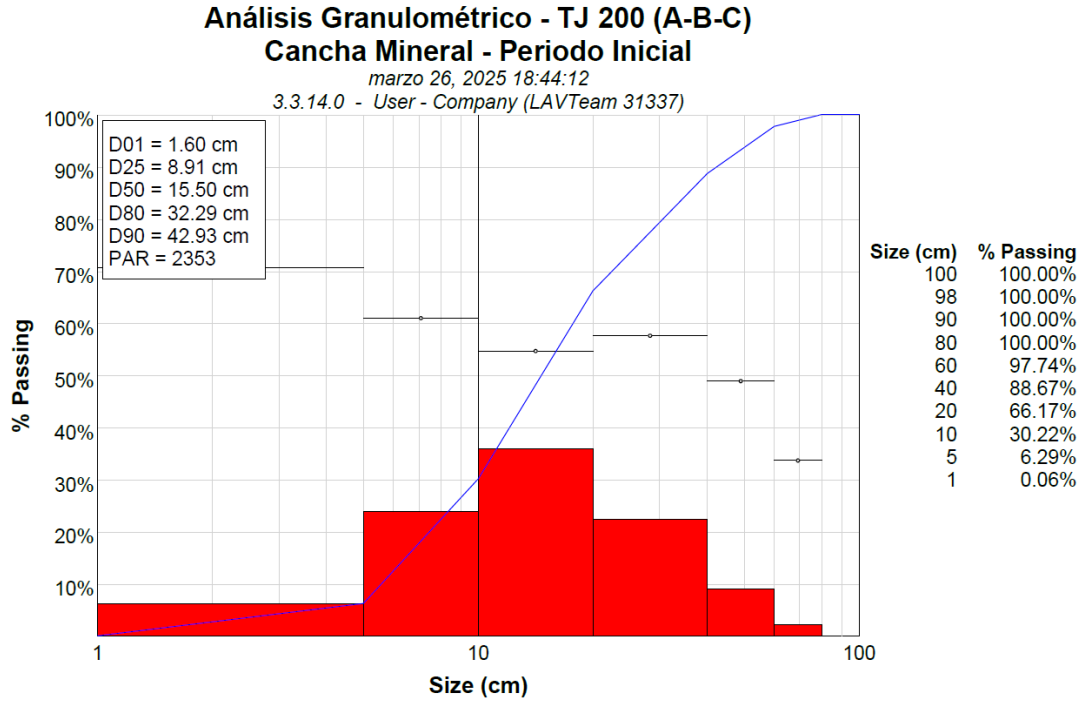
Fotos e imágenes

Malla de perforación 2 x 1 en la veta Daysi.

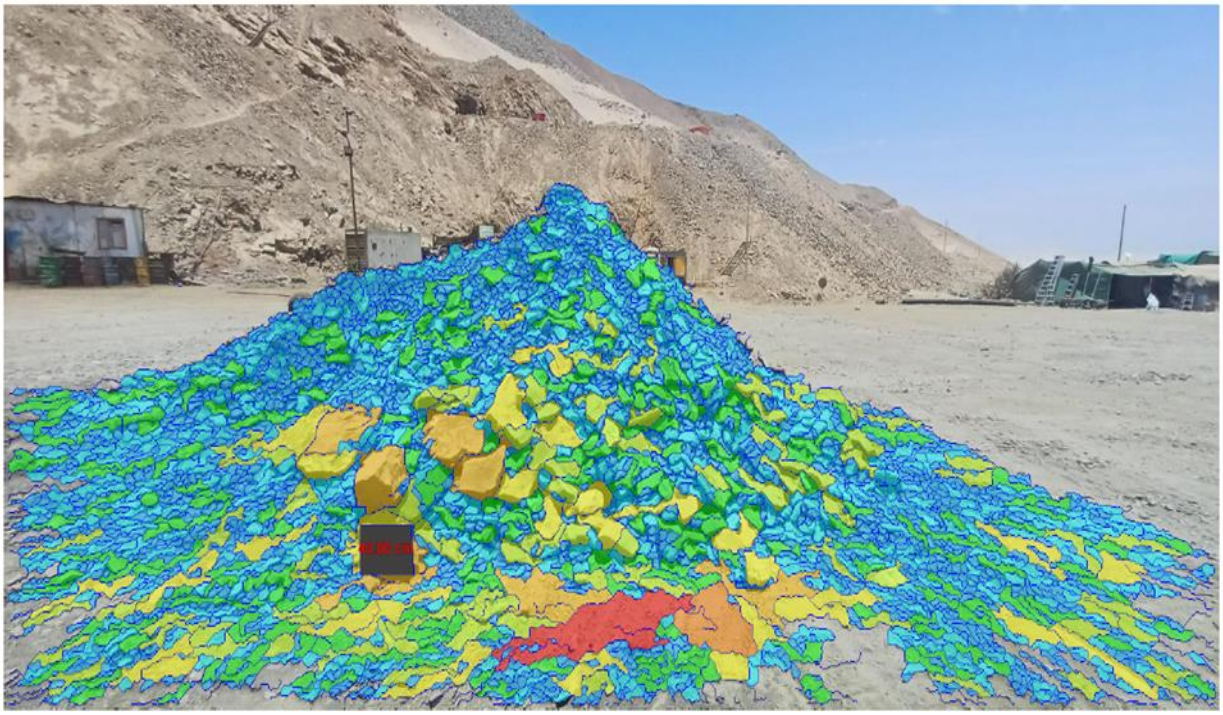
Mineral en cancha, periodo inicial y optimizado.



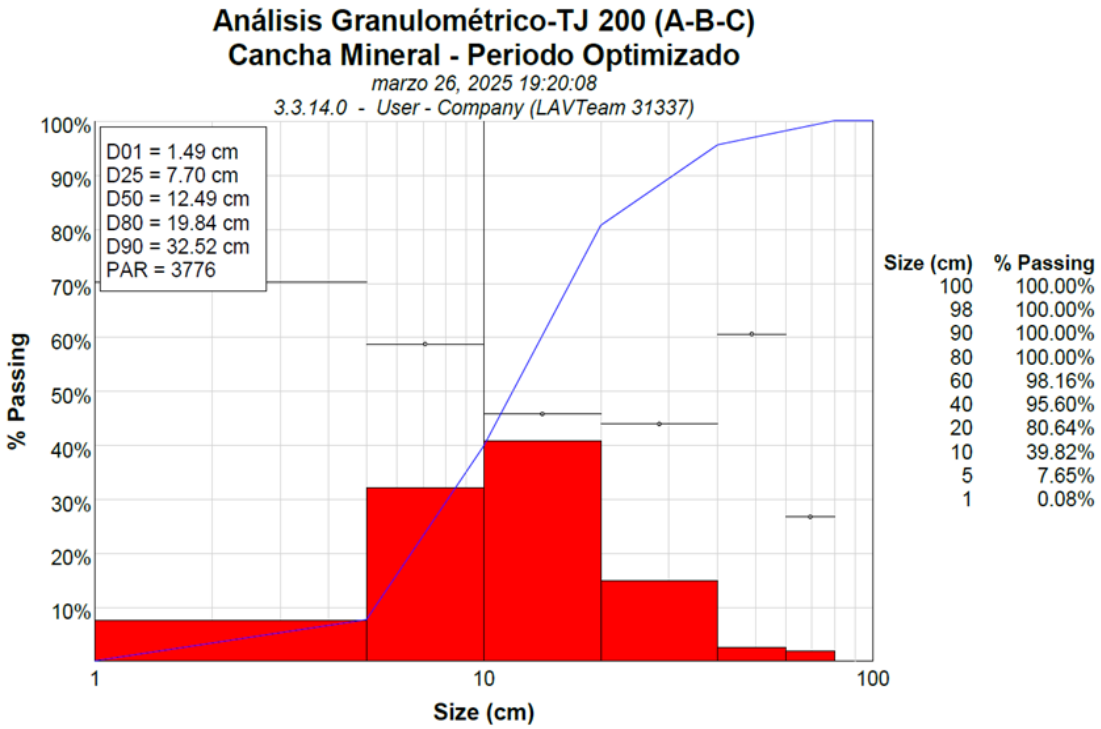
Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial.



Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo inicial.



Análisis de granulometría, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado.



Perfil granulométrico, cancha mineral TJ 200 A, B y C – periodo optimizado.