

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los indicadores de rendimiento en equipos de  
carguío para la reducción de costos de acarreo en la  
Unidad Minera Cerro Lindo, 2023**

Jhordan Abel Espinoza Cardenas  
Gerson Carlo Lopez Meza

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

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

**DE** : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 9 de Octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE ACARREO EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO, 2023", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) JHORDAN ABEL ESPINOZA CARDENAS y GERSON CARLO LOPEZ MEZA, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

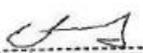
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

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

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

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

Atentamente,

  
 **JAVIER CARLOS CÓRDOVA BLANCAS**  
INGENIERO DE MINAS  
CIP Nº 13824

---

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas  
Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Gerson Carlo Lopez Meza, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76666478, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE ACARREO EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

9 de Octubre de 2023



---

Gerson Carlo Lopez Meza

DNI. No. 76666478

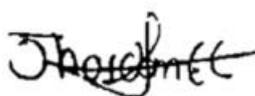
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jhordan Abel Espinoza Cardenas, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70322594, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE ACARREO EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

9 de Octubre de 2023.



---

Jhordan Abel Espinoza Cardenas

DNI. No. 70322594

# ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EQUIPOS DE CARGUÍO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE ACARREO EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>19%</b>	<b>18%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>12%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositoriodemo.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://investors.acerosarequipa.com">investors.acerosarequipa.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://zagan.unizar.es">zagan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %
12	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Primer ITS de la Unidad Minera Cerro Lindo-IGA0002171", R.D. N° 001-2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 Publicación	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unamba.edu.pe">repositorio.unamba.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	"Proceedings of the 4th Brazilian Technology Symposium (BTSym'18)", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publicación	<1 %
15	"Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Publicación	<1 %
16	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a la empresa y profesionales por sus sabios consejos durante la realización del presente trabajo, asimismo a nuestros docentes de la Universidad Continental por sus enseñanzas vertidas y finalmente a nuestro asesor por su apoyo en la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

En principio, dedicar el presente trabajo de investigación a nuestro Dios por guiarnos y protegernos en todo momento, y hacer de nosotros buenos hijos y hermanos.

A nuestros padres, por su apoyo y guía incondicional en nuestra formación personal y profesional, por hacer de nosotros buenos profesionales y personas de bien.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA-----	I
ASESOR-----	II
AGRADECIMIENTO-----	III
DEDICATORIA-----	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	V
ÍNDICE DE TABLAS-----	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS-----	X
RESUMEN-----	XII
ABSTRACT-----	XIV
INTRODUCCIÓN-----	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	18
2.1. Planteamiento y formulación del problema-----	18
2.1.1. Planteamiento del problema-----	18
2.1.2. Formulación del problema-----	19
2.2. Objetivos-----	19
2.2.1. Objetivo general-----	19
2.2.2. Objetivos específicos-----	19
2.3. Justificación e importancia-----	20
2.3.1. Justificación social - práctica-----	20
2.3.2. Justificación académica-----	20
2.4. Hipótesis de la investigación-----	21
2.4.1. Hipótesis general-----	21
2.4.2. Hipótesis específicas-----	21
2.5. Identificación de las variables-----	21
2.5.1. Variable independiente-----	21
2.5.2. Variable dependiente-----	21
2.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	23
2.1 Antecedentes del problema-----	23
2.1.1 Antecedentes internacionales-----	23

2.1.2	Antecedentes nacionales	24
2.2	Generalidades de la unidad minera Cerro Lindo	25
2.2.1	Ubicación de la unidad minera cerro lindo	25
2.2.2	Accesibilidad de la unidad minera cerro lindo	25
2.3	Geología general	26
2.3.1	Geología local	26
2.3.2	Geología económica	28
2.3.3	Consideraciones geomecánicas	30
2.4	Método de explotación	30
2.4.1	Sublevel stoping	30
2.4.2	Ciclo de minado en la unidad minera Cerro Lindo	32
2.5	Bases teóricas del estudio	38
2.5.1	Consideraciones operacionales	38
2.5.2	Consideraciones de granulometría	40
2.5.3	Características del resultado de la voladura	41
2.5.4	Especificaciones de equipos de carguío	42
2.5.5	Especificaciones de equipos de acarreo	43
2.5.6	Consideraciones de la granulometría en el rendimiento de equipos de carguío	44
2.5.7	Parámetros operacionales en equipos de carguío y acarreo	47
	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>49</b>
3.1	Método y alcances de la investigación	49
3.1.1	Método de la investigación	49
3.1.2	Alcances de la investigación	50
3.2	Diseño de la investigación	50
3.3	Población y muestra	50
3.3.1	Población	50
3.3.2	Muestra	51
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	51
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	51
	<b>CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>

4.1 Consideraciones generales de perforación y voladura -----	52
4.2 Análisis de indicadores de rendimiento en equipos de carguío (Scoop 9 yd <sup>3</sup> )	55
4.3 Análisis de las actividades de los equipos de carguío-----	67
4.4 Análisis de la granulometría en el rendimiento de equipos de carguío-----	77
4.5 Análisis de rendimiento de equipos de carguío y acarreo -----	87
4.6 Validación de la hipótesis planteada -----	91
CONCLUSIONES -----	97
RECOMENDACIONES -----	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	101
ANEXOS-----	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	22
Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Cerro Lindo .....	26
Tabla 3. Valores del macizo rocoso en la unidad minera Cerro Lindo .....	30
Tabla 4. Equipos de perforación usados en la unidad minera Cerro Lindo .....	34
Tabla 5. Equipos de acarreo de bajo perfil (scoop), usados en la unidad minera Cerro Lindo .....	35
Tabla 6. Producción y avances, periodo 2022, unida minera Cerro Lindo .....	39
Tabla 7. Resultados de variables posvoladura, en la unidad minera Cerro Lindo .....	41
Tabla 8. Parámetros de equipos de carguío, scoops de 9 yd <sup>3</sup> , unidad minera Cerro Lindo .....	47
Tabla 9. Parámetros de equipos acarreo de 45 t, unidad minera Cerro Lindo .....	48
Tabla 10. Consideraciones de resultados de voladura, unidad minera Cerro Lindo .....	54
Tabla 11. Fragmentación P80 (pulg) post voladura, unidad minera Cerro Lindo .....	54
Tabla 12. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd <sup>3</sup> (17,18,19,20), periodo febrero, unidad minera Cerro Lindo .....	56
Tabla 13. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd <sup>3</sup> (17,18,19,20), periodo marzo, unidad minera Cerro Lindo .....	59
Tabla 14. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd <sup>3</sup> (17, 18, 19, 20), periodo abril, unidad minera Cerro Lindo .....	61
Tabla 15. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd <sup>3</sup> (17, 18, 19, 20), periodo mayo, unidad minera Cerro Lindo .....	64
Tabla 16. Resumen de indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd <sup>3</sup> (17,18, 19,20), periodo febrero a mayo, unidad minera Cerro Lindo .....	66
Tabla 17. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto (20 %), febrero-abril .....	68
Tabla 18. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo de febrero-abril .....	69

Tabla 19. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, mayo .....	71
Tabla 20. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo mes de mayo .....	72
Tabla 21. Resumen actividades de proceso de carguío con Pareto, periodo estudio.....	74
Tabla 22. Resumen de actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo de estudio .....	75
Tabla 23. Tamaño de distribución, TJ320 – NV1850.....	79
Tabla 24. Resumen de grado de fragmentación, TJ320 – NV1850 .....	80
Tabla 25. Tamaño de distribución, TJ061C-NV1650 .....	81
Tabla 26. Resumen de grado de fragmentación, TJ061C-NV1650 .....	82
Tabla 27. Tamaño de distribución, TJ740-NV1650 .....	83
Tabla 28. Resumen de grado de fragmentación, TJ740-NV1650.....	84
Tabla 29. Tamaño de distribución optimizado, TJ310-NV1650 .....	85
Tabla 30. Resumen de grado de fragmentación, TJ310-NV1650.....	86
Tabla 31. Resumen de grado de fragmentación, periodo de estudio.....	86
Tabla 32. Rendimiento de equipos de carguío, periodo febrero - abril .....	87
Tabla 33. Rendimiento de equipos de acarreo, periodo febrero - abril .....	88
Tabla 34. Rendimiento de equipos de carguío, periodo mayo.....	88
Tabla 35. Rendimiento de equipos de acarreo, periodo febrero - abril .....	89
Tabla 36. Resumen de rendimiento de equipos de carguío .....	89
Tabla 37. Resumen de rendimiento de equipos de acarreo .....	90
Tabla 38. Resumen de costos de acarreo, periodo de estudio.....	90
Tabla 39.Indicadores de rendimiento de equipos de carguío, periodo de estudio .....	92
Tabla 40. Actividades de incidencia operacional (Pareto) en equipos de carguío, periodo de estudio .....	92
Tabla 41. Resumen de grado de fragmentación, periodo de estudio.....	94
Tabla 42. Resumen de rendimiento de equipos de carguío, periodo de estudio ..	95
Tabla 43. Resumen de rendimiento de equipos de acarreo, periodo de estudio ...	95
Tabla 44. Resumen de costos de acarreo, periodo de estudio.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Cerro Lindo .....	25
Figura 2. Plano geológico local de la Unidad Minera Cerro Lindo .....	27
Figura 3. Vista isométrica de la geología local de la unidad minera Cerro Lindo .....	27
Figura 4. Sectores de la unidad minera Cerro lindo .....	29
Figura 5. Ore body de la unida minera Cerro Lindo.....	30
Figura 6. Diseño del método de minado sublevel stoping, en Cerro Lindo .....	31
Figura 7. Drift de extracción, método sublevel stoping, Tj 320, Nv 1850, OB2B ...	32
Figura 8. Ciclo de minado del método de explotación sublevel stoping, en la unidad minera Cerro Lindo.....	33
Figura 9. Perforación positiva y negativa, método sublevel stoping, Tj 320, Nv 1520, OB2B .....	34
Figura 10. Limpieza en Tj 320, Nv 1520, OB2B .....	35
Figura 11. Camión Scania 8x4 G54OB8 .....	36
Figura 12. Gestión de transporte a stockpile .....	37
Figura 13. Perfil operaciones, unidad minera Cerro Lindo, periodo 2022 .....	38
Figura 14. Secuencia del resultado post voladura, unidad minera Cerro Lindo ....	40
Figura 15. Scoop de 9 yd <sup>3</sup> , modelo R2900, Caterpillar Tj06-1C, OB1 .....	42
Figura 16. Camión Scania 8x4 G54OB8 .....	44
Figura 17. Mineral post voladura en Tj320 – Nv1850 – OB2B.....	45
Figura 18. Mineral post voladura (mejorado) en Tj320 – Nv1550 – OB2 .....	46
Figura 19. Consideraciones de perforación en Tj320 – Nv1550 – OB2 .....	53
Figura 20. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado (t/h), periodo de febrero.....	56
Figura 21. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo febrero .....	57
Figura 22. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo febrero .....	57
Figura 23. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado, periodo marzo .....	58

Figura 24. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo de marzo .....	59
Figura 25. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo marzo .....	60
Figura 26. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado (t/h), periodo de abril .....	61
Figura 27. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo abril .....	62
Figura 28. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo abril.....	62
Figura 29. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado, periodo mayo .....	63
Figura 30. Relación tonelaje, número de cucharas y número de viajes, periodo de mayo.....	64
Figura 31. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo mayo.....	65
Figura 32. Relación tonelaje, total de horas de carguío y su rendimiento asociado (t/h) periodo febrero a mayo .....	66
Figura 33. Resumen relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo febrero a mayo .....	67
Figura 34. Resumen relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo febrero a mayo .....	67
Figura 35. Diagrama de Pareto, periodo de febrero a abril en equipos de carguío .....	70
Figura 36. Diagrama de Pareto, periodo mayo en equipos de carguío.....	73
Figura 37. Diagrama de Pareto, periodo estudio en equipos de carguío .....	76
Figura 38. Material post voladura Tj320-Nv1850.....	78
Figura 39. Análisis de granulometría post voladura Tj320-Nv1850.....	79
Figura 40. Material post voladura TJ061C-NV1650.....	80
Figura 41. Análisis de granulometría, post voladura TJ061C-NV1650 .....	81
Figura 42. Material post voladura TJ740-NV1650 .....	82
Figura 43. Análisis de granulometría post voladura TJ740-NV1650 .....	83
Figura 44. Material post voladura TJ310-NV1650 .....	84
Figura 45. Análisis de granulometría post voladura TJ310-NV1650 .....	85

## RESUMEN

La presente tesis analizó los indicadores de rendimiento en equipos de carguío (scoops 9 yd<sup>3</sup>) para definir la reducción de costos de acarreo (Scania 45 t), mediante el análisis del grado de fragmentación posvoladura en los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y el optimizado en el Tj310 – Nv1650 de la unidad Cerro Lindo.

Se aplicó el método inductivo – deductivo que permitió observar los indicadores de rendimiento de equipos de carguío y su influencia en la reducción de costos de acarreo, para la optimización operacional.

Durante los periodos febrero a abril y periodo del mes de mayo, se analizaron los equipos de carguío (scoop 17, 18, 19 y 20), considerando los diferentes indicadores en el proceso de carguío, así como las actividades asociadas para definir la reducción de pérdida de tiempo, también se determinó el análisis del grado de fragmentación para optimizar el factor de llenado y su incidencia en el rendimiento de equipos de carguío y acarreo para generar la reducción de costos.

El análisis de los indicadores de rendimiento de los equipos de carguío durante los periodos de estudio considera la mejora de las horas promedio de carguío de 0.91 a 0.93 horas, asimismo un incremento de tonelaje promedio de 134.31 a 143.66 t/h, mejorando el número de cucharas de 15.66 a 16.65 y la mejora en el número de viajes de 6 a 7 viajes/h.

La mejora de los indicadores de rendimiento se observa en el incremento de los indicadores de disponibilidad de 86.5 a 88.19 % y la utilización de 65.84 a 74.66 %. Esta mejora está relacionada a un mejor control en la gestión de las actividades asociadas a los equipos de carguío, controlando una disminución de estas de 7 a 6 actividades, con una disminución de 3,840.02 horas en los periodos de febrero a abril a 1,304.63 horas de tiempo efectivo operacional en el periodo de mayo.

De acuerdo con los estudios realizados en ambos periodos de análisis, considerando una disminución y control del P80 (granulometría) en 15.39 pulgadas y mejora del factor de llenado de 72 a 80 %, que considera una mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en 4.07 t/h, se redujo el costo unitario de acarreo de 0.22 a 0.18 \$/t con una disminución de 0.04 \$/t.

**Palabras clave:** grado de fragmentación, rendimiento, carguío, acarreo, Pareto

## ABSTRACT

The development of this thesis analyzed the performance indicators in loading equipment (scoops 9 yd<sup>3</sup>) to define the reduction of hauling costs (scania 45 ton), by analyzing the degree of post-blasting fragmentation in the pits Tj320 - Nv1850, Tj061C - Nv1650 and Tj 740 - Nv1650 and the one optimized in the Tj310 - Nv1650 of the Cerro Lindo Unit.

The inductive - deductive method was applied, which allowed to observe the performance indicators of loading equipment and its influence on the reduction of haulage costs, for operational optimization.

During the periods February to April and the period of the month of May, the loading equipment (scoop 17, 18, 19 and 20) was analyzed, considering the different indicators in the loading process, as well as the associated activities to define the reduction of loss of time, the analysis of the degree of fragmentation was also determined to optimize the fill factor and its impact on the performance of loading and hauling equipment to generate cost reduction.

The analysis of the performance indicators of the loading equipment during the study periods, considers the improvement of the average loading hours from 0.91 to 0.93 hours, as well as an increase in average tonnage from 134.31 to 143.66 t/h, improving the number of spoons from 15.66 to 16.65 and the improvement in the number of trips from 6 to 7 trips/h.

The improvement in performance indicators is observed in the increase in availability indicators from 86.5 to 88.19 % and utilization from 65.84 to 74.66% . This improvement is related to a better control in the management of the activities associated with the loading equipment, controlling a decrease of these from 7 to 6 activities, with a decrease of 3,840.02 hours in the periods from February to April to 1,304.63 hours of time. operating cash in the May period.

According to the studies carried out in both periods of analysis, considering a decrease and control of P80 (granulometry) in 15.39 inches and an improvement in the fill factor from 72 to 80%, which considers an improvement in the performance of hauling equipment in 4.07 t/h, the unit hauling cost was reduced from 0.22 to 0.18 \$/t with a decrease of 0.04 \$/t.

**Keywords:** degree of fragmentation, performance, loading, hauling, Pareto, etc.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que afecta la rentabilidad operacional es poder entender el comportamiento de los resultados post voladura y su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo. A medida que se profundizan las labores se incrementa las distancias desde los puntos de carguío hacia la chancadora, zona de acopio y desmontera, incrementando los costos de acarreo, asimismo, la variabilidad geológica como tipo de roca, dureza, densidad, etc., tiene influencia directa en el resultado de la voladura afectando directamente en el rendimiento de los equipos.

Por tal motivo, la realización de la presente tesis contribuye a entender en forma parcial el comportamiento de la granulometría e indicadores de rendimiento de los equipos asociados a las etapas unitarias de carguío y acarreo.

Este comportamiento estará asociado al factor de llenado o fill factor de los equipos de carguío, considerando su influencia en la mayor capacidad de carga y uso de los equipos asociados. El factor de llenado es una variable que está asociado a la densidad de material, factor de esponjamiento y granulometría posvoladura.

El trabajo de investigación abordará el análisis de los indicadores de rendimiento de los equipos de carguío, como horas de carguío, tonelaje, número de cucharas, ciclos y tiempo. De acuerdo con el análisis obtenido en la etapa unitaria de carguío, se analizará la pérdida de tiempo operacional mediante la herramienta de Pareto, para identificar las principales actividades asociadas a la mayor pérdida de tiempo operacional. Posteriormente, se analizará la granulometría posvoladura de 4 tajos asociados al tiempo de estudio, considerando su efecto en el factor de llenado y su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, para luego realiza su relación con el costo unitario de acarreo. El trabajo de investigación se desarrolló en los siguientes capítulos: para el capítulo I, se plantea el planteamiento del problema, objetivo e

hipótesis general, así como los específicos. El capítulo II describe los antecedentes, generalidades de la unidad, bases teóricas asociadas al presente trabajo de investigación. El capítulo III describirá la metodología de investigación, considerando la aplicación de técnicas de investigación. Finalmente, en el capítulo IV se presentará el análisis e interpretación de resultados con su respectiva validación de la hipótesis.

Los autores

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **2.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **2.1.1. Planteamiento del problema**

Uno de los grandes impactos que genera programas de profundización en minería subterránea es el incremento de distancias desde las cámaras de carguío hasta los puntos de descarga como chancadora, zona de acopio y desmontera, los cuales afectarán los costos de acarreo. Asimismo, el impacto que genera los resultados posvoladura en los diferentes frentes de producción como la granulometría afectarán directamente en el factor de llenado, por consecuencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo. El menor rendimiento de los equipos en general, inciden directamente en el cumplimiento de los planes de minado y por lo tanto en el incremento de costos operacionales. Por tal motivo, el desarrollo de la presente tesis involucra el análisis de las variables operacionales post voladura como la granulometría y su incidencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acareo.

Durante el planeamiento de largo plazo, cuando se define diferentes objetivos en cada área de una operación minera desde un punto de vista holístico, la interrelación de los diferentes dominios geológicos, geomecánicos, operacionales y económicos permitirán definir los objetivos operacionales. Asimismo, en el horizonte de corto plazo, la variabilidad de los resultados obtenidos por

incremento de distancias afectará directamente en los procesos unitarios de carguío y acarreo, disminuyendo el rendimiento de los equipos.

### **2.1.2. Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cuál es el resultado al analizar los indicadores de rendimiento en equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo influye el grado de fragmentación posvoladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023?

b) ¿Cómo relacionar las diferentes actividades operacionales de carguío con la pérdida de tiempo operacional para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023?

c) ¿Cómo relacionar el grado de fragmentación con el factor de llenado en equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general**

Analizar los indicadores de rendimiento en equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

a) Determinar la influencia del grado de fragmentación posvoladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.

- b) Determinar la relación de las diferentes actividades operacionales de carguío con la pérdida de tiempo operacional para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.
  
- c) Determinar la relación del grado de fragmentación con el factor de llenado en equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.

### **2.3. Justificación e importancia**

Al realizar el presente trabajo de investigación se analizará los indicadores de rendimiento de equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo.

Al desarrollar la presente tesis se analizará las variables de densidad, factor de llenado, capacidad efectiva de carguío, horas efectivas operacionales, etc., en equipos de carguío y acarreo.

#### **2.3.1. Justificación social - práctica**

La investigación proporcionará grandes beneficios en el sector minero, como sustentar la inversión de proyectos mineros y establecer un ambiente favorable para el incremento de utilidades bajo parámetros operacionales. En la actualidad la mejora en la productividad en áreas de extracción de mineral se ha convertido en un eje fundamental dentro de la gestión de costos, ya que garantiza la estabilidad de una empresa y permite que logre sus objetivos de lineamiento corporativo en base a condiciones de mejora continua.

#### **2.3.2. Justificación académica**

La investigación generará, con su desarrollo, un nuevo modelo de establecer la mejora de la productividad y de parámetros de optimización y reducción de costos en la gestión de las operaciones de carguío y acarreo, mejorando y controlando variables operacionales que inciden en el incremento de costos operacionales.

Así mismo, los resultados obtenidos en el presente estudio, será utilizado como base comparativa en estudios similares por académicos, investigadores y empresas similares.

## **2.4. Hipótesis de la investigación**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Al analizar los indicadores de rendimiento en equipos de carguío influye la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al determinar la influencia del grado de fragmentación posvoladura con la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo influirá en la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.
  
- b) Al determinar la relación de las diferentes actividades operacionales de carguío con la pérdida de tiempo operacional influye en la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.
  
- c) Al determinar la relación del grado de fragmentación con el factor de llenado en equipos de carguío influye en la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo, 2023.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Reducción de costos en equipos de acarreo

### **2.5.2. Variable dependiente**

Análisis de los indicadores de rendimiento en equipos de carguío y acarreo

### 2.5.3. Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub- Dimensiones	Indicadores
<p>VI:</p> <p>Reducción de costos de acarreo de vital importancia por el incremento de distancia y un menor rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, producto del grado de fragmentación post voladura.</p>	<p>La reducción de costos de acarreo es de vital importancia por el incremento de distancia y un menor rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, producto del grado de fragmentación post voladura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geológicos</li> <li>• Geomecánicos</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	<p>Dominios geológicos</p> <p>Dominios geomecánicos</p> <p>Operacionales</p>	<p>Litología, alteración, mineralogía, etc.</p> <p>Características físicas de la toca.</p> <p>Tonelaje, leyes, costos de operación, etc.</p>
<p>VD:</p> <p>Análisis de los indicadores de rendimiento en equipos de carguío y acarreo</p>	<p>Al determinar el análisis de las variables operacionales de relleno en pasta, en el método de minado sublevel stoping, permitirá el cumplimiento del plan de minado de corto plazo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores operacionales de carguío y acarreo</li> <li>• Indicadores de rendimiento de equipos de carguío y acarreo</li> </ul>	<p>Análisis del cumplimiento del plan de minado</p> <p>Análisis de los indicadores de rendimiento de equipos de carguío y acarreo,</p>	<p>Tonelaje cargado y acarreado, distancia de acarreo, tiempo de ciclo, etc.</p> <p>Capacidad efectiva, tiempo de ciclo de carguío y acarreo, disponibilidad, utilización, factor de llenado, etc.</p>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

- a) Estudio titulado: «*Evaluación del rendimiento de diferentes tipos de rodaduras para la optimización del ciclo de acarreo y transporte del material en tunelería*». El objetivo es el incremento de la producción para los periodos de enero a julio (periodo crítico), por tal motivo se analizó el dimensionamiento de flota (carguío y acarreo). Las propuestas planteadas han sido consideradas en la mejora de mantenimiento adecuado de vías y mantenimiento preventivo de flota. Los resultados obtenidos permitieron el incremento de producción en 23 %, reducción de tiempo de acarreo de mineral y desmonte en 13.6 y 27 % respectivamente y mejorando la disponibilidad mecánica en 6 %, producto de los planes de mejora en estas áreas (1).
- b) Tesis titulada: «*Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo-Sucre*», de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, el cual tuvo como objetivo la optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas llevados a cabo en la planta Toluviejo, propiedad de la multinacional Argos S. A., teniendo como base el análisis de

los ciclos actuales y las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo los mismos. El proyecto consta de la toma de una serie de ciclos de transporte que se llevan a cabo diariamente en la cantera, haciendo un análisis adecuado en busca de la identificación de factores que alteren el normal funcionamiento de este y con base en este tomar medidas correctivas que optimicen cada etapa del proceso. Como medida de optimización de los ciclos de transporte, se plantea la construcción de dos nuevas vías para el acarreo del material, las cuales tienen como objetivo la reducción del tiempo empleado y un programa de capacitación para los operadores de los equipos que intervienen en el proceso de cargue y transporte (2).

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

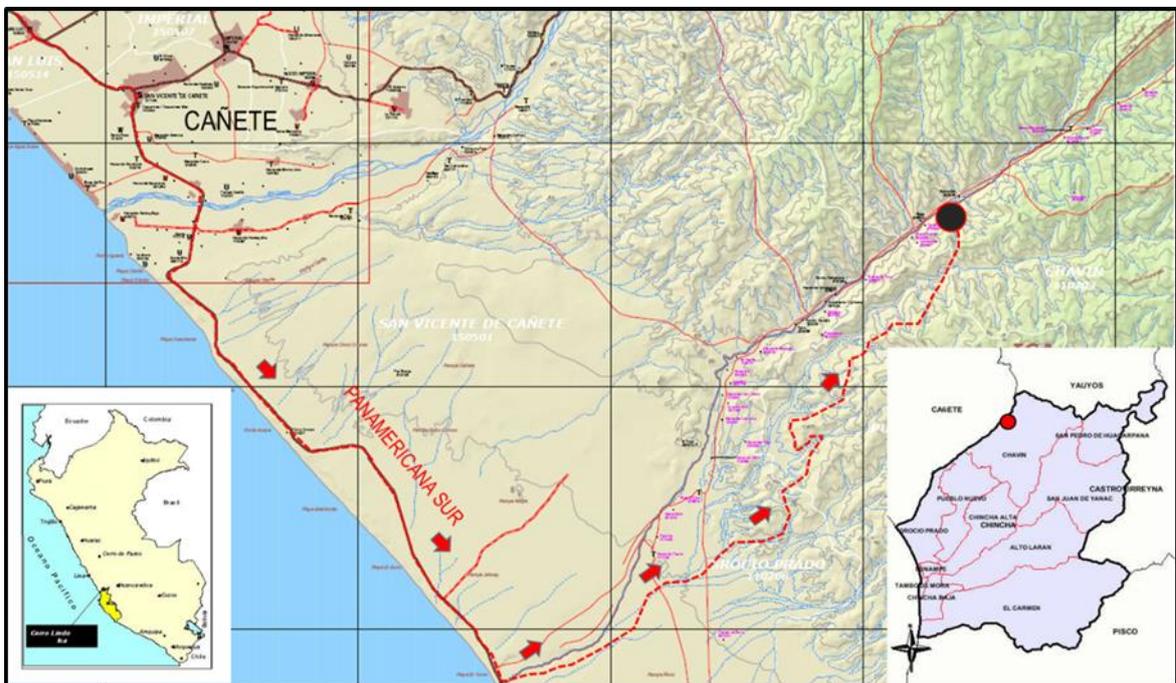
- a) Trabajo de investigación titulado: «*Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM*». En la tesis se explica técnica y económicamente la determinación de la flota de carguío y acarreo para el incremento de la producción del material de desbroce de 400K a 1000K BCM y optimización de costos en la U.E.A. El Brocal. En primera instancia se proyectó una extracción mensual de 1000 K BCM de material de desbroce, pero debido a las condiciones del mercado y a deficiencias en el planeamiento de minado en general, se redujo la producción a 400 K BCM. Ahora con el replanteo de opciones y prioridades de minado se optó por el incremento de la producción a 1000 K BCM (3).
- b) 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 objetivo fue analizar los indicadores operacionales durante los meses de enero a junio (época de pandemia). Los resultados obtenidos fueron de: La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en scoops de 4 yd<sup>3</sup> fueron de 87 %, 37 % y 62 t/h. La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en scoops de 6 yd<sup>3</sup> fueron del 83 %, 59 % y 115 t/h (4).

c) Tesis titulada: «Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S. A. C.». El objetivo fue generar programas de reducción de costos en las áreas de carguío y acarreo. Los resultados obtenidos en ambas áreas, se produjo mediante el incremento de la producción, mediante un mejor control de los diferentes procesos del ciclo de minado (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera Cerro Lindo

### 2.2.1 Ubicación de la unidad minera cerro lindo

La mina Cerro Lindo se ubica a una distancia de 175 kilómetros al sureste de la ciudad de Lima, a una altura promedio de 1820 a 2165 m s. n. m. Pertenece a la región de Ica, provincia de Chíncha y distrito de Chavín, en las coordenadas UTM: 8 554,400 N y 993,100 E.



**Figura 1. Ubicación de la mina Cerro Lindo**  
Tomada del Departamento de Planeamiento

### 2.2.2 Accesibilidad de la unidad minera Cerro Lindo

Se accede a la unidad minera desde la ciudad de Lima al paraje Jahuay por vía asfaltada con una distancia de 180 kilómetros, de allí hacia la unidad minera Cerro Lindo por vía afirmada con una distancia de 60 kilómetros.

**Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Cerro Lindo**

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Lima – Paraje Jahuay	180 km	1.45 h	Vía asfaltada
Paraje Jahuay – Mina Cerro Lindo	60 km	0.35 h	Vía afirmada

*Tomada del Departamento de Planeamiento*

## **2.3 Geología general**

La unidad minera se presenta como *ore body*, relacionado a modelos geológicos tipo VMS (sulfuro masivo de Zn (Pb, Ag)), emplazados en rocas volcánico sedimentarias, los que han sido controlados estructuralmente, litológicamente (intrusiones tardías de diques de andesita) y mineralógicamente.

### **2.3.1 Geología local**

La mina Cerro Lindo está asociada a rocas tipo riolitas a riodacitas (rocas volcánicas) la que se presentan en el techo y en el piso de los cuerpos mineralizados (Ore body). Se observa en forma distal unidades piroclásticas relacionados a tufos de ceniza volcánica y tufos lapilli.

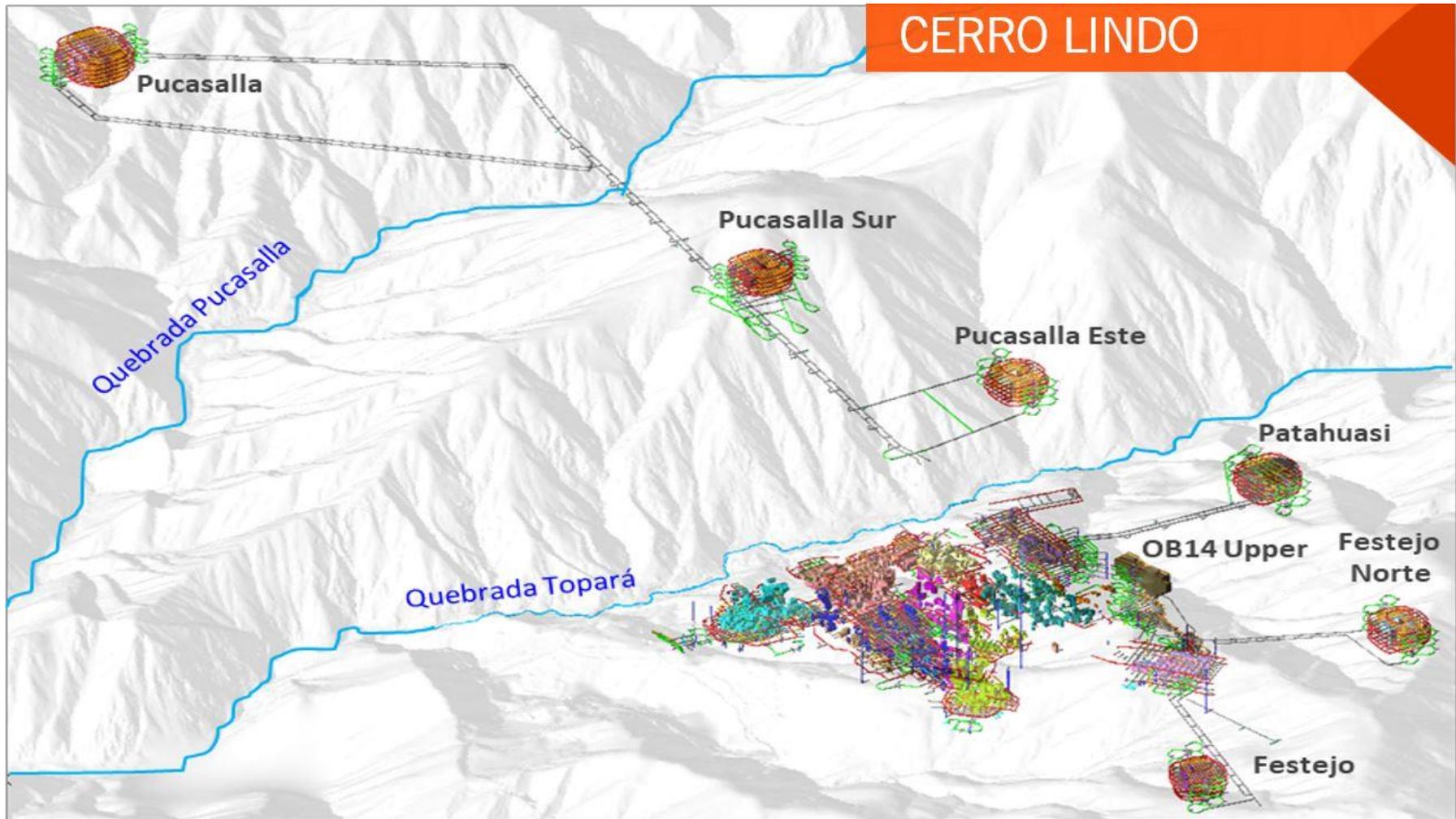
En el área de proyecto se observa la presencia de rocas del batolito de la costa, intruyendo a rocas volcánicas tipo almohadilla, finalmente las rocas volcánico sedimentarios y los intrusivos del batolito de la costa han sido intruídos por fases tardías tipo diques andesíticas.



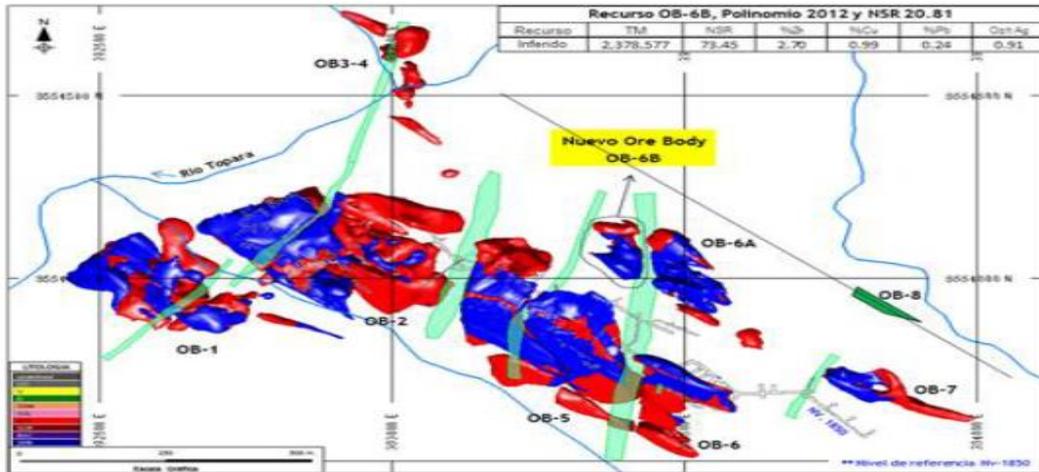
### **2.3.2 Geología económica**

La mina Cerro Lindo es considerado como un yacimiento VMS de Zn y Cu, con orientaciones de rumbo andino NW, buzando 65° SW. Las dimensiones donde se emplazan los diferentes *ore bodies* de la mina reconocidas (7 *ore bodies*) con longitudes de 1350 metros, con 83 metros de ancho y profundidades reconocidas de 245 metros.

Estos cuerpos mineralizados están asociados a los sectores: Pucasalla, Pucasalla sur, Pucasalla este, Patajuasi, Festejo, Festejo norte y OB14 Upper.



*Figura 4. Sectores de la unidad minera Cerro lindo  
Tomada del área de Geología*



**Figura 5. Ore body de la unidad minera Cerro Lindo  
Tomada del área de Geología**

### 2.3.3 Consideraciones geomecánicas

De acuerdo con los diferentes estudios la clasificación geomecánica del macizo rocoso (RMR76), se clasificó en función al mineral (sulfuro primario), roca volcánica, en la zona de contacto con la estructura mineralizada, roca volcánica y la zona del dique, representan los siguientes valores:

**Tabla 3. Valores del macizo rocoso en la unidad minera Cerro Lindo**

Dominio Litológico	RMR76 en el Cuerpo OB2			RMR76 en el Cuerpo OB5		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Sulfuro Primario SPP/SPB	15	61	50	16	63	50
Volcánico zona de contacto con el cuerpo mineral	17	55	46	22	55	46
Volcánico	35	70	54	35	70	54
Dique	17	69	55	24	74	56

**Tomada del área de Geomecánica**

## 2.4 Método de explotación

### 2.4.1 Sublevel stoping

Se aplica el método de minado por subniveles (SLS), considerado como un método de alto tonelaje y buen rendimiento operacional. El ciclo de minado involucra la perforación y voladura, limpieza, carguío, acarreo, sostenimiento, etc.

## Operaciones Mina | CL Método de Explotación

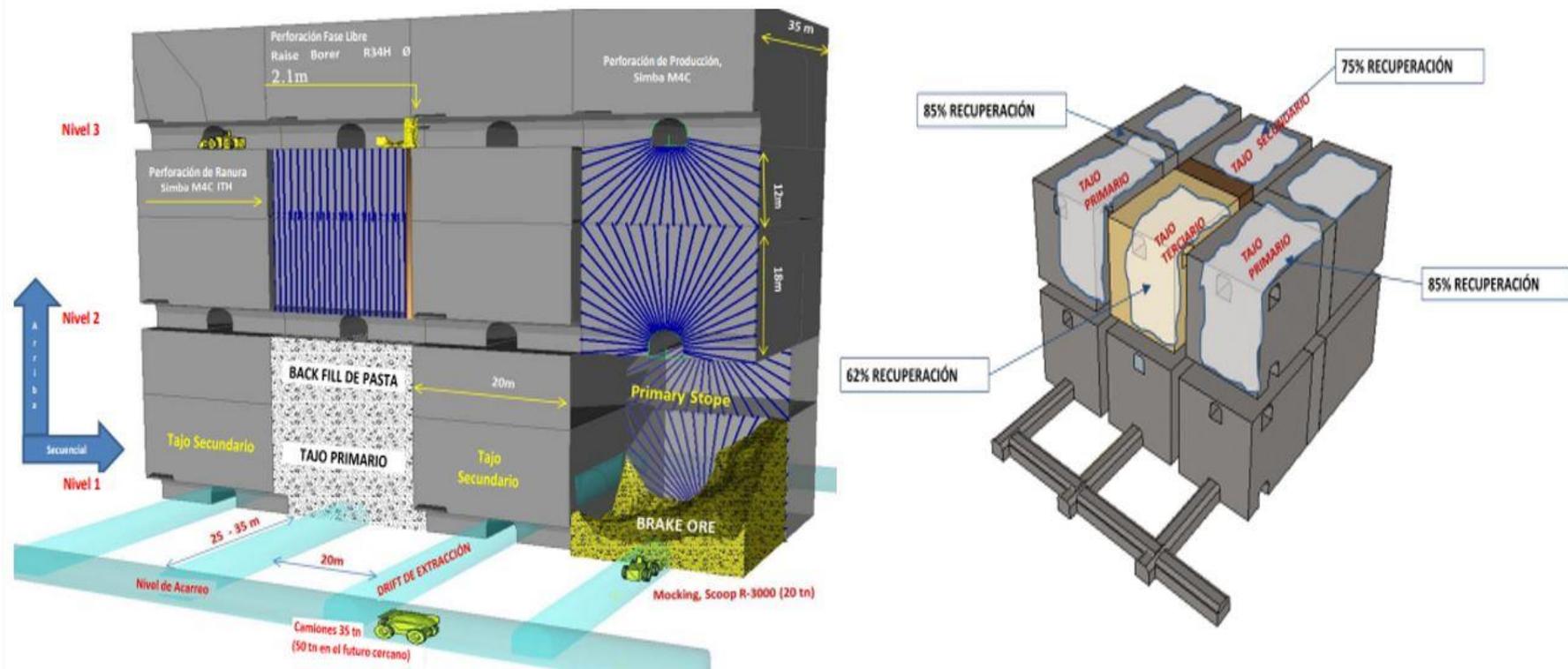


Figura 6. Diseño del método de minado sublevel stoping, en la unidad minera Cerro Lindo Tomada del área de Planeamiento

El método de explotación por subniveles con taladros largos en la UM Cerro Lindo considera el diseño de tajos primarios y secundarios con dimensiones de 20 x 40 metros y potencias variables hasta de 35 metros. Las recuperaciones en tajos primarios son hasta el 85 % y en tajos secundarios hasta el 75 %. Estos métodos de minado no son selectivos, tratando de controlar la sobre rotura y mejorando la recuperación, siendo la producción promedio de 19 ktp.



*Figura 7. Drift de extracción, método sublevel stoping, Tj 320, Nv 1850, OB2B*

#### **2.4.2 Ciclo de minado en la unidad minera Cerro Lindo**

El ciclo de minado considera: perforación y voladura, ventilación, desate y limpieza, carguío y acarreo, sostenimiento y relleno.



**Figura 8. Ciclo de minado del método de explotación sublevel stoping, en la unidad minera Cerro Lindo Tomada del área de Planeamiento**

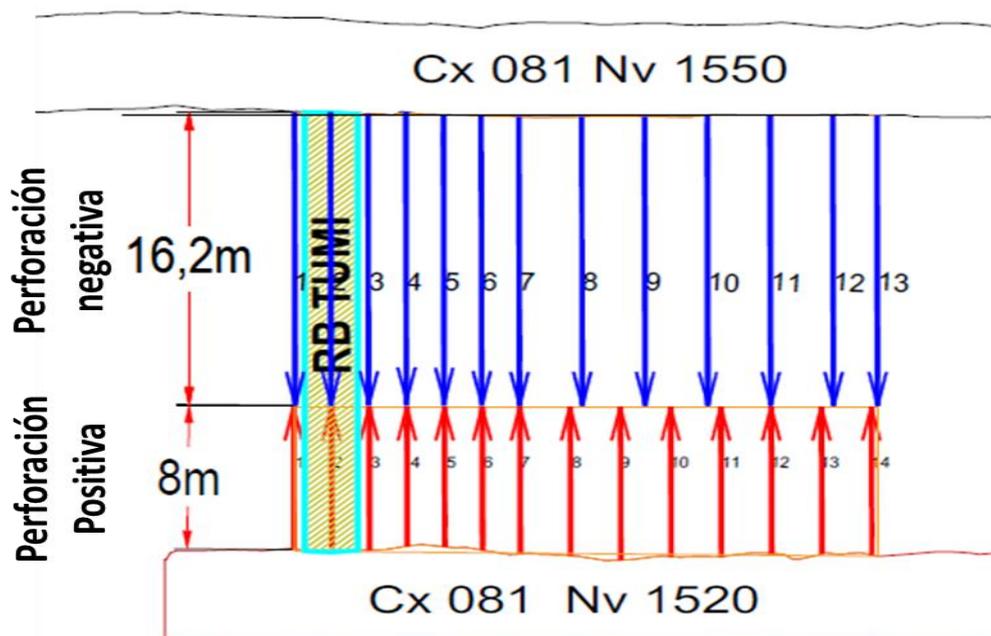
### a) Perforación

Los equipos de perforación en la unidad minera cuentan con un total 8 equipos de perforación tipo jumbo, 5 equipos de perforación simba y 6 equipos de perforación raise boring, de diferentes características técnicas.

**Tabla 4. Equipos de perforación usados en la unidad minera Cerro Lindo**

EQUIPOS DE PERFORACION JUMBOS FRONTONEROS			
2	Jumbo Frontonero 2 brazo 16 pies	EPIROC	RB282
6	Jumbo Frontonero 2 brazo 16 pies	SANDVIK	DD321
EQUIPOS DE PERFORACION SIMBA			
5	Simba	ITH	DL421
EQUIPOS DE PERFORACION RB			
2	RAISE BORING DIAMETRO 8-11.5 PIES	TUMI	SBM 700 SR
4	RAISE BORING DIAMETRO 4-7 PIES	TUMI	SBM 400 SR

*Tomada del área de Planeamiento*



**Figura 9. Perforación positiva y negativa, método sublevel stoping, Tj 320, Nv 1520, OB2B**  
*Tomada del área de Planeamiento*

El tipo de perforación es mixto o radial, con longitud de perforación hasta 40 metros, con diámetros de broca desde 76 – 89 mm y burden de perforación de 2.5 a 2.8 metros. El plan diario de perforación es desde 230 a 250 m/día, de 22.5 a 29 m/hora y de 18 t/hora. La velocidad de penetración varía desde 0.3 a 2.5 m/min y con desviaciones desde 5 %/30-35 m y 8 %/20 m.

## b) Carguío o limpieza

Los equipos de carguío o limpieza cuentan con 15 equipos de bajo perfil, donde 12 equipos de bajo perfil son de 9 yd<sup>3</sup>, 1 de 11 yd<sup>3</sup> de modelo Caterpillar y 4 unidades de 7 yd<sup>3</sup> de marca Sandvik, utilizados en la unidad minera.

**Tabla 5. Equipos de acarreo de bajo perfil (scoop), usados en la unidad minera Cerro Lindo**

EQUIPOS DE CARGUIO SCOOPTRAM			
12	Cargador de Bajo Perfil 9YDS	CAT	R2900G
1	Cargador de Bajo Perfil 11YDS	CAT	R3000G
4	Cargador de Bajo Perfil 7YDS	SANDVIK	LH514

**Tomada del área de Planeamiento**



**Figura 10. Limpieza en Tj 320, Nv 1520, OB2B**

### **c) Acarreo o transporte**

El total de unidades de acarreo o transporte de mineral y desmonte son de 47 unidades, utilizados en 3 etapas:

- ✓ Tajos a ore pockets (interior mina)
- ✓ Tajos a stocks piles (superficie)
- ✓ Mineral chancado de stocks piles a planta concentradora (superficie)

Durante el proceso de gestión de transporte a stock pile, considera las siguientes etapas:

- ✓ Carguío desde las cámaras (subterráneo)
- ✓ Cámara de carguío a chancado primario (subterráneo)
- ✓ Chancado subterráneo a superficie
- ✓ Superficie a chancadora móvil
- ✓ Chancadora móvil a chancado secundario
- ✓ Chancado secundario a stock pile

Durante el proceso de acarreo se usa camiones Scania 8x4 G54OB8 de 45 toneladas de capacidad nominal y de 42 toneladas de carga útil.



**Figura 11. Camión Scania 8x4 G54OB8  
Tomada del área de Planeamiento**

# Operaciones Mina | CL Gestion de Transporte a StockPile



CHANCADO PRIMARIO UNDERGROUND



TRANSPORTE SUPERFICIE



CHANCADORA MOVIL 1



CARGUIO UNDERGROUND

nexa



CHANCADO SECUNDARIO



Figura 12. Gestión de transporte a stockpile  
Tomada del área de Planeamiento

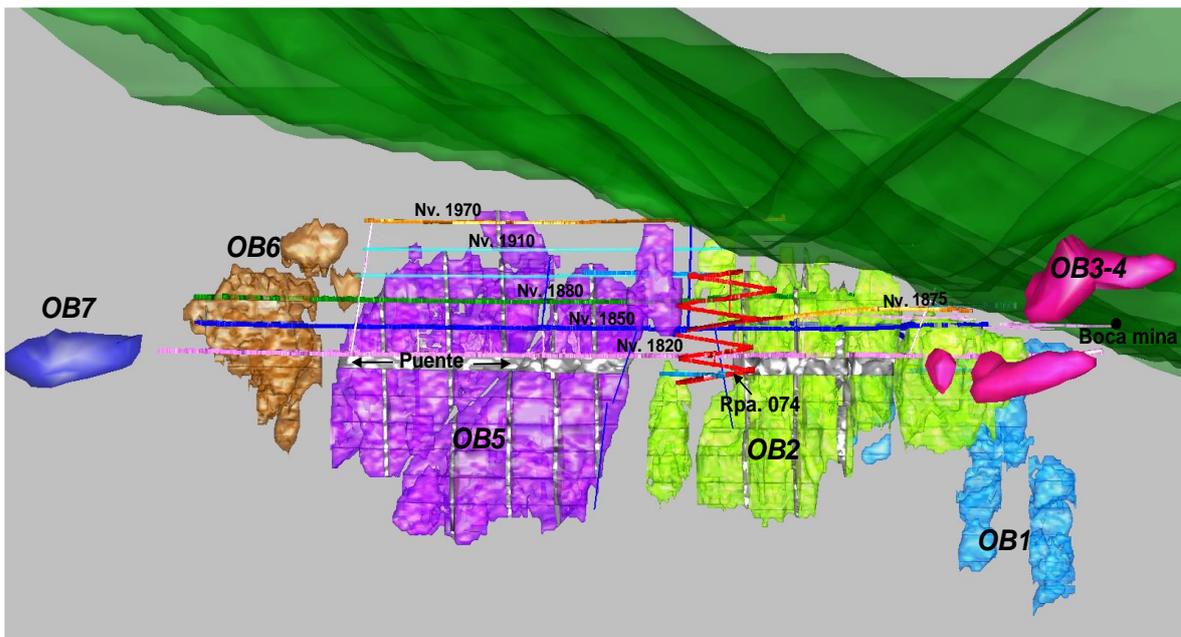
## 2.5 Bases teóricas del estudio

El presente trabajo de investigación permite analizar los indicadores de rendimiento de equipos de carguío para optimizar o reducir los costos de acarreo de la unidad minera Cerro Lindo.

Para el cumplimiento en la optimización y/o reducción de costos se evaluará los parámetros asociados a los equipos de carguío (scoops de 7 y 9 yd<sup>3</sup>) y camión scania 8x4 G54OB8 de 45 toneladas de capacidad nominal y de 42 toneladas de carga útil.

### 2.5.1 Consideraciones operacionales

El tonelaje producido durante el año 2022 fue de 6,895,203 toneladas, con un tonelaje diario de 19 ktp, y leyes promedio de Zn@ 1.49 %, Pb@ 0.25 %, Cu@ 0.58% y Ag@ 0.83 Oz. Los avances desarrollados durante el mismo periodo fueron de: preparación con 23,955 metros, desarrollo con 10,035 metros y exploración con 2,495 metros.



**Figura 13. Perfil operaciones, unidad minera Cerro Lindo, periodo 2022**  
Tomada del área de Planeamiento

Tabla 6. Producción y avances, periodo 2022, unida minera Cerro Lindo



## PRODUCCIÓN 2022

CERRO LINDO		Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	2022
Mineral Extraído	tms	600,425	542,319	561,688	581,056	561,688	581,056	561,688	581,056	581,056	561,688	581,056	600,425	6,895,203
Mineral Tratado	tpd	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101	19,101
Días Operativos	días	31.0	28.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.0	30.0	30.0	29.0	30.0	31.0	356.0
Días Mantenimiento	días	-	-	2.0	-	2.0	-	2.0	1.0	-	2.0	-	-	9.0
Mineral Tratado	tms	592,135	534,832	553,933	573,034	553,933	573,034	553,933	573,034	573,034	553,933	573,034	592,135	6,800,003
Ley Cabeza Zn	%	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
Ley Cabeza Pb	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ley Cabeza Cu	%	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Ley Cabeza Ag	onz/tms	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Ley Cabeza Au	onz/tms	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

Zn Equivalente	tms	20,282	18,320	18,974	19,628	18,974	19,628	18,974	19,628	19,628	18,974	19,628	20,282	232,920
----------------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

Ley ZnEq	%	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15
Recuperación ZnEq	%	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60	82.60

Datos en m

AVANCES	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	2022
PREPARACIÓN	2,662	1,948	1,920	1,687	1,941	2,058	2,085	1,921	1,597	1,869	2,317	1,950	23,955
DESARROLLO	1,088	787	897	981	931	859	705	763	807	834	476	907	10,035
EXPLORACIÓN	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	2,495
Total	3,958	2,943	3,025	2,876	3,080	3,124	2,998	2,892	2,613	2,911	3,000	3,066	36,485

Tomada del área de Planeamiento

El tonelaje procesado para el periodo del 2022 fue de 6,692,400 toneladas, con un promedio diario de 19,100.

Los KPIs durante el periodo 2022 fueron de: extracción mina con 19,423 TMS/día, avances con 94 m/día, relleno en pasta con 4,500 m<sup>3</sup>/día, relleno detrítico con 500 m<sup>3</sup>/día, taladros largos 1,030 m/día, chancado primario UG 900 t/h y shotcrete 300 m<sup>3</sup>/día.

### 2.5.2 Consideraciones de granulometría

De acuerdo con tener un buen entendimiento del comportamiento del grado de fragmentación posvoladura y su influencia en el control de la dilución (sobre rotura) y rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, podrá influir en el tonelaje cargado y transportado afectando sus costos asociados.



**Figura 14. Secuencia del resultado post voladura, unidad minera Cerro Lindo Tomada del área de Planeamiento**

La granulometría afectará directamente el factor de llenado (fill factor) de los equipos de carguío, siendo de vital importancia la relación de número de pases asociada a los equipos de acarreo para su análisis respectivo.

Los parámetros que afectan directamente a la capacidad efectiva de los equipos son: el factor de llenado, la densidad del material y el factor de esponjamiento.

### 2.5.3 Características del resultado de la voladura

Para entender el comportamiento del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, es necesario conocer los resultados de la voladura, considerando el grado de fragmentación post voladura obtenido en chimeneas slot y tajos asociados, siendo los resultados presentados en el siguiente cuadro:

**Tabla 7. Resultados de variables posvoladura, en la unidad minera Cerro Lindo**

FACTOR DE POTENCIA (KG/TON)		
Mallas	Positivo (+)	0.21
	Negativo (-)	0.18
Slot	Positivo (+)	0.73
	Negativo (-)	0.63
VCR	2.57	

SOBREROTURA (%)		RANGO PROMEDIO (MIN-MAX)
Tajo Primario	20.70%	14.4 - 35.6%
Tajo Secundario	24.20%	16.4 - 29.8%
Tajo Terciario	23.80%	24.0 - 39.8%
PROMEDIO	23.00%	12.6 - 35.1%

DESVIACIÓN DE TALADROS (%)		
Mallas	Positivo (+)	5.60%
	Negativo (-)	6.20%
PROMEDIO	5.90%	

FRAGMENTACIÓN P80 (Pulg)		
Mallas	Positivo (+)	12.4
	Negativo (-)	14.3
Slot	Positivo (+)	10.1
	Negativo (-)	9

#### **Tomada del área de Planeamiento**

El análisis comparativo durante el escenario ejecutado estará asociado al P80 o granulometría considerado en taladros negativos con 14.3 pulgadas y en taladros positivos en 12.4 pulgadas, asociados a los diferentes tajos. Estos resultados serán relacionados con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, para poder relacionar entre el escenario programado y el ejecutado (parámetros del presente estudio).

Asimismo, la granulometría posvoladura en las chimeneas slot, considerando taladros positivos con 10.1 pulgadas y con taladros negativos con 9 pulgadas.

El presente estudio, realizará el comparativo entre los escenarios programados (P80 programado) y el escenario de estudio (P80 ejecutado).

#### 2.5.4 Especificaciones de equipos de carguío

Los equipos de carguío relacionados a la unidad minera son los scoops de 7, 9 y 11 yd<sup>3</sup>, marca Caterpillar y modelo R2900G y R3000G, de los cuales serán analizadas los equipos de 9 yd<sup>3</sup>, siendo sus características técnicas:

##### a) Scoop de 9 yd<sup>3</sup> – R2900G – CATERPILLAR

###### ESPECIFICACIONES PRINCIPALES

Modelo De Motor

Cat® C15

Potencia Del Motor: Motor Tier 3, Iso 14396:2002

299 kW

Capacidad De Carga Útil Nominal

17200 kg



*Figura 15. Scoop de 9 yd<sup>3</sup>, modelo R2900, Caterpillar Tj06-1C, OB1*

✓ Capacidad nominal frente a capacidad efectiva

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se analizó la capacidad efectiva de los equipos de carguío, considerando sus variables operacionales asociadas como factor de llenado (granulometría post voladura), densidad de material y factor de esponjamiento).

La capacidad efectiva considera la tasa de producción del proceso de carguío en función del tiempo, el cual varía o cambia constantemente (dependencia del expertise del operador).

La capacidad nominal refleja las condiciones ideales de funcionamiento del equipo.

### **2.5.5 Especificaciones de equipos de acarreo**

Los equipos de acarreo relacionados al presente estudio son los camiones Scania 8x4 G540B8X4HZ, de 45 toneladas de capacidad nominal y de 42 toneladas de capacidad útil, siendo sus características técnicas:

#### Especificaciones técnicas

- Capacidad Nominal: 45 tn
- Carga Útil: 42 tn
- Capacidad de Tolva: 18 m<sup>3</sup>
- Largo: 8655 mm
- Alto: 3050 mm
- Ancho: 2700 mm
- Potencia: 540 CV @1900 rpm
- Torque: 2700 N.m
- Desplazamiento: 12700 cc

Los equipos de acarreo, estará relacionado a los números de viajes relacionado desde las cámaras de carguío de los diferentes frentes operacionales hasta la chancadora primaria, ubicado en interior mina (UG).

Así mismo relacionar el rendimiento de los equipos de acarreo, será dependiente de sus distancias asociadas, para definir el tonelaje transportado, el cual será relacionado al factor de llenado (granulometría).



**Figura 16. Camión Scania 8x4 G540B8  
Tomada del área de Planeamiento**

### **2.5.6 Consideraciones de la granulometría en el rendimiento de equipos de carguío**

Durante el presente trabajo de investigación se realizará el análisis de imágenes para determinar el grado de fragmentación posvoladura, mediante el software Wip Frag versión 3.3. Este, presentará el análisis de la granulometría posvoladura y su relación con el factor de llenado, considerando su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, generando la reducción de costos de acarreo.

El análisis de la granulometría en el periodo de estudio de febrero a mayo del 2022, asociado a los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y el optimizado en el Tj310 – Nv1650. Estos resultados ayudarán a relacionar con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en la unidad minera.

Siendo la variación en el factor de llenado una de las variables más sensibles en dicho análisis, producto del resultado de las voladuras asociadas a los diferentes frentes de producción en evaluación.



**Figura 17. Mineral post voladura en Tj320 – Nv1850 – OB2B  
Tomada del área de Planeamiento**

Mineral posvoladura asociada al Tj320 – Nv1850 – OB2B, observándose un grado de fragmentación mayor de gruesos (P80), comparado con los finos (< 1”).

Este resultado influirá directamente con el análisis del factor de llenado donde se relacionará a la capacidad efectiva de los equipos de carguío y determinar su relación con los equipos de acarreo.



**Figura 18. Mineral post voladura (mejorado) en Tj320 – Nv1550 – OB2  
Tomada del área de Planeamiento**

Mineral posvoladura (escenario mejorado) en el Tj310 – Nv1650 – OB2, observándose un mejor control del grado de fragmentación, el que influirá

positivamente en la mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, conllevando a una reducción de costos de acarreo.

### 2.5.7 Parámetros operacionales en equipos de carguío y acarreo

Los parámetros asociados a los equipos de carguío estarán relacionados al ciclo de carguío (scoops) y el ciclo de acarreo (camiones volvo), desde los diferentes frentes operacionales a la chancadora primaria.

Las consideraciones operacionales en los diferentes tajos asociados al presente estudio, tiene los siguientes parámetros:

- Densidad de mineral: 2.8 t/m<sup>3</sup>
- Factor de esponjamiento: 30 %

Asimismo, los parámetros asociados al tiempo del ciclo de carguío y acarreo son resumidos en las siguientes tablas:

#### ✓ Parámetros de carguío

Tabla 8. *Parámetros de equipos de carguío, scoops de 9 yd<sup>3</sup>, unidad minera Cerro Lindo*

<b>PARÁMETROS - SCOOP 9 Yd<sup>3</sup></b>		
Scooptram	9	yd <sup>3</sup>
Producción diaria	19000	toneladas
Horas/guardia	8	horas
Factor de llenado	90	%
Capacidad de camión	45	toneladas
Distancia traslado hacia camión	200	metros
Eficiencia (50 min/hr) (Utilización)	83	%
Tiempo de carga mineral	2	minutos
Tiempo maniobras, etc.	1.5	minutos
Tiempo traslado con carga (vel: 10 km/hr)	2.5	minutos
Tiempo retorno sin carga (vel: 20 km/hr)	1.5	minutos
Demoras operativas	1	minutos
<b>TIEMPO - CICLO SCOOPTRAM</b>	<b>8.5</b>	<b>minutos</b>

*Tomada del área de Planeamiento*

- ✓ Parámetros de acarreo

**Tabla 9. Parámetros de equipos acarreo de 45 t, unidad minera Cerro Lindo**

**PARÁMETROS DE EQUIPOS DE ACARREO - CAMIÓN VOLVO (45 ton)**

Capacidad de tolva	45	toneladas
Distancia promedio	2.5 - 3.5	kilómetros
Tiempo de carguío	17	minutos
Tiempo con carga (veloc: 10 km/hr)	21	minutos
Tiempo sin carga (veloc.: 15 km/hr)	14	minutos
Tiempo de descarga	3	minutos
Tiempo espera	3	minutos
TIEMPO CICLO CAMIÓN (minutos)	58	minutos
TIEMPO CICLO CAMIÓN (horas)	0.97	horas

*Tomada del área de Planeamiento*

Se considera como capacidad nominal de los equipos de acarreo de 45 toneladas y de capacidad efectiva de 42 toneladas (especificaciones técnicas).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El desarrollo de la presente tesis aplica el método de investigación científico, el que reúne, procesa y determina información importante de manera, ordenada y sistemática, mediante procedimientos que ayuden a resolver el problema planteado.

##### **a) Método general**

Se aplica el método inductivo – deductivo que permitirá analizar los indicadores de rendimiento en equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo. Al evaluar estos indicadores permitirá entender el comportamiento del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

##### **b) Métodos específicos**

Se utilizarán diversos métodos específicos al analizar los parámetros operacionales asociados a los resultados posvoladura, en el que influirá el grado de fragmentación (P80 – finos) solicitado por planta concentradora con el factor de llenado y consumo de energía en etapas de conminución, siendo estas etapas:

- **Recopilación de informes previos.** Se recopiló información de meses anteriores y ver los parámetros operacionales en tajos minados, relacionado a los departamentos de geología, mina, planta, etc.
- **Trabajo de campo.** Se monitoreó el resultado de la voladura, considerando el resultado de la fragmentación post voladura y midiendo los diferentes tiempos asociados al proceso unitario de carguío y acarreo para determinar el rendimiento de los equipos.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizaron los diferentes cálculos de las variables operacionales en los procesos unitarios de carguío y acarreo. Asimismo, se realizó el análisis del grado de fragmentación determinando la curva granulométrica para definir el factor de llenado en los equipos de carguío y su incidencia en el rendimiento de los procesos unitarios de carguío y acarreo.
- **Resultados.** El análisis e interpretación de los resultados de granulometría posvoladura y los tiempos asociados en las etapas de carguío y acarreo ayudarán a realizar el análisis comparativo de los indicadores de rendimiento de equipos de carguío y acarreo en la unidad minera Cerro Lindo.

### **3.1.2 Alcances de la investigación**

El trabajo de investigación es de carácter aplicado, asociada al rendimiento de equipos de carguío y su influencia en la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo.

### **3.2 Diseño de la investigación**

La tesis desarrollada es descriptivo longitudinal, donde se analizó, describió y evaluó los resultados de la granulometría post voladura y los tiempos asociadas al proceso de carguío y acarreo.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Está definido por los resultados post voladura mediante el método de explotación *sublevel stoping* en la unidad minera Cerro Lindo.

### **3.3.2 Muestra**

Está relacionado al análisis del rendimiento de equipos de carguío y acarreo en los Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y el optimizado en el Tj310 – Nv1550.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de información está relacionada al método y tipo de investigación realizado.

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Observación en proceso de carguío y acarreo
- ✓ Observación y revisión de información de tiempos asociados a procesos de carguío y acarreo
- ✓ Formularios en los procesos unitarios de carguío y acarreo

#### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Tablas de tiempos en carguío y acarreo
- ✓ Ficha de datos operacionales de carguío y acarreo
- ✓ Plantilla de Excel
- ✓ Libros y bibliografía, asociados a páginas de internet
- ✓ Otros

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

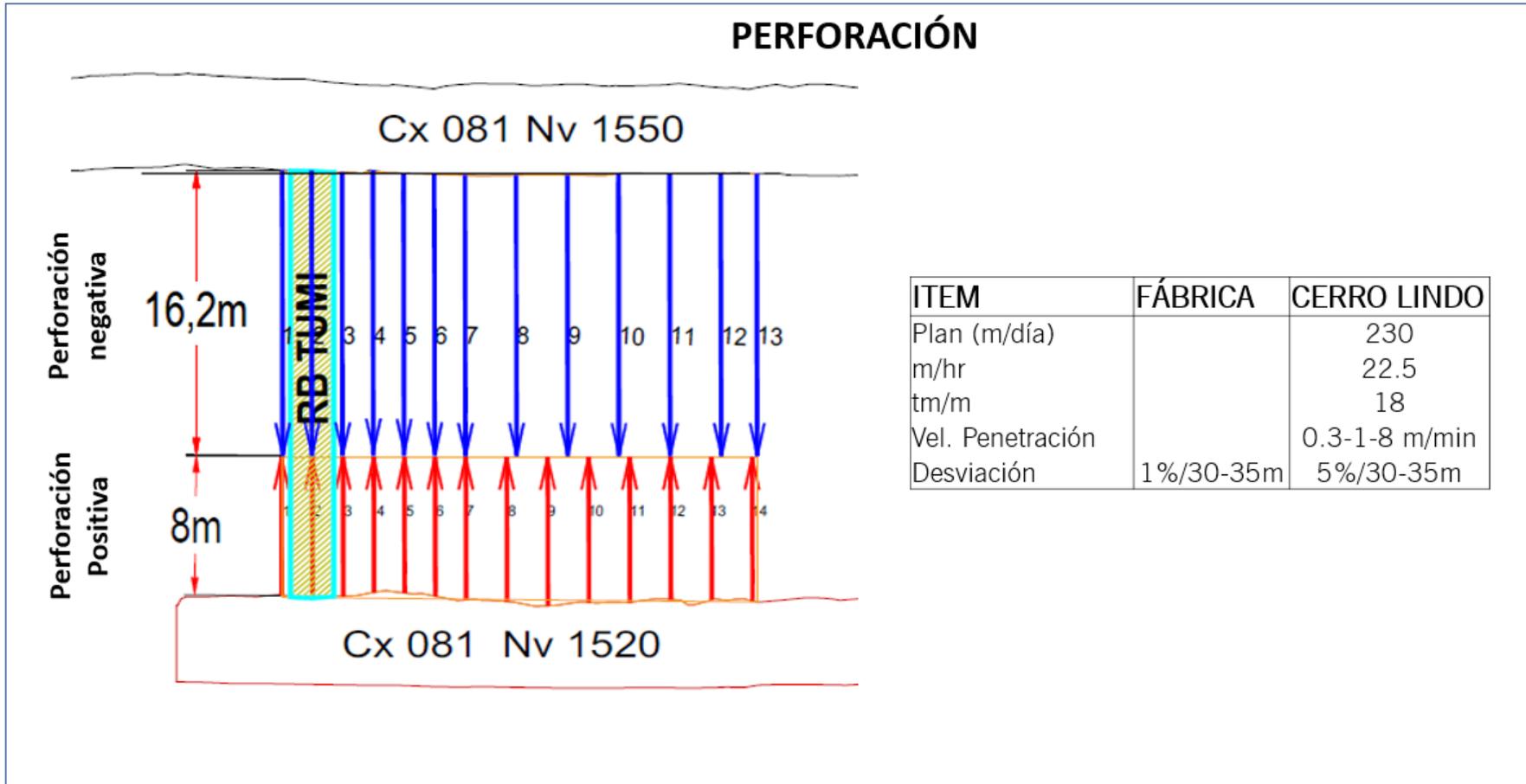
Se describirá, analizará e interpretará los resultados obtenidos en el análisis de los indicadores de rendimiento de los equipos de carguío para la reducción de costos de acarreo en la unidad minera Cerro Lindo. Estos indicadores de rendimiento estarán relacionados a los resultados posvoladura, los cuales influirán directamente en el rendimiento de equipos de carguío y acarreo.

#### **4.1 Consideraciones generales de perforación y voladura**

Durante la realización del presente trabajo de investigación se consideró los resultados de la granulometría posvoladura, por lo que es de vital importancia el entender el comportamiento del P80 programado en los diferentes frentes de producción.

##### **a) Consideraciones de perforación en *sublevel stoping***

Los parámetros de perforación y voladura consideran perforaciones positivas y negativas hasta 40 metros, con un burden de 2.8 metros y diámetro de broca de 89 mm, se realizó con perforadoras DL 421 – Top Hammer.



**Figura 19. Consideraciones de perforación en Tj320 – Nv1550 – OB2  
Tomada del área de Planeamiento**

b) Consideraciones de voladura

El presente estudio estará asociado a las perforaciones positivas y negativas con factores de potencia de 0.21 kg/t y de 0.18 kg/t respectivamente. La recuperación de mineral promedio en los tajos primario, secundario y terciario es del 82.70 %, con una sobre rotura promedio del 23 % y una desviación de taladros promedio del 5.90 %.

**Tabla 10. Consideraciones de resultados de voladura, unidad minera Cerro Lindo**

FACTOR DE POTENCIA (KG/TON)		
Mallas	Positivo (+)	0.21
	Negativo (-)	0.18
Slot	Positivo (+)	0.73
	Negativo (-)	0.63
VCR	2.57	

RECUPERACIÓN DE MINERAL (%)		RANGO PROMEDIO (MIN-MAX)
Tajo Primario	84.10%	59-89%
Tajo Secundario	82.70%	78-86%
Tajo Terciario	78.30%	67-95%
PROMEDIO	82.70%	68 -90%

SOBREROTURA (%)		RANGO PROMEDIO (MIN-MAX)
Tajo Primario	20.70%	14.4 - 35.6%
Tajo Secundario	24.20%	16.4 - 29.8%
Tajo Terciario	23.80%	24.0 - 39.8%
PROMEDIO	23.00%	12.6 - 35.1%

DESVIACIÓN DE TALADROS (%)		
Mallas	Positivo (+)	5.60%
	Negativo (-)	6.20%
PROMEDIO	5.90%	

**Tomada del área de Planeamiento**

c) Grado de fragmentación

De acuerdo a los resultados de la voladura obtenidos, se considera un grado de fragmentación en taladros positivos con 12.4 pulgadas y con taladros negativos con 14.3 pulgadas.

**Tabla 11. Fragmentación P80 (pulg) post voladura, unidad minera Cerro Lindo**

FRAGMENTACIÓN P80 (Pulg)		
Mallas	Positivo (+)	12.4
	Negativo (-)	14.3
Slot	Positivo (+)	10.1
	Negativo (-)	9

**Tomada del área de Planeamiento**

## **4.2 Análisis de indicadores de rendimiento en equipos de carguío (Scoop 9 yd<sup>3</sup>)**

Durante los periodos febrero a abril y mayo, se analizó los equipos de carguío (scoop 17, 18, 19 y 20), considerando los indicadores de rendimiento como: total de horas de carguío, tonelaje total, las ton/hr, el número de cucharas, el tiempo de ciclo por viaje, la disponibilidad mecánica y la utilización.

Durante el desarrollo de la presente tesis se considera la relación de tonelaje total con el total de horas y su rendimiento asociado (ton/hr). Así mismo se relacionará el tonelaje total con el número de cucharas y su relación con el número de viajes. Así mismo, se relacionará el tonelaje total con la disponibilidad y la utilización asociada a cada equipo de carguío en sus fechas de análisis.

### **a) Análisis de equipos de carguío – periodo febrero**

Durante el periodo de febrero, se consideró un total de horas de carguío de 2,675.93 horas, con un tonelaje total de 121,837 toneladas, con un rendimiento mensual promedio de 152.43 t/h.

Se consideró un total de 13,850 número de cucharas, con un total de 1,967 viajes y un tiempo promedio de ciclo/viaje de 0.14 horas o de 8.48 minutos.

Asimismo, las variables de rendimientos asociados a cada scoop considera valores promedios de 86.07 % de disponibilidad mecánica y de 67.87 % de utilización.

Los valores de disponibilidad y utilización consideran un promedio diario de 14.02 horas efectivas operacionales.

El análisis de pérdidas de tiempo operacional en equipos de carguío, serán asociadas a las diferentes actividades relacionadas en los equipos analizados.

Tabla 12. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd<sup>3</sup> (17,18,19,20), periodo febrero, unidad minera Cerro Lindo

### INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)

PERIODO: FEBRERO

EQUIPOS	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
SCOOP 17	675.87	1.03	22,284	93.24	27,810.41	116.36	2,613	10.93	128	5	0.21	84.88%	53.69%
SCOOP 18	679.15	0.82	42,635	156.75	46,718.75	171.76	4,793	17.62	814	7	0.12	89.98%	80.88%
SCOOP 19	669.00	0.78	38,243	151.76	41,747.40	165.66	4,215	16.73	859	7	0.11	85.62%	77.35%
SCOOP 20	651.92	1.04	18,674	118.19	24,108.09	152.58	2,229	14.11	166	4	0.25	82.75%	52.33%
<b>Total /prom</b>	<b>2,675.93</b>	<b>0.90</b>	<b>121,837</b>	<b>132.29</b>	<b>35,096.16</b>	<b>152.43</b>	<b>13,850</b>	<b>15.04</b>	<b>1967</b>	<b>6</b>	<b>0.14</b>	<b>86.07%</b>	<b>67.87%</b>

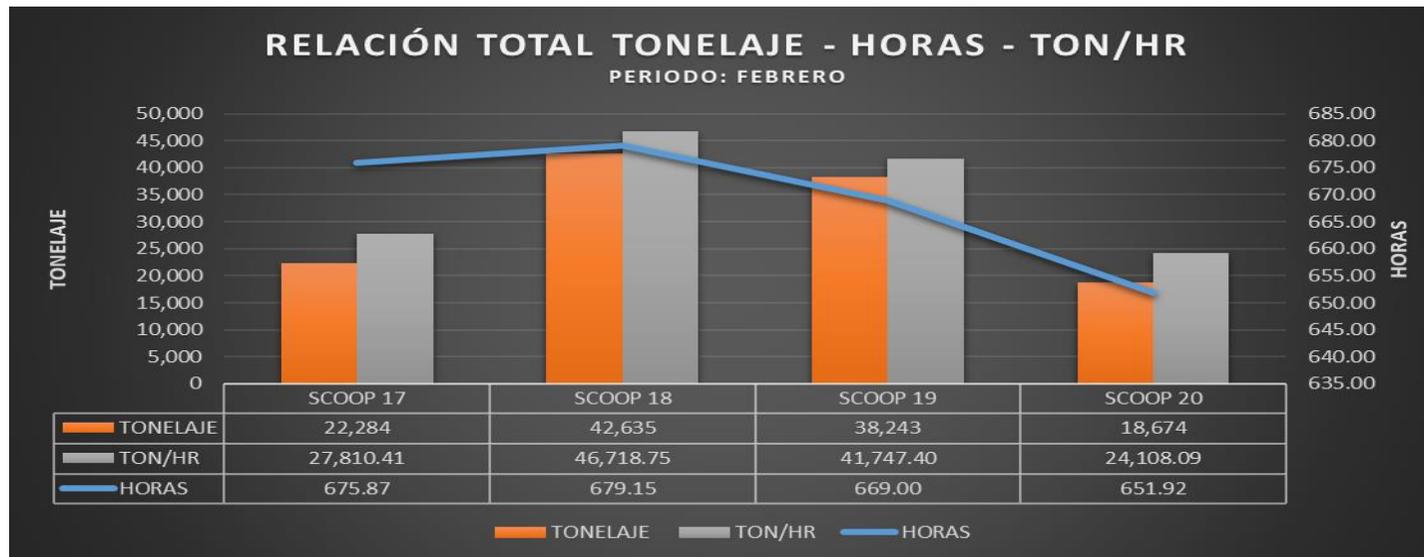
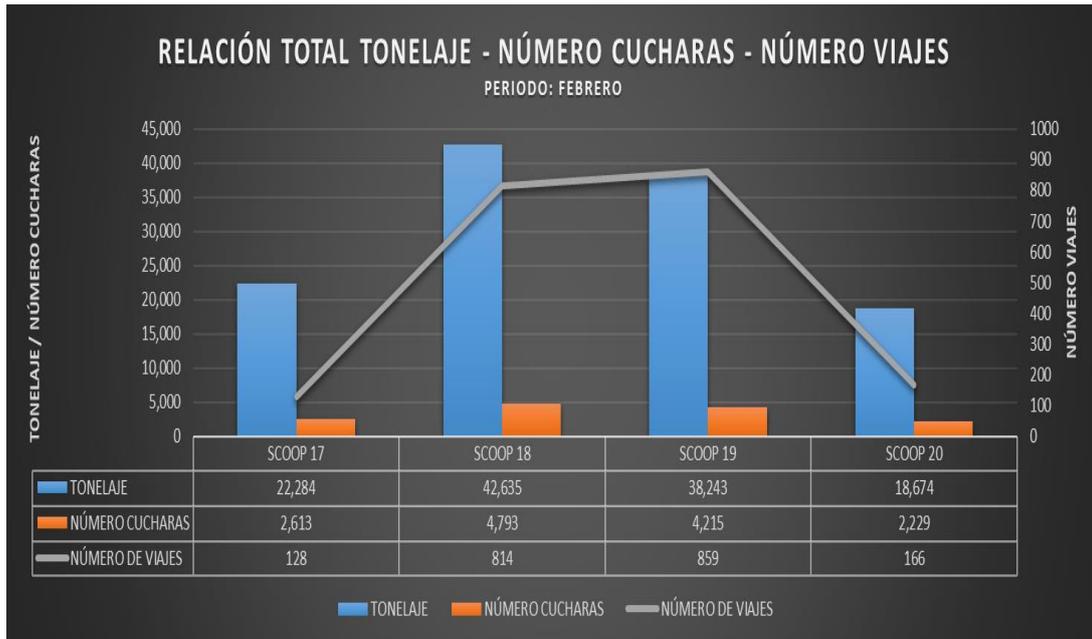
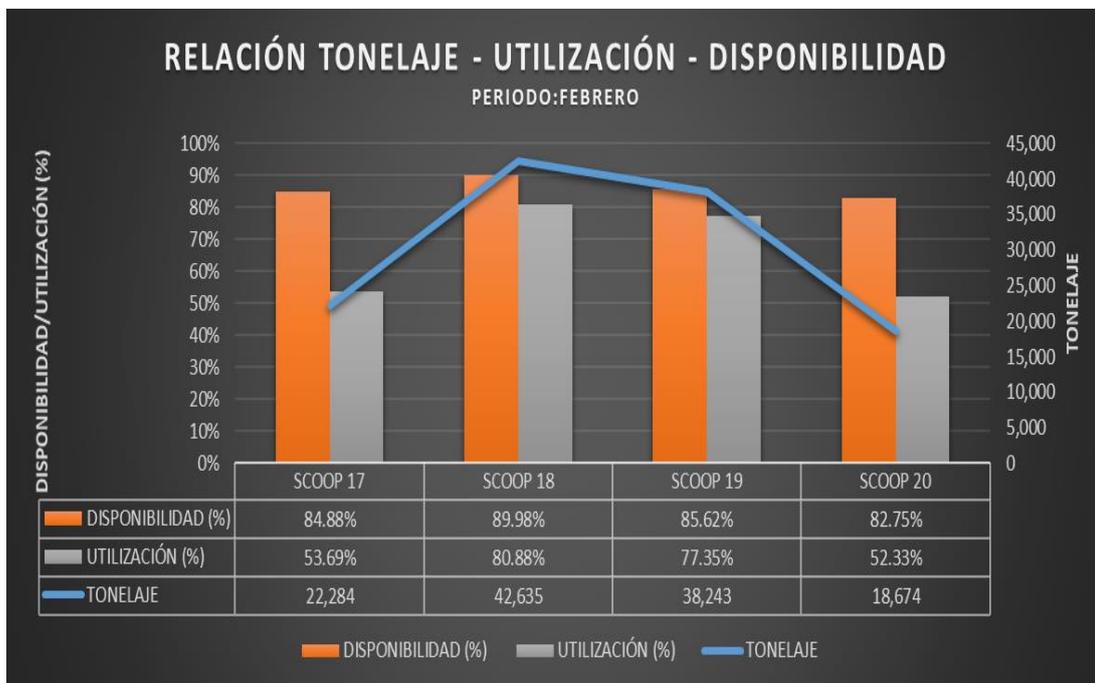


Figura 20. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado (t/h), periodo de febrero



**Figura 21. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo febrero**



**Figura 22. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo febrero**

b) Análisis de equipos de carguío – periodo marzo

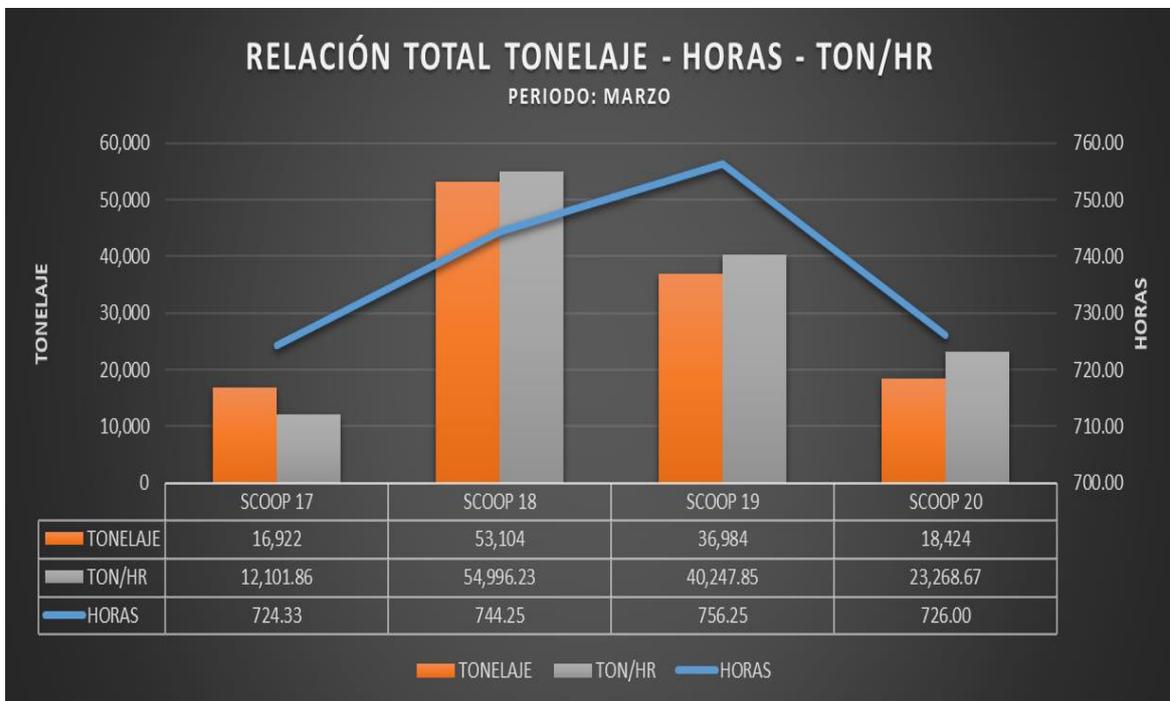
Durante el periodo de marzo, se consideró un total de horas de carguío de 2,950.83 horas, con un tonelaje total de 125,434 toneladas, con un rendimiento mensual promedio de 140.25 ton/hr.

Se consideró un total de 14,441 número de cucharas, con un total de 1,619 viajes y un tiempo promedio de ciclo/viaje de 0.17 horas o de 10.38 minutos.

Asimismo, las variables de rendimientos asociados a cada scoop considera valores promedios de 86.07 % de disponibilidad mecánica y de 67.87 % de utilización.

Los valores de disponibilidad y utilización consideran un promedio diario de 14.02 horas efectivas operacionales.

El análisis de pérdidas de tiempo operacional en equipos de carguío, serán asociadas a las diferentes actividades relacionadas en los equipos analizados.



**Figura 23. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado, periodo marzo**

Tabla 13. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd<sup>3</sup> (17,18,19,20), periodo marzo, unidad minera Cerro Lindo

**INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)**

PERIODO: MARZO

EQUIPOS	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
SCOOP 17	724.33	0.98	16,922	126.28	12,101.86	90.31	2,058	15.36	38	5	0.21	90.62%	66.03%
SCOOP 18	744.25	0.74	53,104	168.59	54,996.23	174.59	6,033	19.15	1085	6	0.12	90.29%	78.47%
SCOOP 19	756.25	0.82	36,984	120.86	40,247.85	131.53	4,194	13.71	449	6	0.14	85.06%	68.56%
SCOOP 20	726.00	0.97	18,424	100.68	23,268.67	127.15	2,156	11.78	47	4	0.23	87.07%	59.94%
<b>Total /prom</b>	<b>2,950.83</b>	<b>0.92</b>	<b>125,434</b>	<b>129.10</b>	<b>32,653.65</b>	<b>140.25</b>	<b>14,441</b>	<b>15.98</b>	<b>1619</b>	<b>5</b>	<b>0.17</b>	<b>86.07%</b>	<b>67.87%</b>

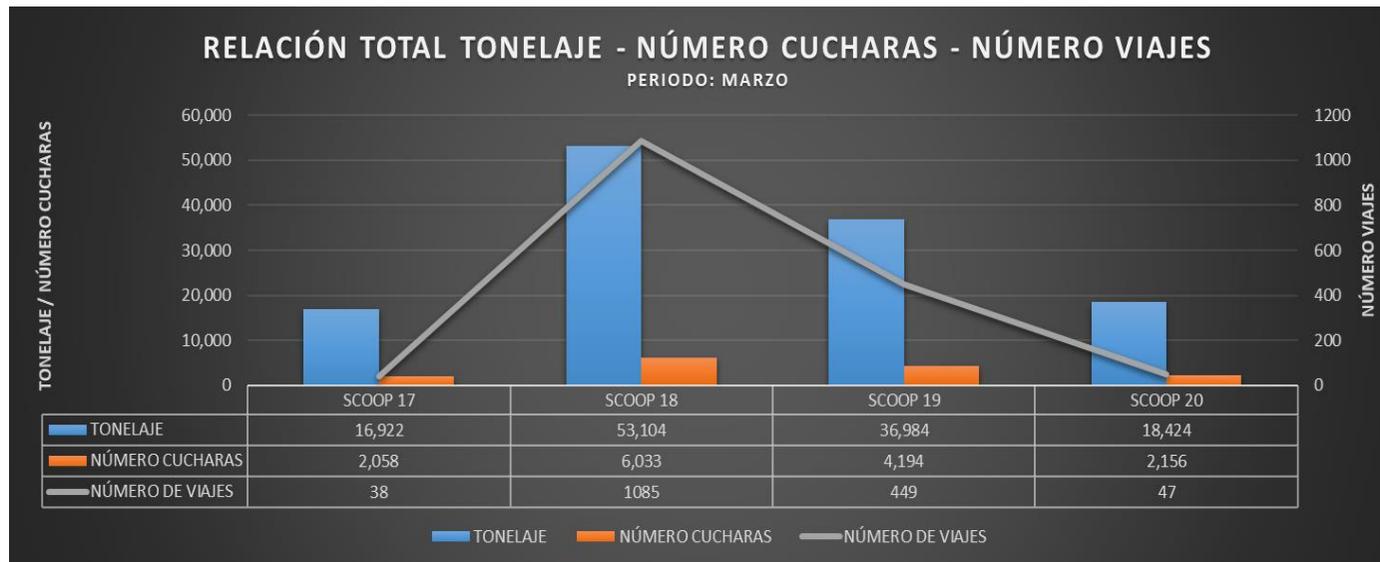
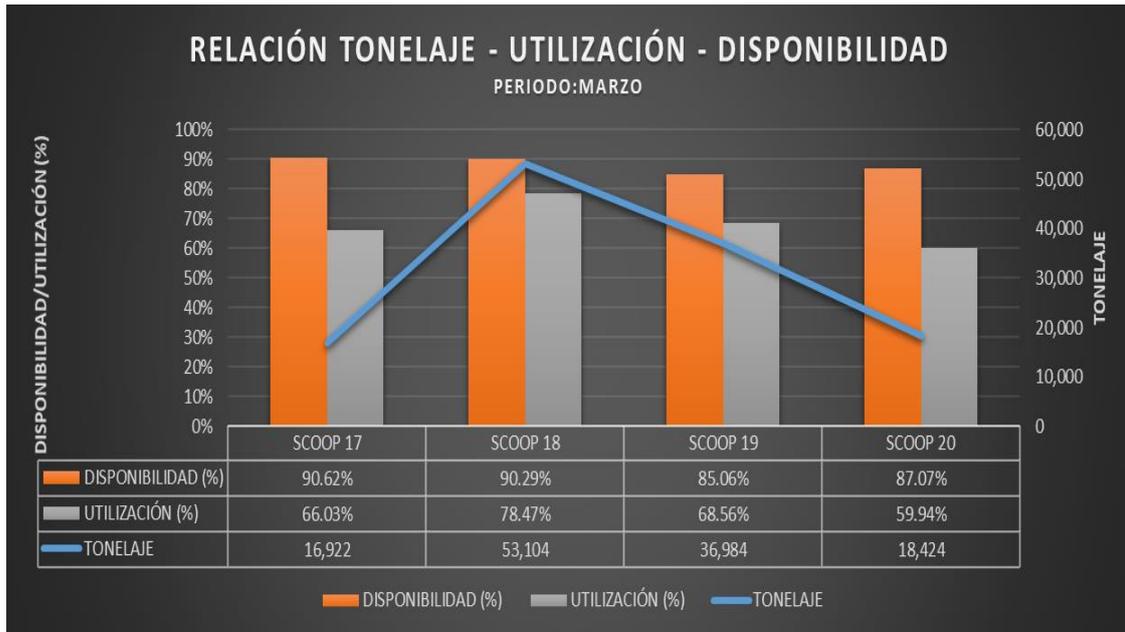


Figura 24. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo de marzo



**Figura 25. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo marzo**

c) Análisis de equipos de carguío – periodo abril

Durante el periodo de abril, se consideró un total de horas de carguío de 1,482.97 horas, con un tonelaje total de 75,269 toneladas, con un rendimiento mensual promedio de 140.25 t/h.

Se consideró un total de 8,467 número de cucharas, con un total de 844 viajes y un tiempo promedio de ciclo/viaje de 0.15 horas o de 8.96 minutos.

Asimismo, las variables de rendimientos asociados a cada scoop considera valores promedios de 87.36 % de disponibilidad mecánica y de 61.80 % de utilización.

Los valores de disponibilidad y utilización consideran un promedio diario de 12.96 horas efectivas operacionales.

El análisis de pérdidas de tiempo operacional en equipos de carguío, serán asociadas a las diferentes actividades relacionadas en los equipos analizados.

Tabla 14. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd<sup>3</sup> (17, 18, 19, 20), periodo abril, unidad minera Cerro Lindo

**INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)**

PERIODO: ABRIL

EQUIPOS	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
SCOOP 17	366.00	1.13	11,181	151.09	8,242.36	111.38	1,362	18.41	12	6	0.19	84.77%	62.53%
SCOOP 18	372.35	0.90	24,902	205.80	24,826.90	205.18	2,650	21.90	441	6	0.16	85.93%	73.97%
SCOOP 19	372.62	0.82	20,925	120.26	22,284.31	128.07	2,293	13.18	222	6	0.14	88.37%	68.54%
SCOOP 20	372.00	0.72	18,260	136.27	19,263.44	143.76	2,162	16.13	169	9	0.08	90.71%	58.47%
<b>Total /prom</b>	<b>1,482.97</b>	<b>0.92</b>	<b>75,269</b>	<b>141.54</b>	<b>18,654.25</b>	<b>140.25</b>	<b>8,467</b>	<b>15.98</b>	<b>844</b>	<b>6</b>	<b>0.15</b>	<b>87.36%</b>	<b>61.80%</b>

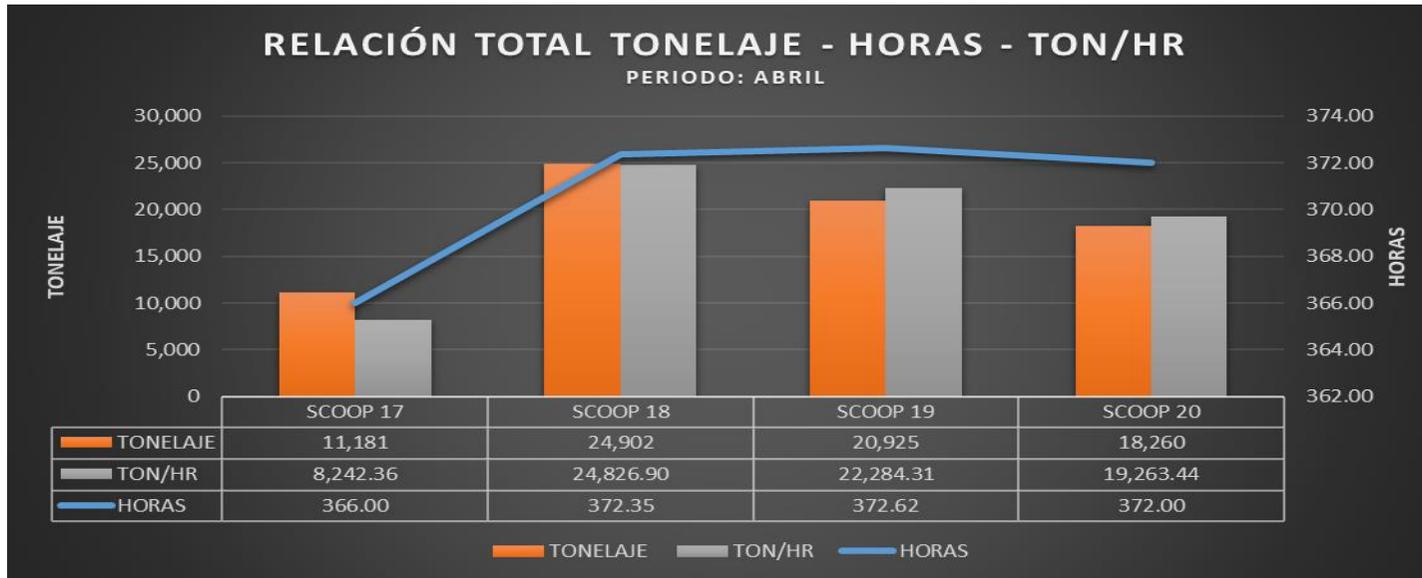
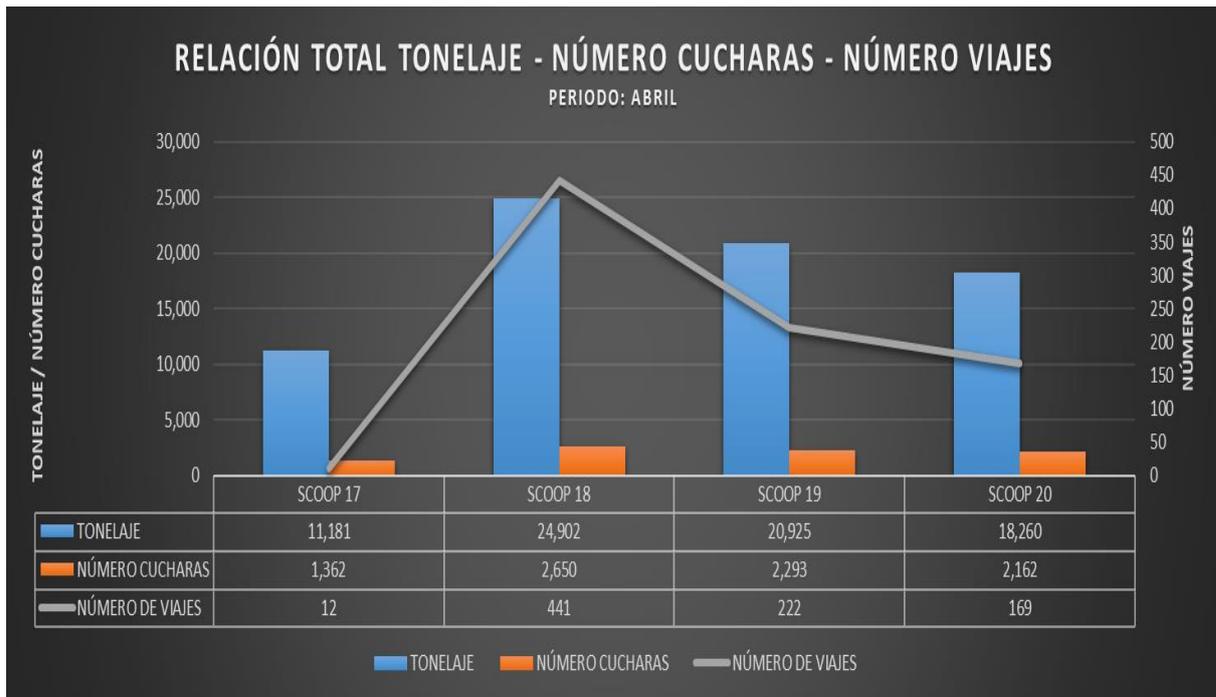
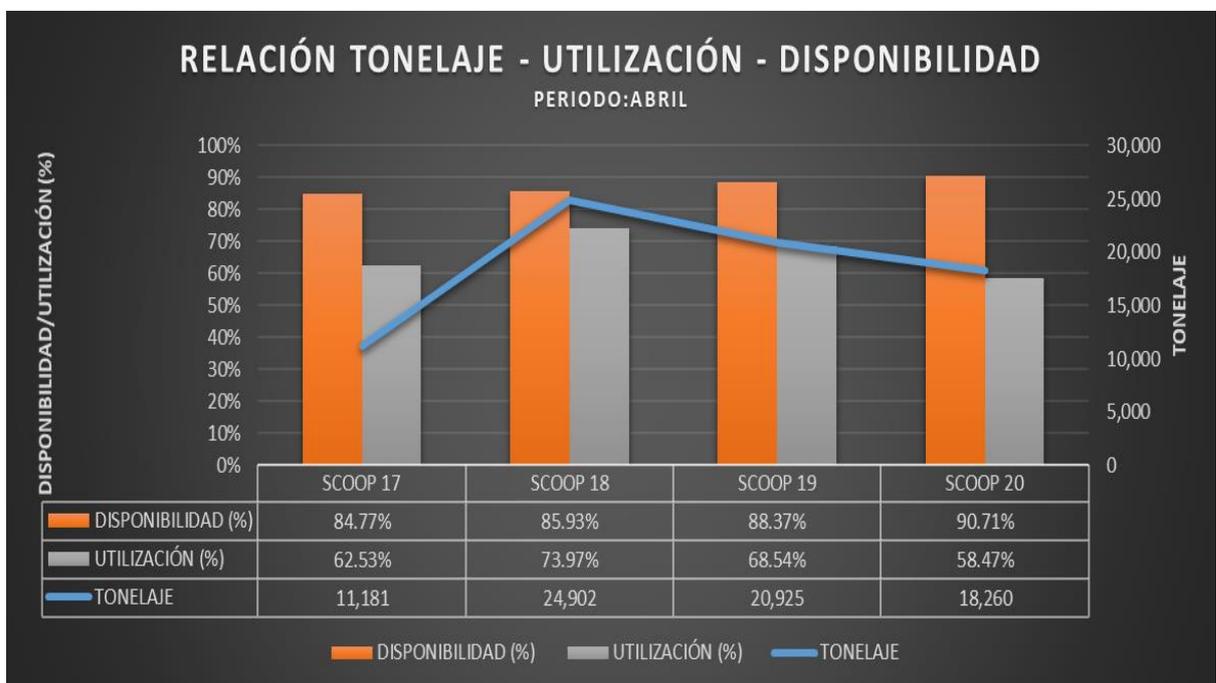


Figura 26. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado (t/h), periodo de abril



**Figura 27. Relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo abril**



**Figura 28. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo abril**

d) Análisis de equipos de carguío – periodo mayo

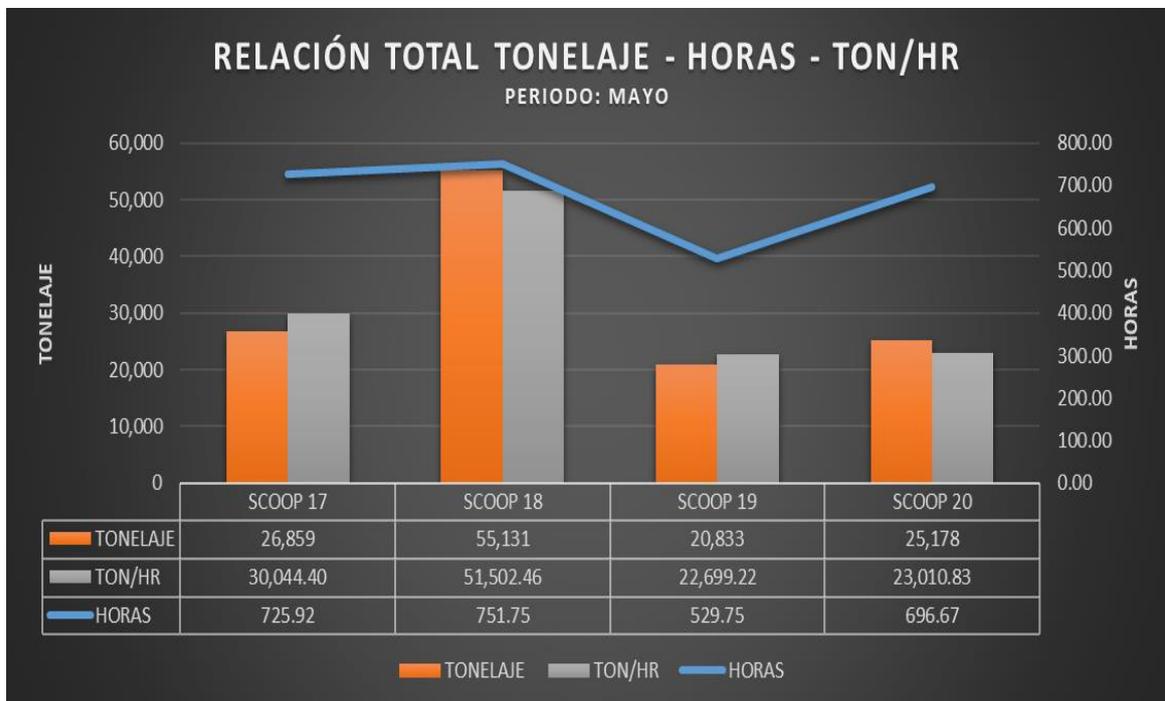
Durante el periodo de mayo, se consideró un total de horas de carguío de 2,704.08 horas, con un tonelaje total de 128,000 toneladas, con un rendimiento mensual promedio de 142.82 ton/hr.

Se consideró un total de 14,838 número de cucharas, con un total de 1,861 viajes y un tiempo promedio de ciclo/viaje de 0.14 horas o de 8.17 minutos.

Asimismo, las variables de rendimientos asociados a cada scoop considera valores promedios de 88.19 % de disponibilidad mecánica y de 74.66 % de utilización.

Los valores de disponibilidad y utilización consideran un promedio diario de 15.80 horas efectivas operacionales.

El análisis de pérdidas de tiempo operacional en equipos de carguío serán asociadas a las diferentes actividades relacionadas en los equipos analizados.



**Figura 29. Relación tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado, periodo mayo**

Tabla 15. Indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd<sup>3</sup> (17, 18, 19, 20), periodo mayo, unidad minera Cerro Lindo

**INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)**

PERIODO: MAYO

EQUIPOS	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
SCOOP 17	725.92	0.99	26,859	115.77	30,044.40	129.50	3,237	13.95	117	7	0.14	87.39%	61.85%
SCOOP 18	751.75	0.79	55,131	179.00	51,502.46	167.22	6,143	19.94	1235	7	0.11	86.31%	86.45%
SCOOP 19	529.75	1.08	20,833	124.75	22,699.22	135.92	2,434	14.57	336	7	0.16	87.22%	80.92%
SCOOP 20	696.67	0.94	25,178	136.84	23,010.83	125.06	3,024	16.43	173	6	0.17	92.03%	67.99%
<b>Total /prom</b>	<b>2,704.08</b>	<b>0.93</b>	<b>128,000</b>	<b>143.66</b>	<b>31,814.23</b>	<b>142.82</b>	<b>14,838</b>	<b>16.65</b>	<b>1861</b>	<b>7</b>	<b>0.14</b>	<b>88.19%</b>	<b>74.66%</b>

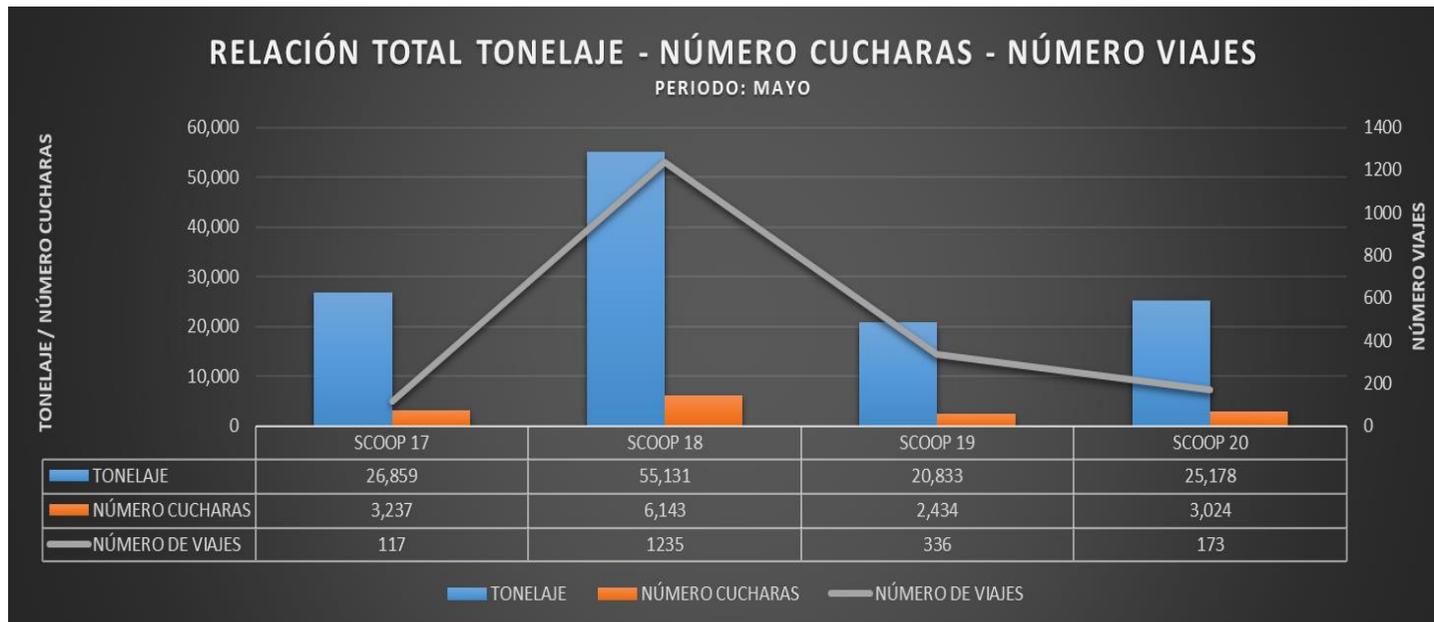
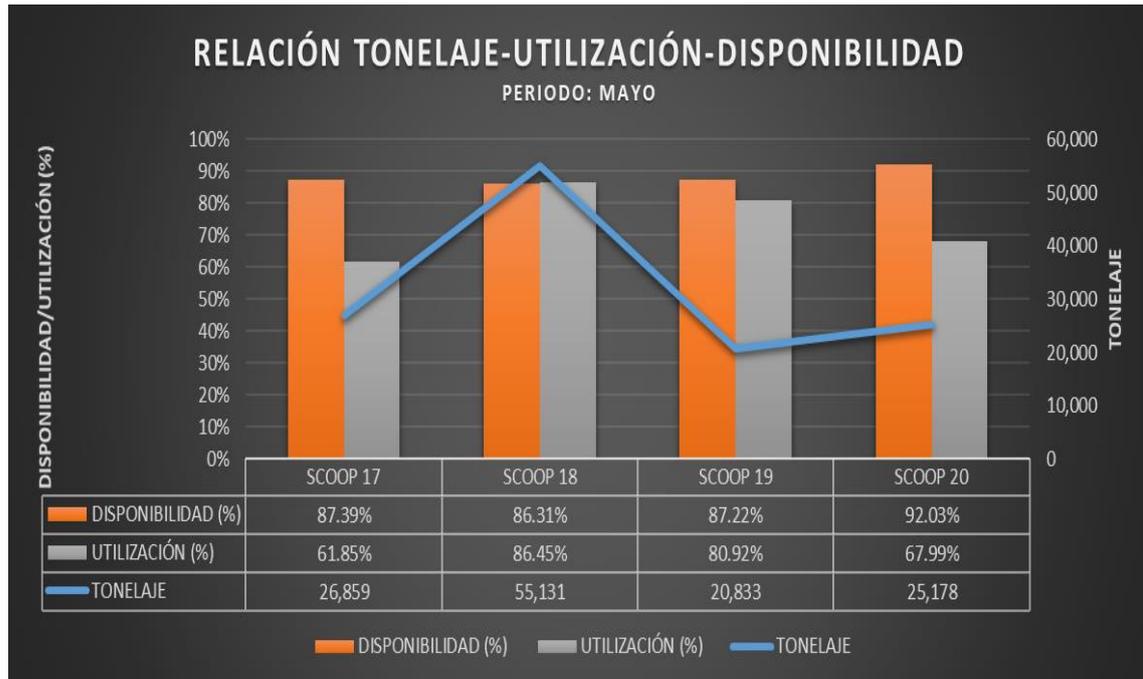


Figura 30. Relación tonelaje, número de cucharas y número de viajes, periodo de mayo



**Figura 31. Relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo mayo**

e) Resumen de análisis de equipos de carguío – Periodo de febrero a mayo

Durante el periodo de estudio de febrero a mayo, se consideró un total de horas de carguío en 9,813.82 horas, con un tonelaje total de 450,540 toneladas, con un rendimiento mensual promedio de 143.94 t/h.

Se consideró un total de 51,596 número de cucharas, con un total de 6,291 viajes y un tiempo promedio de ciclo/viaje de 0.15 horas o de 8.92 minutos.

Asimismo, las variables de rendimientos asociados a cada scoop considera valores promedios de 86.93 % de disponibilidad mecánica y de 68.05 % de utilización.

Los valores de disponibilidad y utilización consideran un promedio diario de 14.20 horas efectivas operacionales.

El análisis de pérdidas de tiempo operacional en equipos de carguío, serán asociadas a las diferentes actividades relacionadas en los equipos analizados.

Tabla 16. Resumen de indicadores de rendimiento – Scoop 9 yd<sup>3</sup> (17,18,19,20), periodo febrero a mayo, unidad minera Cerro Lindo

### INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)

PERIODO: FEBRERO A MAYO

EQUIPOS	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
FEBRERO	2,675.93	0.90	121,837	132.29	35,096.16	152.43	13,850	15.04	1967	6	0.14	86.07%	67.87%
MARZO	2,950.83	0.92	125,434	129.10	32,653.65	140.25	14,441	15.98	1619	5	0.17	86.07%	67.87%
ABRIL	1,482.97	0.92	75,269	141.54	18,654.25	140.25	8,467	15.98	844	6	0.15	87.36%	61.80%
MAYO	2,704.08	0.93	128,000	143.66	31,814.23	142.82	14,838	16.65	1861	7	0.14	88.19%	74.66%
<b>Total /prom</b>	<b>9,813.82</b>	<b>0.91</b>	<b>450,540</b>	<b>136.65</b>	<b>29,554.57</b>	<b>143.94</b>	<b>51,596</b>	<b>15.91</b>	<b>6291</b>	<b>6</b>	<b>0.15</b>	<b>86.93%</b>	<b>68.05%</b>

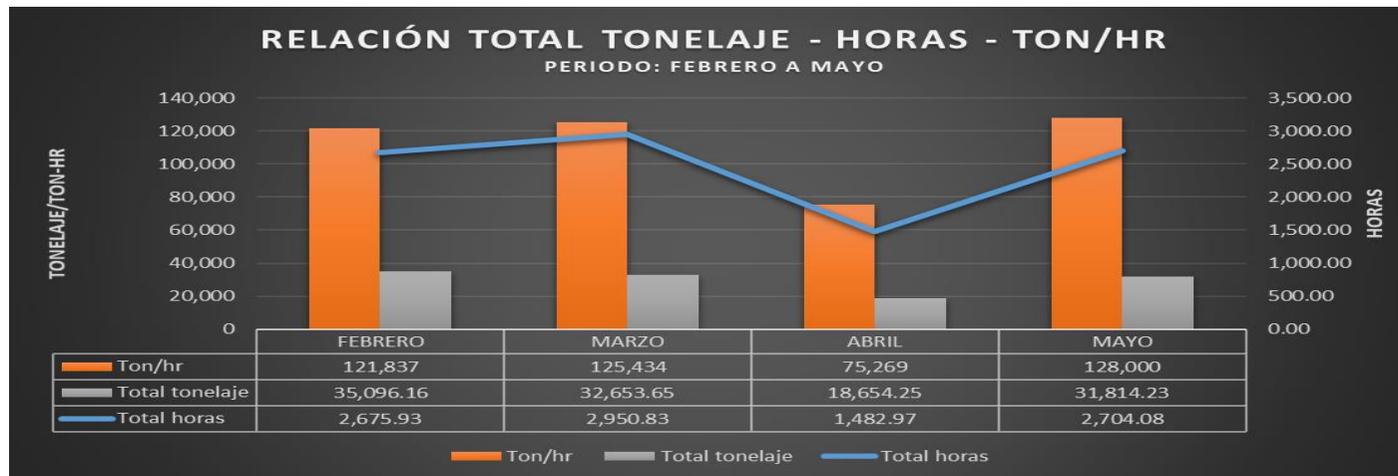
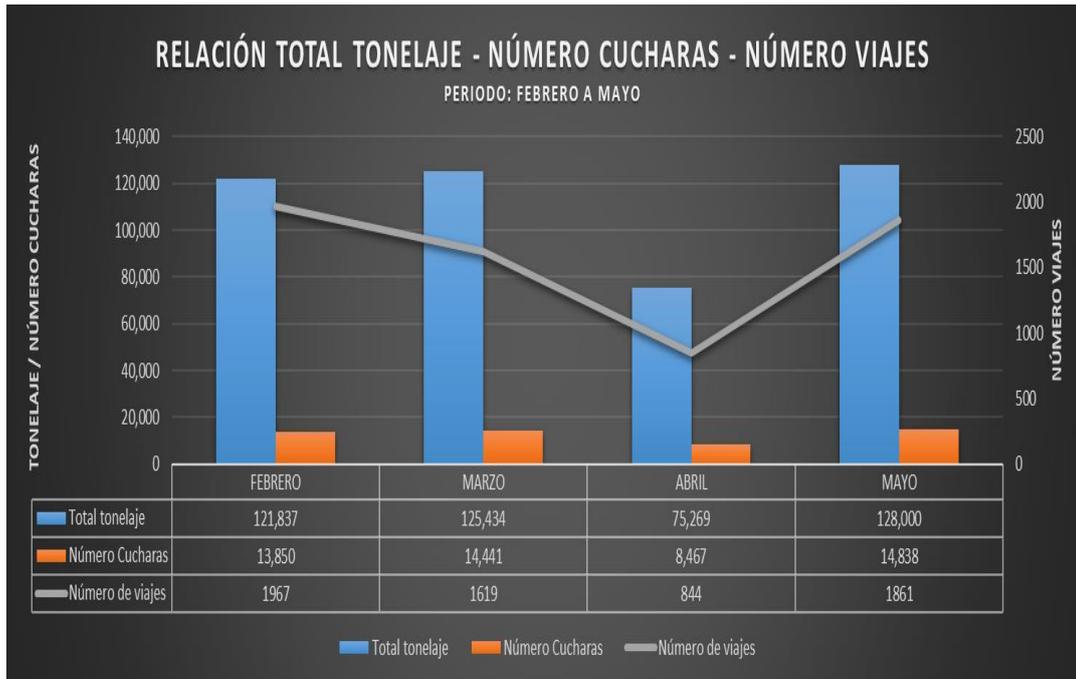
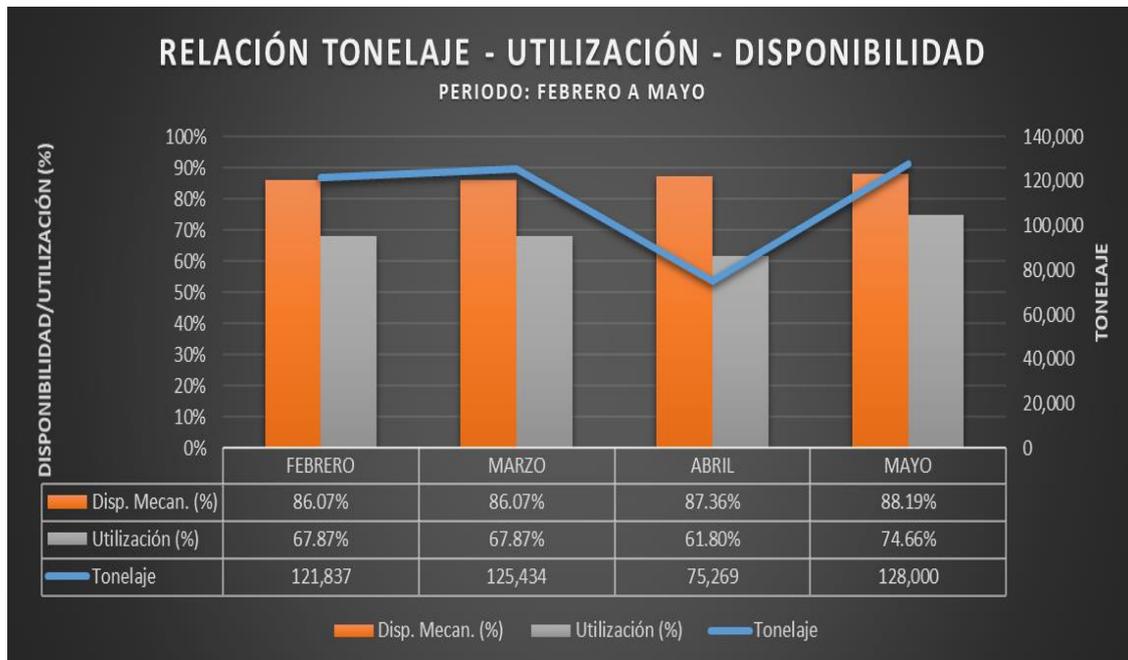


Figura 32. Relación tonelaje, total de horas de carguío y su rendimiento asociado (t/h) periodo febrero a mayo



**Figura 33. Resumen relación tonelaje, número cucharas y número de viajes, periodo febrero a mayo**



**Figura 34. Resumen relación tonelaje, utilización y disponibilidad, periodo febrero a mayo**

#### 4.3 Análisis de las actividades de los equipos de carguío

Para realizar el análisis de las actividades asociadas a los indicadores de rendimiento de los equipos de carguío (scoops 9 yd<sup>3</sup>) sccop 17, 18,19 y 20 durante los periodos febrero a abril y el periodo de mayo y ver la mejora en el

control de la fragmentación posvoladura, se analizará mediante la herramienta de Pareto.

La herramienta de gestión de Pareto permite entender el comportamiento de diferentes actividades asociadas al proceso de carguío, considerando que el 80 % de consecuencias provienen del 20 % de causas,

De acuerdo al análisis de las actividades relacionadas a los procesos de carguío, permitirá identificar las diferentes actividades relacionadas a la pérdida de tiempo operacional y poder generar programas de optimización y reducción de costos.

El presente trabajo se analiza y compara las actividades de los equipos de carguío (scoops 9 yd<sup>3</sup>) en la etapa de los meses de febrero a abril y la etapa del mes de mayo.

a) Análisis de Pareto, periodo febrero a abril

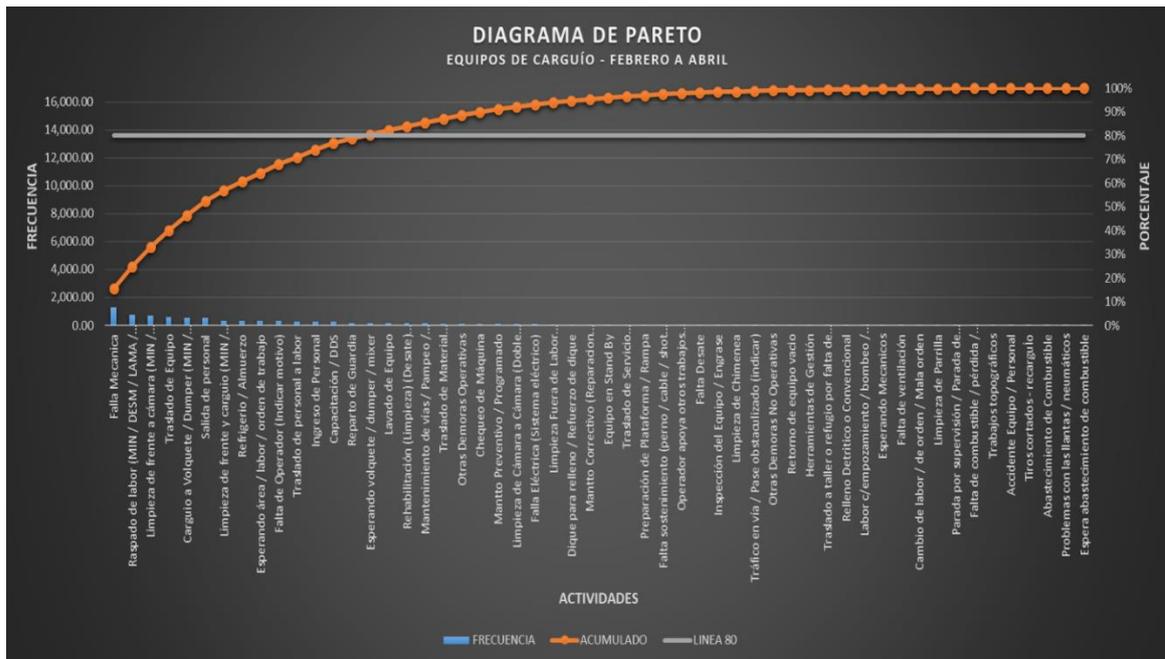
Durante el periodo de análisis se considera en la primera etapa los meses de febrero a abril representa un total de 8,303.32 horas. El 20% de incidencia está representado por 15 actividades, representando a 6,681.37 horas (Pareto).

**Tabla 17. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto (20 %), febrero-abril**

<b>ACTIVIDADES CON INCIDENCIA OPERACIONAL</b>		
<b>PERIODO: FEBRERO A ABRIL</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>
Falla Mecanica	<b>1,278.88</b>	<b>15.40%</b>
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	<b>765.03</b>	<b>9.21%</b>
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	<b>691.68</b>	<b>8.33%</b>
Traslado de Equipo	586.60	7.06%
Carguío a Volquete / Dumper (MIN / DESM)	521.15	6.28%
Salida de personal	514.98	6.20%
Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	<b>348.83</b>	<b>4.20%</b>
Refrigerio / Almuerzo	320.53	3.86%
Esperando área / labor / orden de trabajo	<b>307.08</b>	<b>3.70%</b>
Falta de Operador (Indicar motivo)	<b>299.75</b>	<b>3.61%</b>
Traslado de personal a labor	249.40	3.00%
Ingreso de Personal	247.42	2.98%
Capacitación / DDS	242.83	2.92%
Reparto de Guardia	158.43	1.91%
Esperando volquete / dumper / mixer	<b>148.75</b>	<b>1.79%</b>
<b>TOTAL INCIDENCIA EN HORAS</b>	<b>6,681.37</b>	<b>80.47%</b>

Tabla 18. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo de febrero-abril

ACTIVIDAD	PERIODO: FEBRERO A ABRIL			
	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falla Mecanica	1,278.88	15.40%	1,278.88	15.40%
Raspado de labor (MIIN / DESM / LAMA / SHOT)	765.03	9.21%	2,043.92	24.62%
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	691.68	8.33%	2,735.60	32.95%
Traslado de Equipo	586.60	7.06%	3,322.20	40.01%
Carguio a Volquete / Dumper (MIIN / DESM)	521.15	6.28%	3,843.35	46.29%
Salida de personal	514.98	6.20%	4,358.33	52.49%
Limpieza de frente y carguio (MIN / DESM / RELL)	348.83	4.20%	4,707.17	56.69%
Refrigerio / Almuerzo	320.53	3.86%	5,027.70	60.55%
Esperando área / labor / orden de trabajo	307.08	3.70%	5,334.78	64.25%
Falta de Operador (Indicar motivo)	299.75	3.61%	5,634.53	67.86%
Traslado de personal a labor	249.40	3.00%	5,883.93	70.86%
Ingreso de Personal	247.42	2.98%	6,131.35	73.84%
Capacitación / DDS	242.83	2.92%	6,374.18	76.77%
Reparto de Guardia	158.43	1.91%	6,532.62	78.67%
Esperando volquete / dumper / mixer	148.75	1.79%	6,681.37	80.47%
Lavado de Equipo	147.78	1.78%	6,829.15	82.25%
Rehabilitación (Limpieza) (Desate) (Shotcrete)	136.15	1.64%	6,965.30	83.89%
Mantenimiento de vías / Pampeo / Cantoneo	134.28	1.62%	7,099.58	85.50%
Traslado de Material (Agregado/Banco/Bolón/Lama)	128.72	1.55%	7,228.30	87.05%
Otras Demoras Operativas	119.90	1.44%	7,348.20	88.50%
Chequeo de Máquina	111.07	1.34%	7,459.27	89.83%
Mantto Preventivo / Programado	98.17	1.18%	7,557.43	91.02%
Limpieza de Cámara a Cámara (Doble Manipuleo)	89.70	1.08%	7,647.13	92.10%
Falla Eléctrica (Sistema eléctrico)	79.25	0.95%	7,726.38	93.05%
Limpieza Fuera de Labor (Sobredistancia>200 m)	71.95	0.87%	7,798.33	93.92%
Dique para relleno / Refuerzo de dique	66.58	0.80%	7,864.92	94.72%
Mantto Correctivo (Reparacion Mecanica/Electrica)	52.68	0.63%	7,917.60	95.35%
Equipo en Stand By	50.83	0.61%	7,968.43	95.97%
Traslado de Servicio (Componente/bomba/materiales)	43.10	0.52%	8,011.53	96.49%
Preparación de Plataforma / Rampa	39.98	0.48%	8,051.52	96.97%
Falta sostenimiento (perno / cable / shot / malla)	31.10	0.37%	8,082.62	97.34%
Operador apoya otros trabajos (Especificar)	28.67	0.35%	8,111.28	97.69%
Falta Desate	28.12	0.34%	8,139.40	98.03%
Inspección del Equipo / Engrase	19.48	0.23%	8,158.88	98.26%
Limpieza de Chimenea	19.37	0.23%	8,178.25	98.49%
Tráfico en vía / Pase obstaculizado (indicar)	16.98	0.20%	8,195.23	98.70%
Otras Demoras No Operativas	16.67	0.20%	8,211.90	98.90%
Retorno de equipo vacío	11.72	0.14%	8,223.62	99.04%
Herramientas de Gestión	11.67	0.14%	8,235.28	99.18%
Traslado a taller o refugio por falta de labor	9.67	0.12%	8,244.95	99.30%
Relleno Detritico o Convencional	8.83	0.11%	8,253.78	99.40%
Labor c/empozamiento / bombeo / inundada (indicar)	8.53	0.10%	8,262.32	99.51%
Esperando Mecánicos	8.17	0.10%	8,270.48	99.60%
Falta de ventilación	6.80	0.08%	8,277.28	99.69%
Cambio de labor / de orden / Mala orden	4.83	0.06%	8,282.12	99.74%
Limpieza de Parrilla	4.25	0.05%	8,286.37	99.80%
Parada por supervisión / Parada de seguridad	4.08	0.05%	8,290.45	99.85%
Falta de combustible / pérdida / contaminación	3.58	0.04%	8,294.03	99.89%
Trabajos topográficos	3.48	0.04%	8,297.52	99.93%
Accidente Equipo / Personal	3.17	0.04%	8,300.68	99.97%
Tiros cortados - recargulo	1.00	0.01%	8,301.68	99.98%
Abastecimiento de Combustible	0.92	0.01%	8,302.60	99.99%
Problemas con las llantas / neumáticos	0.60	0.01%	8,303.20	100.00%
Espera abastecimiento de combustible	0.12	0.00%	8,303.32	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>8,303.32</b>	<b>100.00%</b>		



**Figura 35. Diagrama de Pareto, periodo de febrero a abril en equipos de carguío**

Durante el análisis de Pareto para el periodo de febrero a abril en los procesos unitarios de carguío, se consideró un total de 54 actividades los que inciden un total de 8,303.32 horas.

De acuerdo a este análisis, el 20 % de incidencias en las actividades que representan el 80% de problemas generados en los equipos de carguío representan un total de 6,681.37 horas, el cual representa el 80.47%.

Las actividades y tiempo asociado, los que pueden ser optimizados y disminuir la pérdida de tiempo operacional son:

- Falla mecánica con 1,278.88 horas.
- Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT) con 765.03 horas.
- Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL) con 691.68 horas.
- Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL) con 348.83 horas.
- Esperando área / labor / orden de trabajo con 307.08 horas.
- Falta de Operador con 299.75 horas.
- Esperando volquete / dumper / mixer con 148.75 horas.

De todas estas actividades descritas, hay que incidir con mayor detalle en algunas de ellas para poder optimizar los tiempos asociados a estas actividades.

En la actividad de falla mecánica se debe determinar si es producto del desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los scoops, definiendo en mayor detalle las actividades operacionales como densidad de material, granulometría, experticia del operador, etc.

Las actividades asociadas a falta de operador, esperando orden de trabajo y esperando volquete, son actividades que se puede optimizar teniendo una mejor gestión de los equipos y de personal en la unidad minera.

Las actividades asociadas a raspado de labor, limpieza de frente de cámara y limpieza de frente y carguío están relacionadas a las condiciones de diseño operacional así como el expertise del operador, pudiendo optimizar en esas actividades. Finalmente, la optimización de actividades en los procesos de carguío pudo involucrar un total de 3,840.02 horas considerado como el 46.25 %.

b) Análisis de Pareto, periodo mayo

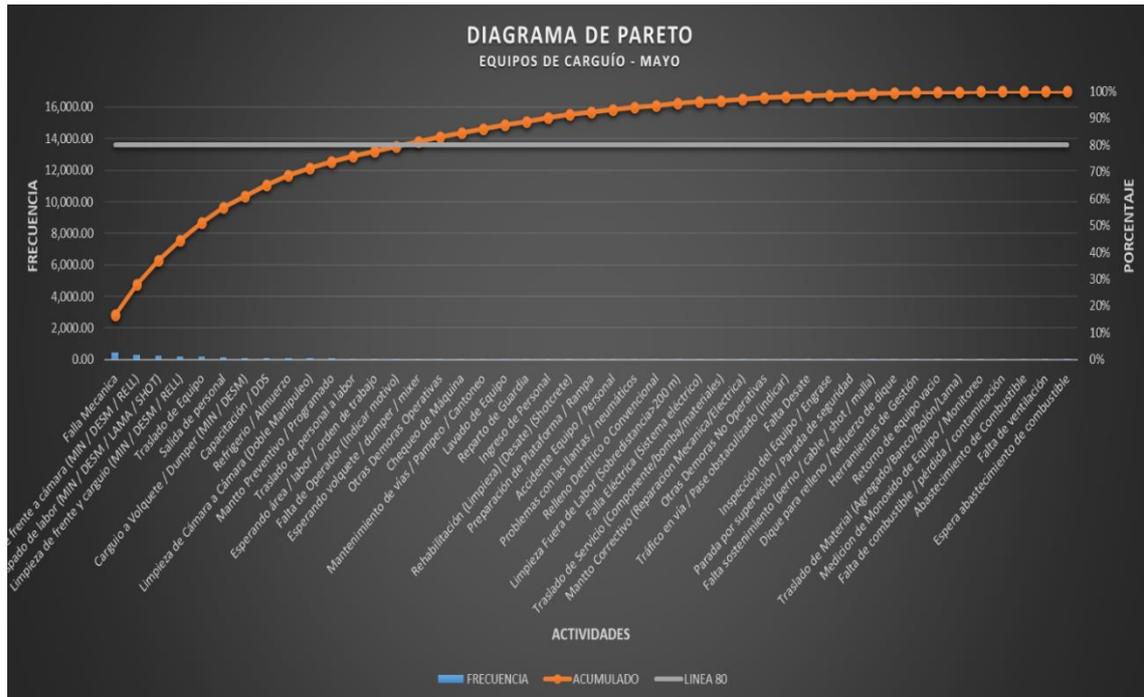
Durante el periodo de análisis se considera en la segunda etapa el mes de mayo representa un total de 2,704.08 horas. El 20 % de incidencia está representado por 14 actividades, representando a 2,149.55 horas (Pareto).

**Tabla 19. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, mayo**

<b>ACTIVIDADES CON INCIDENCIA OPERACIONAL</b>		
<b>MAYO</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>
Falla Mecanica	452.13	16.72%
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	301.85	11.16%
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	245.87	9.09%
Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	205.68	7.61%
Traslado de Equipo	172.87	6.39%
Salida de personal	154.70	5.72%
Carguío a Volquete / Dumper (MIN / DESM)	113.62	4.20%
Capacitación / DDS	110.88	4.10%
Refrigerio / Almuerzo	99.83	3.69%
Limpieza de Cámara a Cámara (Doble Manipuleo)	69.07	2.55%
Mantto Preventivo / Programado	65.50	2.42%
Traslado de personal a labor	58.45	2.16%
Esperando área / labor / orden de trabajo	51.43	1.90%
Falta de Operador (Indicar motivo)	47.67	1.76%
<b>TOTAL INCIDENCIA DE HORAS</b>	<b>2,149.55</b>	<b>79.49%</b>

Tabla 20. Actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo mes de mayo

<b>DIAGRAMA DE PARETO - EQUIPOS DE CARGUÍO</b>				
<b>MAYO</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Falla Mecanica	452.13	16.72%	452.13	16.72%
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	301.85	11.16%	753.98	27.88%
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	245.87	9.09%	999.85	36.98%
Limpieza de frente y carguio (MIN / DESM / RELL)	205.68	7.61%	1,205.53	44.58%
Traslado de Equipo	172.87	6.39%	1,378.40	50.97%
Salida de personal	154.70	5.72%	1,533.10	56.70%
Carguío a Volquete / Dumper (MIN / DESM)	113.62	4.20%	1,646.72	60.90%
Capacitación / DDS	110.88	4.10%	1,757.60	65.00%
Refrigerio / Almuerzo	99.83	3.69%	1,857.43	68.69%
Limpieza de Cámara a Cámara (Doble Manipuleo)	69.07	2.55%	1,926.50	71.24%
Mantto Preventivo / Programado	65.50	2.42%	1,992.00	73.67%
Traslado de personal a labor	58.45	2.16%	2,050.45	75.83%
Esperando área / labor / orden de trabajo	51.43	1.90%	2,101.88	77.73%
Falta de Operador (Indicar motivo)	47.67	1.76%	2,149.55	79.49%
Esperando volquete / dumper / mixer	47.15	1.74%	2,196.70	81.24%
Otras Demoras Operativas	46.32	1.71%	2,243.02	82.95%
Chequeo de Máquina	44.25	1.64%	2,287.27	84.59%
Mantenimiento de vías / Pampeo / Cantoneo	41.58	1.54%	2,328.85	86.12%
Lavado de Equipo	37.17	1.37%	2,366.02	87.50%
Reparto de Guardia	34.92	1.29%	2,400.93	88.79%
Ingreso de Personal	34.72	1.28%	2,435.65	90.07%
Rehabilitación (Limpieza) (Desate) (Shotcrete)	34.53	1.28%	2,470.18	91.35%
Preparación de Plataforma / Rampa	24.33	0.90%	2,494.52	92.25%
Accidente Equipo / Personal	24.00	0.89%	2,518.52	93.14%
Problemas con las llantas / neumáticos	22.17	0.82%	2,540.68	93.96%
Relleno Detritico o Convencional	22.08	0.82%	2,562.77	94.77%
Limpieza Fuera de Labor (Sobredistancia>200 m)	18.92	0.70%	2,581.68	95.47%
Falla Eléctrica (Sistema eléctrico)	15.33	0.57%	2,597.02	96.04%
Traslado de Servicio (Componente/bomba/materiales)	14.42	0.53%	2,611.43	96.57%
Mantto Correctivo (Reparacion Mecanica/Electrica)	14.25	0.53%	2,625.68	97.10%
Otras Demoras No Operativas	13.58	0.50%	2,639.27	97.60%
Tráfico en vía / Pase obstaculizado (indicar)	11.00	0.41%	2,650.27	98.01%
Falta Desate	9.83	0.36%	2,660.10	98.37%
Inspección del Equipo / Engrase	8.97	0.33%	2,669.07	98.71%
Parada por supervisión / Parada de seguridad	8.33	0.31%	2,677.40	99.01%
Falta sostenimiento (perno / cable / shot / malla)	8.05	0.30%	2,685.45	99.31%
Dique para relleno / Refuerzo de dique	5.58	0.21%	2,691.03	99.52%
Herramientas de Gestión	5.55	0.21%	2,696.58	99.72%
Retorno de equipo vacio	3.78	0.14%	2,700.37	99.86%
Traslado de Material (Agregado/Banco/Bolón/Lama)	1.50	0.06%	2,701.87	99.92%
Medicion de Monoxido de Equipo / Monitoreo	0.83	0.03%	2,702.70	99.95%
Falta de combustible / pérdida / contaminación	0.50	0.02%	2,703.20	99.97%
Abastecimiento de Combustible	0.42	0.02%	2,703.62	99.98%
Falta de ventilación	0.30	0.01%	2,703.92	99.99%
Espera abastecimiento de combustible	0.17	0.01%	2,704.08	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2,704.08</b>	<b>100.00%</b>		



**Figura 36. Diagrama de Pareto, periodo mayo en equipos de carguío**

Durante el análisis de Pareto para el periodo de mayo en los procesos unitarios de carguío, se consideró un total de 45 actividades los que inciden un total de 2,704.08 horas.

De acuerdo a este análisis, el 20% de incidencias en las actividades que representan el 80% de problemas generados en los equipos de carguío representan un total de 2,149.55 horas el cual representa el 79.49 %.

Las actividades y tiempo asociado, los que pueden ser optimizados y disminuir la pérdida de tiempo operacional son:

- Falla mecánica con 452.13 horas.
- Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL) con 301.85 horas.
- Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT) con 245.87 horas.
- Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL) con 205.68 horas.
- Esperando área / labor / orden de trabajo con 51.43 horas.
- Falta de operador con 47.67 horas.

De todas estas actividades descritas, hay que incidir con mayor detalle en algunas de ellas para poder optimizar los tiempos asociados a estas actividades.

En la actividad de falla mecánica se debe determinar si es producto del desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los scoops, definiendo en mayor detalle las actividades operacionales como densidad de material, granulometría, expertise del operador, etc.

Las actividades asociadas a falta de operador y esperando orden de trabajo son actividades que se puede optimizar teniendo una mejor gestión de los equipos y de personal en la unidad minera.

Las actividades asociadas a raspado de labor, limpieza de frente de cámara y limpieza de frente y carguío, está relacionado a las condiciones de diseño operacional así como el expertise del operador, pudiendo optimizar en esas actividades. Finalmente, la optimización de actividades en los procesos de carguío puede involucrar un total de 1,304.63 horas considerado como el 48.25%.

c) Resumen de análisis de Pareto, periodo febrero a mayo

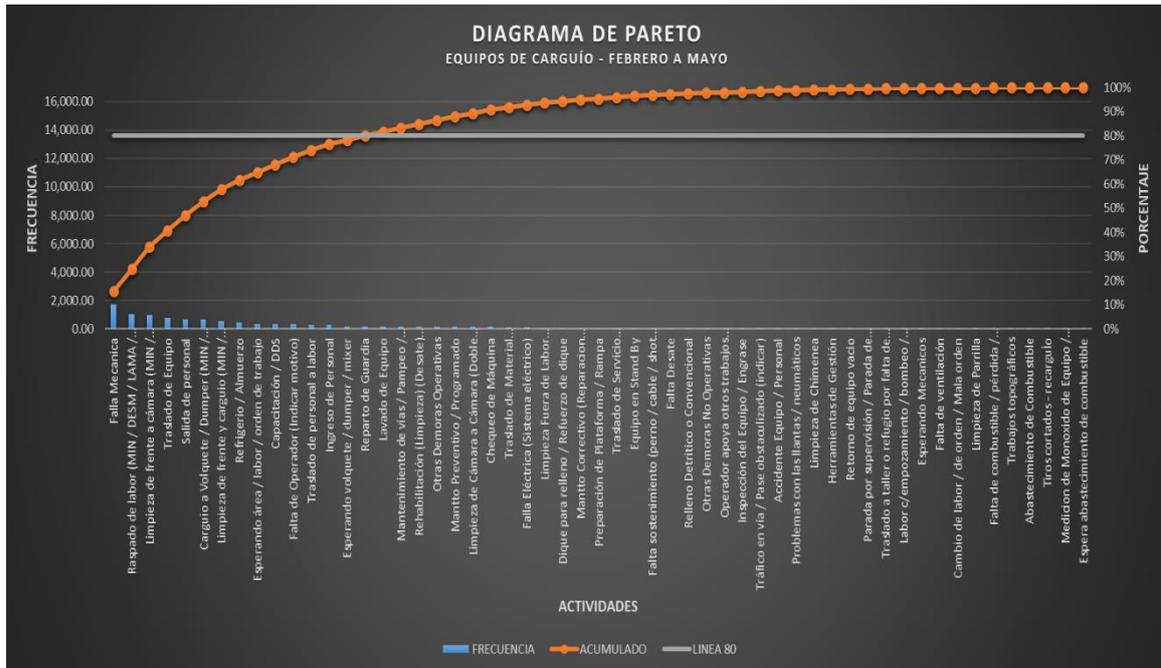
Durante el periodo de análisis de febrero a mayo, el cual representa un total de 11,007.40 horas. El 20 % de incidencia está representado por 15 actividades, con un total de 8,813.13 horas (Pareto).

**Tabla 21. Resumen actividades de proceso de carguío con Pareto, periodo estudio**

<b>ACTIVIDADES CON INCIDENCIA OPERACIONAL</b>		
<b>RESUMEN PERIODO ESTUDIO: FEBRERO A MAYO</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>
Falla Mecanica	<b>1,731.02</b>	<b>15.73%</b>
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	<b>1,010.90</b>	<b>9.18%</b>
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	<b>993.53</b>	<b>9.03%</b>
Traslado de Equipo	759.47	6.90%
Salida de personal	669.68	6.08%
Carguio a Volquete / Dumper (MIN / DESM)	<b>634.77</b>	<b>5.77%</b>
Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	<b>554.52</b>	<b>5.04%</b>
Refrigerio / Almuerzo	420.37	3.82%
Esperando área / labor / orden de trabajo	<b>358.52</b>	<b>3.26%</b>
Capacitación / DDS	353.72	3.21%
Falta de Operador (Indicar motivo)	<b>347.42</b>	<b>3.16%</b>
Traslado de personal a labor	307.85	2.80%
Ingreso de Personal	282.13	2.56%
Esperando volquete / dumper / mixer	<b>195.90</b>	<b>1.78%</b>
Reparto de Guardia	193.35	1.76%
<b>TOTAL INCIDENCIA DE HORAS</b>	<b>8,813.13</b>	<b>80.07%</b>

Tabla 22. Resumen de actividades de proceso de carguío mediante Pareto, periodo de estudio

ACTIVIDAD	PERIODO: FEBRERO A MAYO			
	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falla Mecanica	1,731.02	15.73%	1,731.02	15.73%
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	1,010.90	9.18%	2,741.92	24.91%
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	993.53	9.03%	3,735.45	33.94%
Traslado de Equipo	759.47	6.90%	4,494.92	40.84%
Salida de personal	669.68	6.08%	5,164.60	46.92%
Carguio a Volquete / Dumper (MIN / DESM)	634.77	5.77%	5,799.37	52.69%
Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	554.52	5.04%	6,353.88	57.72%
Refrigerio / Almuerzo	420.37	3.82%	6,774.25	61.54%
Esperando área / labor / orden de trabajo	358.52	3.26%	7,132.77	64.80%
Capacitación / DDS	353.72	3.21%	7,486.48	68.01%
Falta de Operador (Indicar motivo)	347.42	3.16%	7,833.90	71.17%
Traslado de personal a labor	307.85	2.80%	8,141.75	73.97%
Ingreso de Personal	282.13	2.56%	8,423.88	76.53%
Esperando volquete / dumper / mixer	195.90	1.78%	8,619.78	78.31%
Reparto de Guardia	193.35	1.76%	8,813.13	80.07%
Lavado de Equipo	184.95	1.68%	8,998.08	81.75%
Mantenimiento de vías / Pampeo / Cantoneo	175.87	1.60%	9,173.95	83.34%
Rehabilitación (Limpieza) (Desate) (Shotcrete)	170.68	1.55%	9,344.63	84.89%
Otras Demoras Operativas	166.22	1.51%	9,510.85	86.40%
Mantto Preventivo / Programado	163.67	1.49%	9,674.52	87.89%
Limpieza de Cámara a Cámara (Doble Manipuleo)	158.77	1.44%	9,833.28	89.33%
Chequeo de Máquina	155.32	1.41%	9,988.60	90.74%
Traslado de Material (Agregado/Banco/Bolón/Lama)	130.22	1.18%	10,118.82	91.93%
Falla Eléctrica (Sistema eléctrico)	94.58	0.86%	10,213.40	92.79%
Limpieza Fuera de Labor (Sobredistancia>200 m)	90.87	0.83%	10,304.27	93.61%
Dique para relleno / Refuerzo de dique	72.17	0.66%	10,376.43	94.27%
Mantto Correctivo (Reparacion Mecanica/Electrica)	66.93	0.61%	10,443.37	94.88%
Preparación de Plataforma / Rampa	64.32	0.58%	10,507.68	95.46%
Traslado de Servicio (Componente/bomba/materiales)	57.52	0.52%	10,565.20	95.98%
Equipo en Stand By	50.83	0.46%	10,616.03	96.44%
Falta sostenimiento (perno / cable / shot / malla)	39.15	0.36%	10,655.18	96.80%
Falta Desate	37.95	0.34%	10,693.13	97.14%
Relleno Detritico o Convencional	30.92	0.28%	10,724.05	97.43%
Otras Demoras No Operativas	30.25	0.27%	10,754.30	97.70%
Operador apoya otros trabajos (Especificar)	28.67	0.26%	10,782.97	97.96%
Inspección del Equipo / Engrase	28.45	0.26%	10,811.42	98.22%
Tráfico en vía / Pase obstaculizado (indicar)	27.98	0.25%	10,839.40	98.47%
Accidente Equipo / Personal	27.17	0.25%	10,866.57	98.72%
Problemas con las llantas / neumáticos	22.77	0.21%	10,889.33	98.93%
Limpieza de Chimenea	19.37	0.18%	10,908.70	99.10%
Herramientas de Gestión	17.22	0.16%	10,925.92	99.26%
Retorno de equipo vacío	15.50	0.14%	10,941.42	99.40%
Parada por supervisión / Parada de seguridad	12.42	0.11%	10,953.83	99.51%
Traslado a taller o refugio por falta de labor	9.67	0.09%	10,963.50	99.60%
Labor c/empozamiento / bombeo / inundada (indicar)	8.53	0.08%	10,972.03	99.68%
Esperando Mecanicos	8.17	0.07%	10,980.20	99.75%
Falta de ventilación	7.10	0.06%	10,987.30	99.82%
Cambio de labor / de orden / Mala orden	4.83	0.04%	10,992.13	99.86%
Limpieza de Parrilla	4.25	0.04%	10,996.38	99.90%
Falta de combustible / pérdida / contaminación	4.08	0.04%	11,000.47	99.94%
Trabajos topográficos	3.48	0.03%	11,003.95	99.97%
Abastecimiento de Combustible	1.33	0.01%	11,005.28	99.98%
Tiros cortados - recarguío	1.00	0.01%	11,006.28	99.99%
Medicion de Monoxido de Equipo / Monitoreo	0.83	0.01%	11,007.12	100.00%
Espera abastecimiento de combustible	0.28	0.00%	11,007.40	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>11,007.40</b>	<b>100.00%</b>		



**Figura 37. Diagrama de Pareto, periodo estudio en equipos de carguío**

Durante el análisis de Pareto para el periodo de estudio de febrero a mayo en los procesos unitarios de carguío, se consideró un total de 55 actividades los que inciden un total de 11,007.40 horas.

De acuerdo a este análisis, el 20 % de incidencias en las actividades que representan el 80 % de problemas generados en los equipos de carguío representan un total de 8,813.13 horas el cual representa el 80.07 %.

Las actividades y tiempo asociado, los que pueden ser optimizados y disminuir la pérdida de tiempo operacional son:

- Falla mecánica con 1,731.02 horas.
- Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT) con 1,010.90 horas.
- Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL) con 993.53 horas.
- Carguio a Volquete / Dumper (MIN / DESM) con 634.77 horas
- Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL) con 554.52 horas.
- Esperando área / labor / orden de trabajo con 358.52 horas.
- Falta de Operador con 347.42 horas.
- Esperando volquete / dumper / mixer con 195.90.

De todas estas actividades descritas, hay que incidir con mayor detalle en algunas de ellas para poder optimizar los tiempos asociados a estas actividades.

En la actividad de falla mecánica se debe determinar si es producto del desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los scoops, definiendo en mayor detalle las actividades operacionales como densidad de material, granulometría, expertise del operador, etc.

Las actividades asociadas a falta de operador, esperando orden de trabajo y esperando volquete son actividades que se puede optimizar teniendo una mejor gestión de los equipos y de personal en la unidad minera.

Las actividades asociadas a raspado de labor, limpieza de frente de cámara y limpieza de frente y carguío, está relacionado a las condiciones de diseño operacional así como el expertise del operador, pudiendo optimizar en esas actividades.

Finalmente, la optimización de actividades en los procesos de carguío puede involucrar un total de 5,826.57 horas considerado como el 52.93%.

#### **4.4 Análisis de la granulometría en el rendimiento de equipos de carguío**

Durante el presente trabajo de investigación se realizará el análisis de imágenes, para determinar el grado de fragmentación posvoladura, mediante el software Wip Frag versión 3.3.

Los resultados en el análisis de la granulometría posvoladura y su relación con el factor de llenado influirán en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, generando la reducción de costos de acarreo.

El análisis de la granulometría en el periodo de estudio de febrero a mayo del 2022, asociado a los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y

el optimizado en el Tj310 – Nv1650. Estos resultados nos ayudarán a relacionar con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en la unidad minera, siendo la variación en el factor de llenado una de las variables más sensibles en dicho análisis, producto del resultado de las voladuras asociadas a los diferentes frentes de producción en evaluación.

a) Análisis de la granulometría – Tj320 – Nv1850



**Figura 38. Material post voladura Tj320-Nv1850**

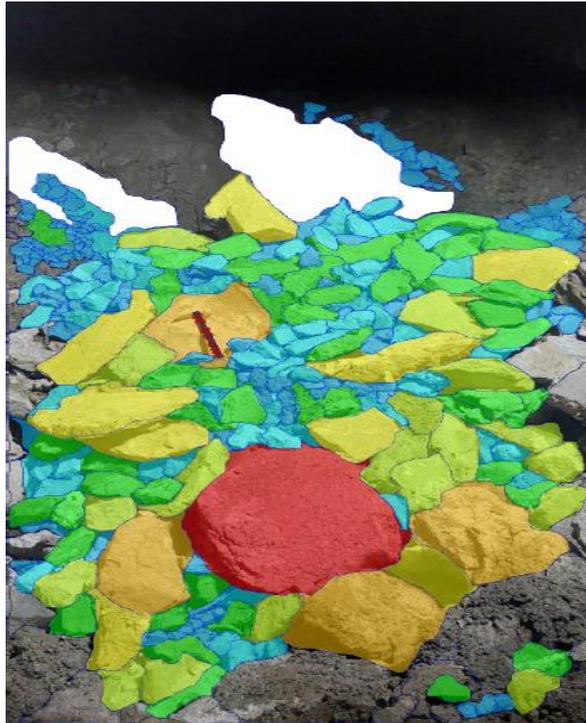


Figura 39. Análisis de granulometría post voladura Tj320-Nv1850

Tabla 23. Tamaño de distribución, TJ320 – NV1850

Tamaño de distribución - Tesis  
TJ320-Nv1850

junio 29, 2023 18:32:30

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)



**Tabla 24. Resumen de grado de fragmentación, TJ320 – NV1850**

GRADO DE FRAGMENTACIÓN		
TJ 320 - NV1850		
ITEM	UNIDAD	TJ 320 - NV1850
<b>HISTOGRAM</b>		
Tamaño Mín.	Pulgadas	0.23
Tamaño Máx.	Pulgadas	37.56
N° Blocks	Unid	376
Moda	Pulgadas	4
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
El 10%	Pulgadas	1.52
El 50%	Pulgadas	9.53
El 90%	Pulgadas	30.19
<b>(P80)</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>20.38</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 40"
		54% < a 10"
		9% < a 1"

b) Análisis de la granulometría – TJ061C – NV1650



**Figura 40. Material post voladura TJ061C-NV1650**



Figura 41. Análisis de granulometría, post voladura TJ061C-NV1650

Tabla 25. Tamaño de distribución, TJ061C-NV1650

Tamaño de distribución - Tesis

TJ061C-Nv1650

junio 29, 2023 21:01:47

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)



Tabla 26. Resumen de grado de fragmentación, TJ061C-NV1650

GRADO DE FRAGMENTACIÓN		
TJ 061C - NV1650		
ITEM	UNIDAD	TJ 320 - NV1850
<b>HISTOGRAM</b>		
Tamaño Mín.	Pulgadas	0.30
Tamaño Máx.	Pulgadas	20.39
N° Blocks	Unid	401
Moda	Pulgadas	4
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
El 10%	Pulgadas	1.87
El 50%	Pulgadas	7.30
El 90%	Pulgadas	17.87
<b>(P80)</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>13.34</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 40"
		30% < a 5"
		4.27% < a 1"

c) Análisis de la granulometría – TJ740 – NV1650



Figura 42. Material post voladura TJ740-NV1650



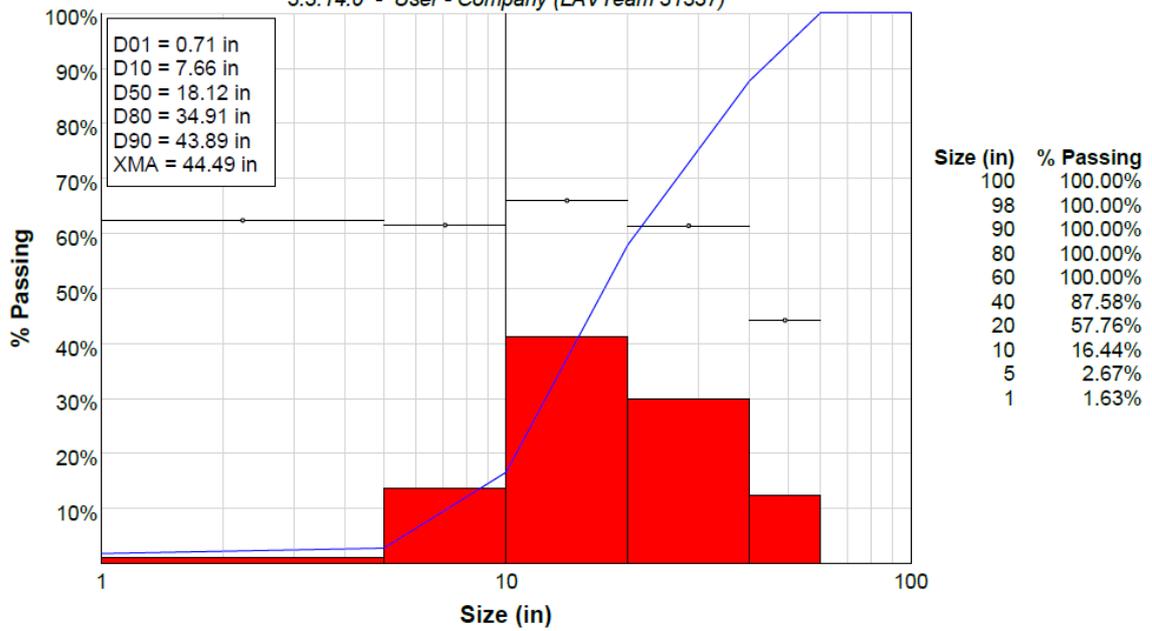
**Figura 43. Análisis de granulometría post voladura TJ740-NV1650**

**Tabla 27. Tamaño de distribución, TJ740-NV1650**

**Tamaño de distribución - Tesis  
Tj740-Nv1650**

junio 29, 2023 21:57:12

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)



**Tabla 28. Resumen de grado de fragmentación, TJ740-NV1650**

<b>GRADO DE FRAGMENTACIÓN</b>		
<b>TJ 740 - NV1650</b>		
ITEM	UNIDAD	TJ 320 - NV1850
<b>HISTOGRAM</b>		
Tamaño Mín.	Pulgadas	0.71
Tamaño Máx.	Pulgadas	44.49
N° Blocks	Unid	231
Moda	Pulgadas	4
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
El 10%	Pulgadas	7.66
El 50%	Pulgadas	18.12
El 90%	Pulgadas	43.89
<b>(P80)</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>34.91</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 60"
		57.76% < a 20"
		1.63% < a 1"

d) Análisis de la granulometría (Optimizado) – TJ310 – NV1650



**Figura 44. Material post voladura TJ310-NV1650**

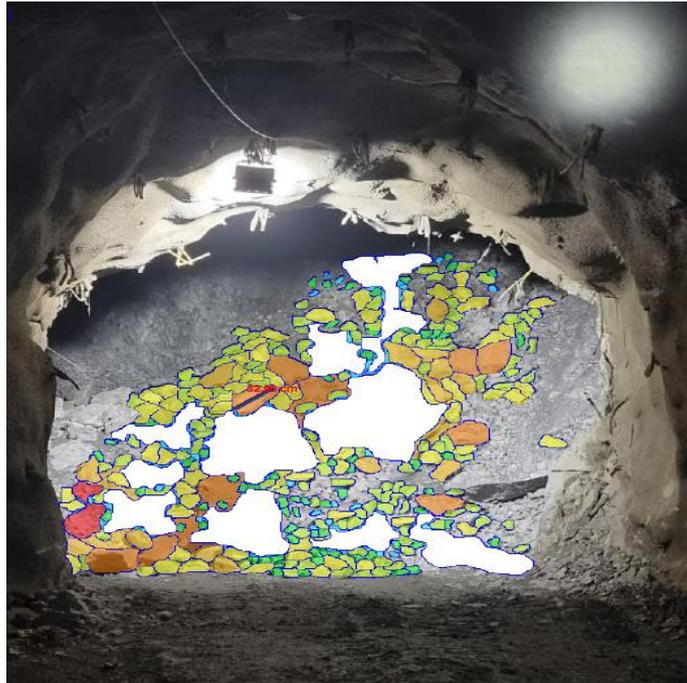


Figura 45. Análisis de granulometría post voladura TJ310-NV1650

Tabla 29. Tamaño de distribución optimizado, TJ310-NV1650

Tamaño de distribución - Tesis  
TJ310-Nv1650

junio 29, 2023 23:01:20

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)



**Tabla 30. Resumen de grado de fragmentación, TJ310-NV1650**

GRADO DE FRAGMENTACIÓN - OPTIMIZADO		
TJ 310 - NV1650		
ITEM	UNIDAD	TJ 320 - NV1850
<b>HISTOGRAM</b>		
Tamaño Mín.	Pulgadas	0.29
Tamaño Máx.	Pulgadas	12.68
N° Blocks	Unid	465
Moda	Pulgadas	4
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
EI 10%	Pulgadas	0.46
EI 50%	Pulgadas	2.72
EI 90%	Pulgadas	9.34
<b>(P80)</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>7.49</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 20"
		66.58% < a 5"
		37.51% < a 1"

e) Resumen de análisis de la granulometría

El presente estudio permitió conocer el resultado posvoladura considerando el análisis de la granulometría en los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 asociados a la primera etapa de análisis (meses de febrero a abril) y en la segunda etapa, considerado el escenario optimizado en el Tj310 – Nv1650 (mes de mayo).

**Tabla 31. Resumen de grado de fragmentación, periodo de estudio**

RESUMEN DE GRADO DE FRAGMENTACIÓN						
PERIODO ESTUDIO						
TAJO	Tamaño Min. Pulg	Tamaño Max. Pulg	P80 (D80) - REAL Pulg	P80 (D80) BUDGET - Pulg	FACTOR LLENADO (FLL) BUDGET - %	FACTOR LLENADO (FLL) REAL - %
TJ 320 - NV1850	0.23	37.56	20.38	12.40	90	70
TJ 061C - NV1650	0.30	20.39	13.34	12.40	90	80
TJ 740 - NV1650	0.71	44.49	34.91	12.40	90	65
PROMEDIO	0.41	34.15	<b>22.88</b>	12.40	90	<b>72</b>
TJ 310 - NV1650	0.29	12.68	<b>7.49</b>	12.40	90	<b>80</b>

De acuerdo a los resultados del análisis de la granulometría, se considera un rango de tamaños mínimos entre 0.23 a 0.71 pulgadas, tamaños máximos entre 12.68 a 44.49 pulgadas y un rango del P80 entre 7.49 a 34.91 pulgadas.

Finalmente, el análisis entre los periodos de estudio considera los siguientes resultados: etapa de febrero a abril un P80 de 22.80 pulgadas y un factor de llenado del 72 %, y para el periodo de mayo considera un P80 de 7.49 pulgadas y un factor de llenado del 80 %.

#### 4.5 Análisis de rendimiento de equipos de carguío y acarreo

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría realizados en los tajos, se considera para el periodo febrero a abril un factor de llenado del 72 % y para el periodo (optimizado) de mayo con un factor de llenado del 80 %, los cuales servirán como parámetros operacionales directos del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en los escenarios analizados. La mejora en el factor de llenado afecta directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío de 10.67 a 11.86 ton en scoops y en los volquetes de 42.68 a 47.43 toneladas.

a) Periodo de febrero a abril

✓ Rendimiento equipo carguío (Scoop R2900G – 9 yd<sup>3</sup>)

**Tabla 32. Rendimiento de equipos de carguío, periodo febrero - abril**

<b>RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO</b>		
SCOOP R2900G CAT - Febrero a Abril		
	<b>Scoop R2900G</b>	
Capc. Balde	9	yd <sup>3</sup>
<b>Factor de Llenado (granulometría)</b>	<b>72%</b>	<b>%</b>
Factor esponjamiento	30%	%
Densidad Insitu	2.8	t/m <sup>3</sup>
Capacidad balde	6.881	m <sup>3</sup>
<b>capacidad scoop</b>	<b>10.671</b>	<b>t</b>
T Ciclo por pase	8.5	min
Cap max camion	45	t
N° pases calculado	4.22	
N° pases	4	
Capacidad efectiva camion	42.68	t
tiempo de carguío por camion (min)	34.00	min
Productividad instantanea	75.32	t/h
Utilizacion	83%	%
<b>Productividad Operativa</b>	<b>62.52</b>	<b>t/h op</b>
Horas turno (hr)	12	hrs/turno
Turno dia (Turno/dia)	2	turno/dia
dias periodo (dias/mes)	30	dias/mes
<b>Rendi. Produccion mes</b>	<b>45,013</b>	<b>t/mes</b>

- ✓ Rendimiento equipo acarreo (Scania 8X4 G540B8X – 45 t)

**Tabla 33. Rendimiento de equipos de acarreo, periodo febrero - abril**

<b>RENDIMIENTO DE EQUIPOS ACARREO</b>		
SCANIA 8X4 G540B8X		
	<b>SCANIA 8X4 G540B8X</b>	
Cap max camion	45	t
Capacidad efectiva camión	42.68	t
Distancia m dia de acarreo	2.5	Km
tiempo carga = tiempo ciclo scoop	34.00	min
Tiempo ciclo del camion	58.00	min
Productividad instantanea	44.16	t/h
Utilizacion	83%	%
<b>Productividad Operativa</b>	<b>36.65</b>	<b>t/h op</b>
Horas por turno	12	hr/turno
Turno dia	2	turno / dia
Periodo	30	dias/mes
<b>Productividad</b>	<b>26,387</b>	<b>t/mes</b>

b) Periodo de mayo

- ✓ Rendimiento equipo carguío (Scoop R2900G – 9 yd<sup>3</sup>)

**Tabla 34. Rendimiento de equipos de carguío, periodo mayo**

<b>RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO</b>		
SCOOP R2900G CAT - Mayo		
	<b>Scoop R2900G</b>	
Capc. Balde	9	yd3
<b>Factor de Llenado (granulometría)</b>	<b>80%</b>	<b>%</b>
Factor esponjamiento	30%	%
Densidad Insitu	2.8	t/m3
Capacidad balde	6.881	m3
capacidad scoop	11.856	t
T Ciclo por pase	8.5	min
Cap max camion	45	t
N° pases calculado	3.80	
N° pases	4	
Capacidad efectiva camion	47.43	t
tiempo de carguio por camion (min)	34.00	min
Productividad instantanea	83.69	t/h
Utilizacion	83%	%
<b>Productividad Operativa</b>	<b>69.47</b>	<b>t/h op</b>
Horas turno (hr)	12	hrs/turno
Turno dia (Turno/dia)	2	turno/dia
dias periodo (dias/mes)	30	dias/mes
<b>Rendi. Produccion mes</b>	<b>50,015</b>	<b>t/mes</b>

- ✓ Rendimiento equipo acarreo (SCANIA 8X4 G540B8X – 45 t)

**Tabla 35. Rendimiento de equipos de acarreo, periodo febrero - abril**

<b>RENDIMIENTO DE EQUIPOS ACARREO</b>		
SCANIA 8X4 G540B8X - Mayo		
<b>SCANIA 8X4 G540B8X</b>		
Cap max camion	45	t
Capacidad efectiva camión	47.43	t
Distancia m día de acarreo	2.5	Km
tiempo carga = tiempo ciclo scoop	34.00	min
Tiempo ciclo del camion	58.00	min
Productividad instantanea	49.06	t/h
Utilizacion	83%	%
<b>Porductividad Operativa</b>	<b>40.72</b>	<b>t/h op</b>
Horas por turno	12	hr/turno
Turno dia	2	turno / dia
Periodo	30	dias/mes
<b>Productividad</b>	<b>29,319</b>	<b>t/mes</b>

- c) Resumen de rendimiento de equipos de carguío - acarreo y costos asociados

De acuerdo a los parámetros operacionales y del grado de fragmentación posvoladura realizada durante los periodos de estudio, se determinó el incremento de los equipos de carguío en 5,001 t/mes y de acarreo en 2,931.90 t/mes, los cuales se presentan en las siguientes tablas.

- ✓ Resumen de rendimiento de equipos de carguío.

**Tabla 36. Resumen de rendimiento de equipos de carguío**

<b>RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO</b>								
SCOOP R2900G CAT - PERIODO ESTUDIO								
EQUIPOS	PERIODO ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD Yd3	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCOOP R2900G CAT	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
SCOOP R2900G CAT	febrero - abril	9	4	22.88	72	10.67	62.52	45,013
SCOOP R2900G CAT	mayo	9	4	7.49	80	11.86	69.47	50,015
<b>DIFERENCIA</b>				<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>1.19</b>	<b>6.95</b>	<b>5,001</b>

✓ Resumen de rendimiento de equipos de acarreo

**Tabla 37. Resumen de rendimiento de equipos de acarreo**

<b>RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO</b>								
SCANIA 8X4 G540B8X - PERIODO DE ESTUDIO								
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD (ton)	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCANIA 8X4 G540B8X	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
SCANIA 8X4 G540B8X	febrero - abril	45	4	22.88	72	42.68	36.65	26,387
SCANIA 8X4 G540B8X	mayo	45	4	7.49	80	47.43	40.72	29,319
<b>DIFERENCIA</b>				<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>4.74</b>	<b>4.07</b>	<b>2,931.90</b>

En base a los análisis realizados durante los periodos de febrero a abril y el periodo de mayo, se observa una mejora en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, producto de una mejora en el resultado de la voladura, disminuyendo el grado de fragmentación, incidiendo directamente a la capacidad efectiva y productividad horario.

La disminución del P80 (granulometría) de 22.88 a 7.49 pulgadas con una reducción de 15.39 pulgadas permitió una mejora del factor de llenado de 72 % a 80 %, considerando una mejora del 8 %, esta mejora y control de la fragmentación incrementó la productividad horaria en equipos de carguío de 36.65 a 40.72 t/h con una mejora de 6.95 t/h. Asimismo, esta mejora influyó directamente en el rendimiento horario de los equipos de acarreo desde 26,387 a 29,319 t/mes generando un incremento de 2,931.90 t/mes.

✓ Resumen de costos de acarreo

**Tabla 38. Resumen de costos de acarreo, periodo de estudio**

<b>RESUMEN DE COSTOS DE ACARREO - SCANIA 45 TON</b>										
SCANIA 8X4 G540B8X - PERIODO DE ESTUDIO										
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCANIA 8X4 G540B8X		COSTO ACARREO		REDUCCIÓN COSTO	
					PRODUCT. HORARIA (ton/hr)	PRODUCT MES (ton/mes)	Costo Unitario (0.22 US\$/ton)	Costo Unitario (0.18 US\$/ton)	US \$	
SCANIA 8X4 G540B8X	febrero - abril	22.88	72	42.68	36.65	26,387	5,805.17	4,749.68		
SCANIA 8X4 G540B8X	mayo	7.49	80	47.43	40.72	29,319	6,450.19	5,277.43	2,228.25	
<b>DIFERENCIA</b>		<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>4.74</b>	<b>4.07</b>	<b>2,931.90</b>	<b>12,255.36</b>	<b>10,027.11</b>		
								<b>Mes mayo</b>	<b>1,172.76</b>	

De acuerdo a los estudios realizados en ambos periodos de análisis, considerando una disminución y control del P80 (granulometría) en 15.39 pulgadas y mejora del factor de llenado de 72 a 80 %, considerando una mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en 4.07 t/h, se redujo el costo unitario de acarreo de 0.22 a 0.18 \$/t con una disminución de 0.04 \$/t.

Esta disminución del costo unitario se hubiera reducido durante el periodo de estudio de febrero a mayo en 2,228.25 \$, y realizando solo el análisis durante el mes de mayo se redujo en 1,172.76 \$/t.

#### **4.6 Validación de la hipótesis planteada**

El presente trabajo de investigación analizó los indicadores de rendimiento en equipos de carguío (scoops de 9 yd<sup>3</sup>) durante 2 periodos de estudio: de febrero a abril y durante el mes de mayo, con la finalidad de reducir los costos de acarreo. Uno de los parámetros que incide directamente en el control y mejora del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo es el grado de fragmentación (P80) posvoladura, por lo que se debe entender las actividades asociadas.

Tabla 39. Indicadores de rendimiento de equipos de carguío, periodo de estudio

<b>INDICADORES DE RENDIMIENTO - SCOOP (17, 18, 19, 20)</b>													
PERIODO ANÁLISIS: FEBRERO - ABRIL A MAYO													
PERIODO	TOTAL HRS		TONELAJE		TON/HR		NUMERO DE CUCHARAS		NUMERO VIAJES		CICLO/VIAJE	DISP. MEC	UTILIZACIÓN
	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	(hrs)	Promedio	Promedio
FEBRERO - ABRIL	7,109.73	0.91	322,540	134.31	345,616.25	144.31	36,758	15.66	4430	6	0.15	86.50%	65.84%
MAYO	2,704.08	0.93	128,000	143.66	127,256.91	142.82	14,838	16.65	1861	7	0.14	88.19%	74.66%
<b>Total /Diferencia</b>	<b>9,813.82</b>	<b>0.01</b>	<b>450,540</b>	<b>138.98</b>	<b>472,873.16</b>	<b>143.57</b>	<b>51,596</b>	<b>0.99</b>	<b>6291</b>	<b>1</b>	<b>0.02</b>	<b>1.69%</b>	<b>8.82%</b>

Tabla 40. Actividades de incidencia operacional (Pareto) en equipos de carguío, periodo de estudio

<b>RESUMEN COMPARATIVO: ACTIVIDADES CON INCIDENCIA OPERACIONAL</b>			
EQUIPOS CARGUÍO. SCOOPS 9yd3			
<b>ACTIVIDAD: PERIDO FEBRERO - ABRIL</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>ACTIVIDAD: PERIODO MAYO</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>
Falla Mecanica	<b>1,278.88</b>	Falla Mecanica	<b>452.13</b>
Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	<b>765.03</b>	Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	<b>301.85</b>
Limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL)	<b>691.68</b>	Raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT)	<b>245.87</b>
Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	<b>348.83</b>	Limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL)	<b>205.68</b>
Esperando área / labor / orden de trabajo	<b>307.08</b>	Esperando área / labor / orden de trabajo	<b>51.43</b>
Falta de Operador (Indicar motivo)	<b>299.75</b>	Falta de Operador (Indicar motivo)	<b>47.67</b>
Esperando volquete / dumper / mixer	<b>148.75</b>		
<b>TOTAL INCIDENCIA EN HORAS</b>	<b>3,840.02</b>	<b>TOTAL INCIDENCIA EN HORAS</b>	<b>1,304.63</b>

a) Comparativo de indicadores de rendimiento de carguío

Uno de los parámetros que influyó en el rendimiento de los equipos de carguío durante los periodos analizados fue la cantidad de horas de carguío promedio, mejorando de 0.91 a 0.93 horas con un incremento de tonelaje promedio de 134.31 a 143.66 t/h, también, el número de cucharas de 15.66 a 16.65, mejorando el número de viajes de 6 a 7 viajes/h.

Asimismo, estos parámetros de mejora en el segundo periodo está relacionado a una aumento en la disponibilidad de 86.5 a 88.19 % y la utilización de 65.84 a 74.66 %. Esto, está relacionado a un mejor control en la gestión de las actividades asociadas a los equipos de carguío, controlando una disminución de estas de 7 a 6 actividades, con una disminución de 3,840.02 a 1,304.63 horas de tiempo efectivo operacional. Las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío y que inciden directamente en el control de pérdida de tiempo operacional fueron relacionados a las actividades: falla mecánica, limpieza de frente a cámara (MIN / DESM / RELL), raspado de labor (MIN / DESM / LAMA / SHOT), limpieza de frente y carguío (MIN / DESM / RELL), esperando área / labor / orden de trabajo y falta de operador. De todas estas actividades descritas, hay que hacerlo con mayor detalle para poder optimizar la pérdida de tiempo operacional, pudiendo mejorar en;

- Para la actividad de falla mecánica, hay que determinar si es producto del desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los scoops, definiendo en mayor detalle las actividades operacionales como densidad de material, granulometría, experticia del operador, etc.
- Las actividades asociadas a falta de operador, esperando orden de trabajo y esperando volquete son actividades que se puede optimizar teniendo una mejor gestión de los equipos y de personal en la unidad minera.
- Las actividades asociadas a raspado de labor, limpieza de frente de cámara y limpieza de frente y carguío, está relacionado a las condiciones de diseño operacional así como el experticia del operador, pudiendo optimizar el tiempo en esas actividades.

Finalmente, la optimización de actividades en los procesos de carguío puede involucrar una total de 5,826.57 horas, el que puede considerarse el 52.93 %.

b) Comparativo de grado de fragmentación

**Tabla 41. Resumen de grado de fragmentación, periodo de estudio**

RESUMEN DE GRADO DE FRAGMENTACIÓN						
PERIODO ESTUDIO						
TAJO	Tamaño Min.	Tamaño Max.	P80 (D80) - REAL	P80 (D80)	FACTOR LLENADO (FLL)	FACTOR LLENADO (FLL)
	Pulg	Pulg	Pulg	BUDGET - Pulg	BUDGET - %	REAL - %
TJ 320 - NV1850	0.23	37.56	20.38	12.40	90	70
TJ 061C - NV1650	0.30	20.39	13.34	12.40	90	80
TJ 740 - NV1650	0.71	44.49	34.91	12.40	90	65
PROMEDIO	0.41	34.15	<b>22.88</b>	12.40	90	<b>72</b>
TJ 310 - NV1650	0.29	12.68	<b>7.49</b>	12.40	90	<b>80</b>

El grado de fragmentación (P80) promedio de los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y el optimizado en el Tj310 – Nv1650 fueron de 20.38, 13.34 y 34.91 pulgadas, considerando un promedio de 22.88 para la primera etapa de estudio (febrero a abril) y para el periodo optimizado el grado de fragmentación fue de 7.49 pulgadas, mejorando el factor de llenado en equipos de carguío de 72 % a 80 %.

c) Rendimiento de equipos de carguío y acarreo

En base a los análisis realizados durante los periodos de febrero a abril y el periodo de mayo, se observa una mejora en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, producto de una progreso en el resultado de la voladura, disminuyendo el grado de fragmentación, incidiendo directamente a la capacidad efectiva y productividad horario.

La disminución del P80 (granulometría) de 22.88 a 7.49 pulgadas, con una reducción de 15.39 pulgadas, permitió una mejora del factor de llenado de 72 % a 80 %, considerando un incremento del 8 %. Esta mejora y control de la fragmentación incrementó la productividad horaria en equipos de carguío de 62.52 a 69.47 t/h con una mejora de 6.95 t/h. Asimismo, esto influyó directamente en el rendimiento horario de los equipos de acarreo desde 36.65 a 40.72 t/h generando un incremento de 4.07 t/h.

**Tabla 42. Resumen de rendimiento de equipos de carguío, periodo de estudio**

<b>RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO</b>								
SCOOP R2900G CAT - PERIODO ESTUDIO								
EQUIPOS	PERIODO ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD Yd3	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCOOP R2900G CAT	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
SCOOP R2900G CAT	febrero - abril	9	4	22.88	72	10.67	62.52	45,013
SCOOP R2900G CAT	mayo	9	4	7.49	80	11.86	69.47	50,015
<b>DIFERENCIA</b>				<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>1.19</b>	<b>6.95</b>	<b>5,001</b>

**Tabla 43. Resumen de rendimiento de equipos de acarreo, periodo de estudio**

<b>RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO</b>								
SCANIA 8X4 G540B8X - PERIODO DE ESTUDIO								
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD (ton)	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCANIA 8X4 G540B8X	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
SCANIA 8X4 G540B8X	febrero - abril	45	4	22.88	72	42.68	36.65	26,387
SCANIA 8X4 G540B8X	mayo	45	4	7.49	80	47.43	40.72	29,319
<b>DIFERENCIA</b>				<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>4.74</b>	<b>4.07</b>	<b>2,931.90</b>

**Tabla 44. Resumen de costos de acarreo, periodo de estudio**

<b>RESUMEN DE COSTOS DE ACARREO</b>										
SCANIA 8X4 G540B8X - PERIODO DE ESTUDIO										
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD (ton)	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCANIA 8X4 G540B8X		COSTO ACARREO		REDUCCIÓN COSTO
						PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)	Costo Unitario (0.22 US\$/ton)	Costo Unitario (0.18 US\$/ton)	US \$
SCANIA 8X4 G540B8X	febrero - abril	45	22.88	72	42.68	36.65	26,387	5,805.17	4,749.68	
SCANIA 8X4 G540B8X	mayo	45	7.49	80	47.43	40.72	29,319	6,450.19	5,277.43	2,228.25
<b>DIFERENCIA</b>			<b>-15.39</b>	<b>8</b>	<b>4.74</b>	<b>4.07</b>	<b>2,931.90</b>	<b>12,255.36</b>	<b>10,027.11</b>	

De acuerdo a los estudios realizados en ambos periodos de análisis, considerando una disminución y control del P80 (granulometría) en 15.39 pulgadas y mejora del factor de llenado de 72 a 80 %, considerando una mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en 4.07 t/h, se redujo el costo unitario de acarreo de 0.22 a 0.18 \$/t con una disminución de 0.04 \$/t.

Finalmente, esta disminución del costo unitario se hubiera reducido durante el periodo de estudio de febrero a mayo en 2,228.25 \$, y durante el periodo de mayo se redujo en 1,172.76 \$.

## CONCLUSIONES

1. Durante los periodos febrero a abril y mayo, se analizó los equipos de carguío (scoop 17, 18, 19 y 20), considerando los diferentes indicadores en el proceso de carguío, así como las actividades asociadas para definir la reducción de pérdida de tiempo, también se determinó el análisis del grado de fragmentación para optimizar el factor de llenado y su incidencia en el rendimiento de equipos de carguío y acarreo para generar la reducción de costos.
2. El análisis de los indicadores de rendimiento de los equipos de carguío durante los periodos de estudio considera una mejora de las horas promedio de carguío de 0.91 a 0.93 horas, asimismo un incremento de tonelaje promedio de 134.31 a 143.66 t/h, mejorando el número de cucharas de 15.66 a 16.65 y la mejora en el número de viajes de 6 a 7 viajes/h.
3. En cuanto a la mejora de los indicadores de rendimiento, se observa en el incremento de los indicadores de disponibilidad de 86.5 a 88.19 % y la utilización de 65.84 a 74.66 %. Esta mejora está relacionada a un mejor control en la gestión de las actividades asociadas a los equipos de carguío, controlando una disminución de estas de 7 a 6 actividades, con una disminución de 3,840.02 (en los periodos de febrero a abril) a 1,304.63 (periodo de mayo) horas de tiempo efectivo operacional.
4. Las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío y que inciden directamente en el control de pérdida de tiempo operacional fueron relacionados a las actividades: falla mecánica, limpieza de frente a cámara (Min/Desm/Rell), raspado de labor (Min/Desm/Lama/Shot), limpieza de frente y carguío (Min/Desm/Rell), esperando área /labor/orden de trabajo y falta de operador.

5. La mejora en la pérdida de tiempo operacional está asociado a la mejora de las siguientes actividades mediante Pareto se considera:
  - Para la actividad de falla mecánica, hay que determinar si es producto del desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctricos de los scoops, definiendo en mayor detalle las actividades operacionales como densidad de material, granulometría, experticia del operador, etc.
  - Las actividades asociadas a falta de operador, esperando orden de trabajo y esperando volquete son actividades que se puede optimizar teniendo una mejor gestión de los equipos y de personal en la unidad minera.
  - Las actividades asociadas a raspado de labor, limpieza de frente de cámara y limpieza de frente y carguío, está relacionado a las condiciones del diseño operacional así como el experticia del operador, pudiendo optimizar el tiempo en esas actividades.
  
6. La mejora en el factor de llenado del 72 % al 80 %, producto de la disminución de la granulometría, afecta directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío de 10.67 a 11.86 t en scoops y en los volquetes de 42.68 a 47.43 toneladas, en los escenarios de febrero a abril y del escenario de mayo respectivamente.
  
7. El grado de fragmentación (P80) promedio de los tajos Tj320 – Nv1850, Tj061C – Nv1650 y Tj 740 – Nv1650 y el optimizado en el Tj310 – Nv1650, fueron de 20.38, 13.34 y 34.91 pulgadas, considerando un promedio de 22.88 para la primera etapa de estudio (febrero a abril) y para el periodo optimizado el grado de fragmentación fue de 7.49 pulgadas, mejorando el factor de llenado en equipos de carguío en 72 % a 80 %.
  
8. La disminución del P80 (granulometría) de 22.88 a 7.49 pulgadas con una reducción de 15.39 pulgadas, permitió una mejora del factor de llenado de 72 % a 80 %, considerando una mejora del 8 %, esta mejora y control de la fragmentación incrementó la productividad horaria en equipos de carguío de

62.52 a 69.47 t/h con una mejora de 6.95 t/h. Asimismo, esta mejora influyó directamente en el rendimiento horario de los equipos de acarreo desde 36.65 a 40.72 t/h generando un incremento de 4.07 t/h.

9. De acuerdo a los estudios realizados en ambos periodos de análisis, considerando una disminución y control del P80 (granulometría) en 15.39 pulgadas y mejora del factor de llenado de 72 a 80 %, el que considera una mejora del rendimiento de los equipos de acarreo en 4.07 t/h, se redujo el costo unitario de acarreo de 0.22 a 0.18 \$/t con una disminución de 0.04 \$/t.
10. Finalmente, esta disminución del costo unitario se hubiera reducido durante el periodo de estudio de febrero a mayo en 2,228.25 \$, y durante el periodo de mayo se redujo en 1,172.76 \$.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir realizando estudios de análisis de la granulometría posvoladura en los diferentes frentes operacionales para mejorar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, con su consecuente reducción de costos unitarios.
2. Una vez definido el grado de fragmentación posvoladura realizar la influencia del mismo en el proceso de conminución (chancado y molienda), asociado al consumo de energía.
3. Se recomienda realizar un análisis de la capacidad real y capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo, para definir el óptimo de tonelaje cargado y acarreado.
4. Se recomienda relacionar los diferentes dominios geológicos (tipos de roca, alteración, densidad, índice de volabilidad, etc) y relacionar al grado de fragmentación posvoladura para la generación de programas de optimización y reducción de costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VÁSQUEZ, I. Evaluación del rendimiento de diferentes tipos de rodaduras para la optimización del ciclo de acarreo y transporte del material en tunelería. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Universidad San Carlos de Guatemala, 2013.
2. BARRANCO, J. Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Tolu viejo - Sucre. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Bocaya – Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017, 94 pp.
3. MANZANEDA, J. Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2015.
4. PIRCA, J. 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 de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
5. HUAROCC, P. Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.

## **ANEXOS**

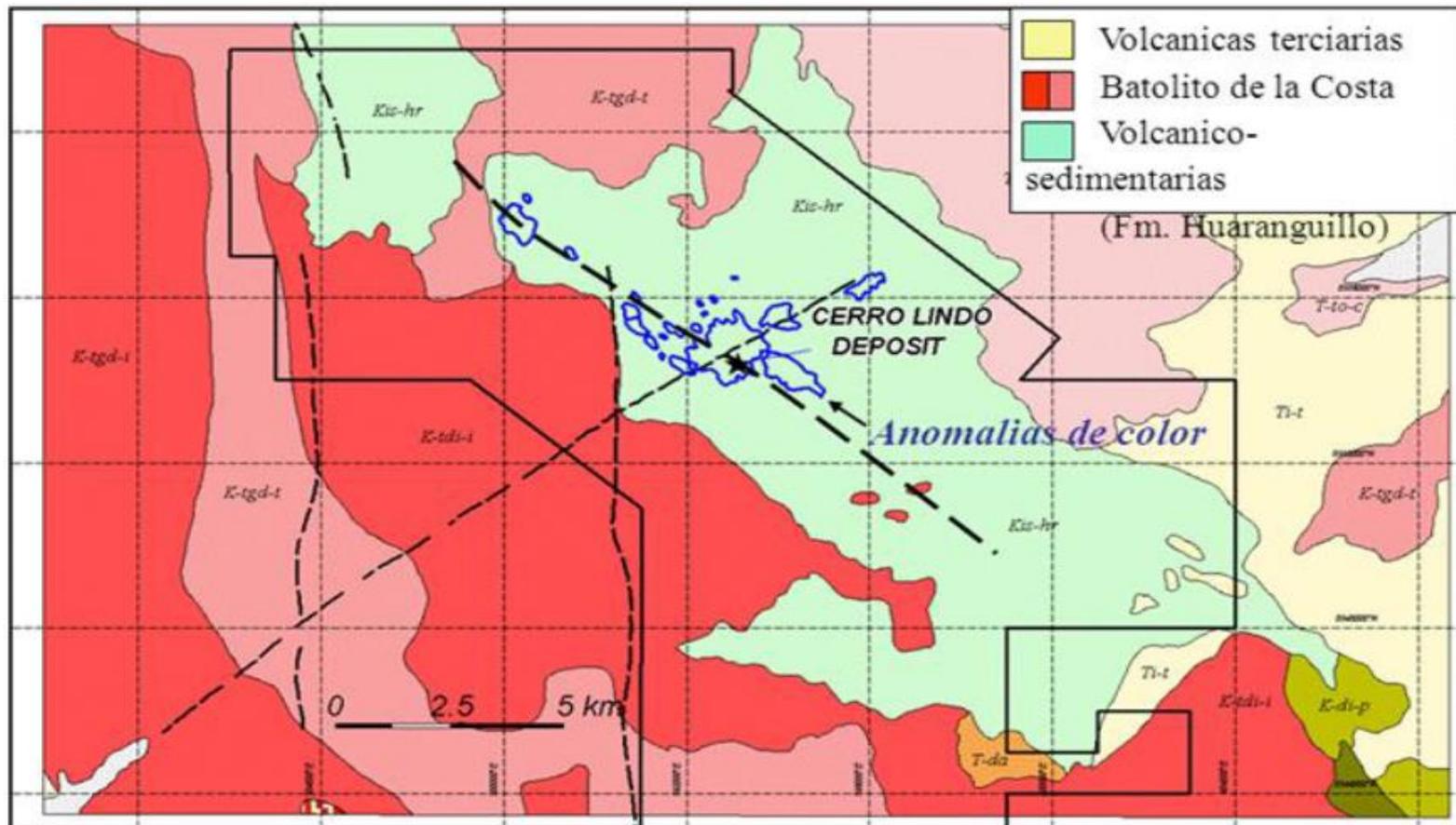
## Anexo 1

### Matriz de operacionalización de variables

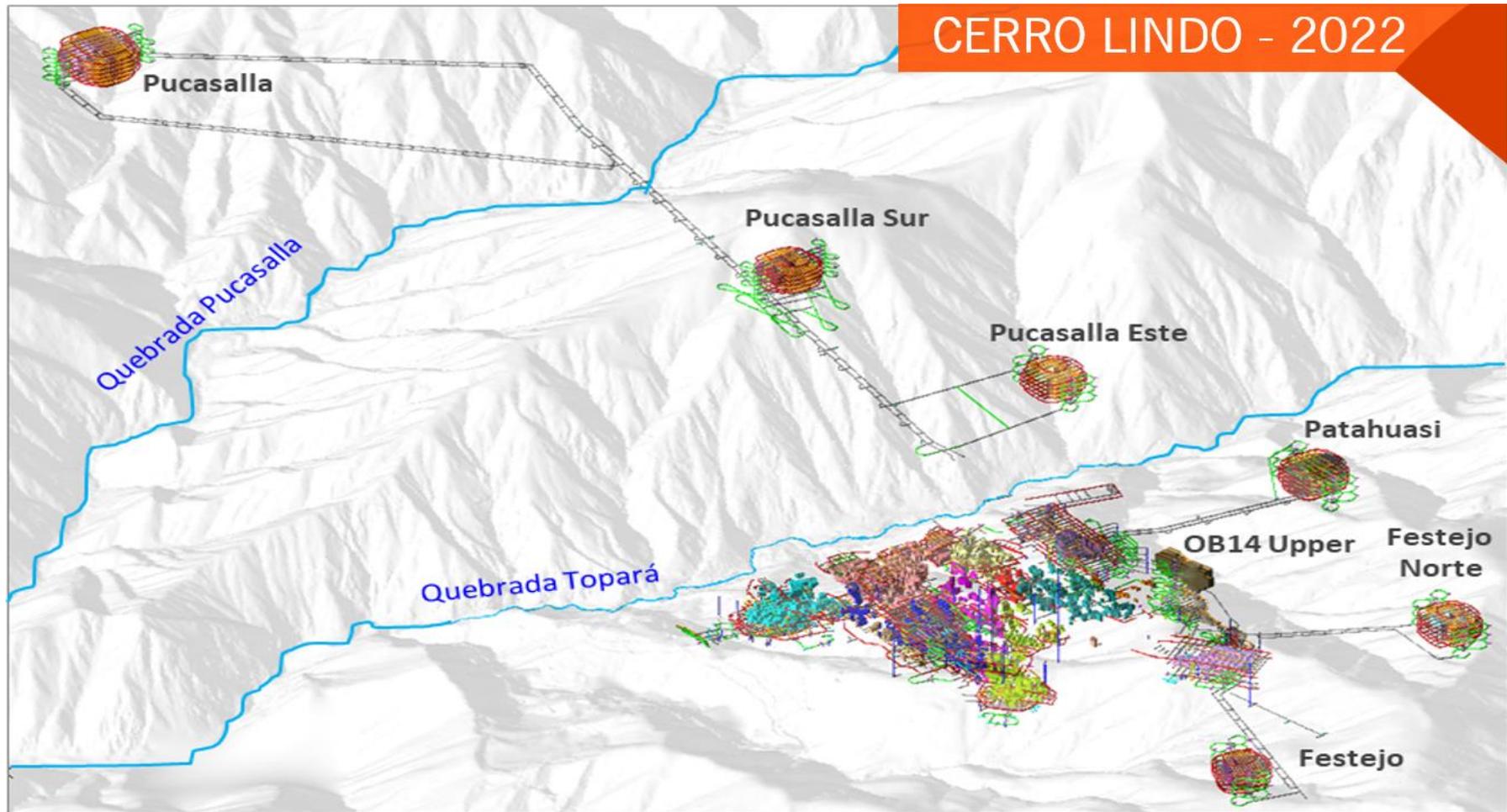
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub- Dimensiones	Indicadores
VI:  Reducción de costos de acarreo	La reducción de costos de acarreo es de vital importancia por el incremento de distancia y un menor rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, producto del grado de fragmentación post voladura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geológicos</li> <li>• Geomecánicos</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	Dominios geológicos  Dominios geomecánicos  Operacionales	Litología, alteración, mineralogía, etc.  Características físicas de la toca.  Tonelaje, leyes, costos de operación, etc.
VD:  Análisis de los indicadores de rendimiento en equipos de carguío y acarreo	Al determinar el análisis de las variables operacionales de relleno en pasta, en el método de minado sublevel stoping, permitirá el cumplimiento del plan de minado de corto plazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores operacionales de carguío y acarreo</li> <li>• Indicadores de rendimiento de equipos de carguío y acarreo</li> </ul>	Análisis del cumplimiento del plan de minado  Análisis de los indicadores de rendimiento de equipos de carguío y acarreo,	Tonelaje cargado y acarreado, distancia de acarreo, tiempo de ciclo, etc.  Capacidad efectiva, tiempo de ciclo de carguío y acarreo, disponibilidad, utilización, factor de llenado, etc.

## Anexo 2

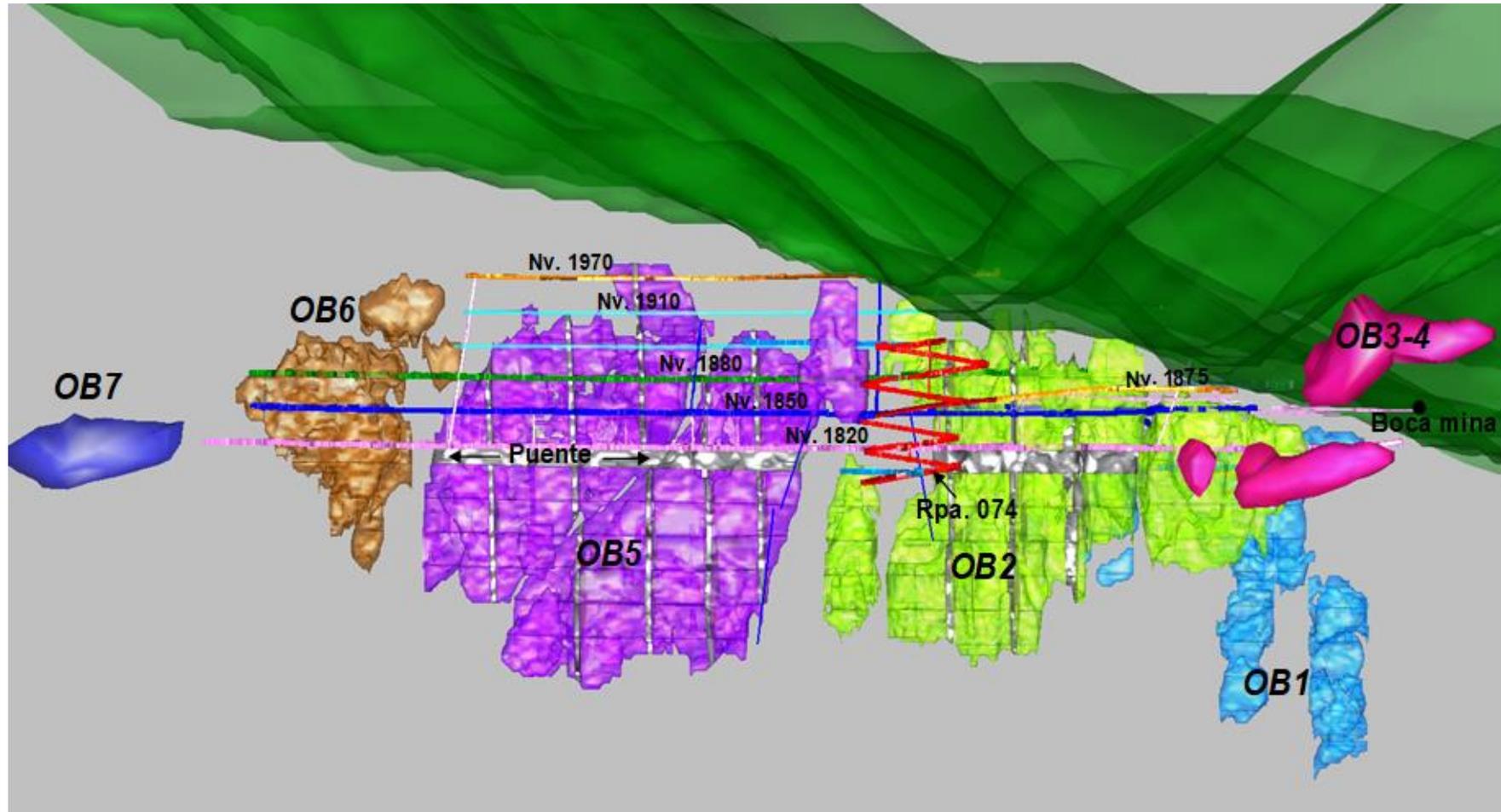
### Planos en planta y perfil



Plano geológico local de la unidad minera Cerro Lindo

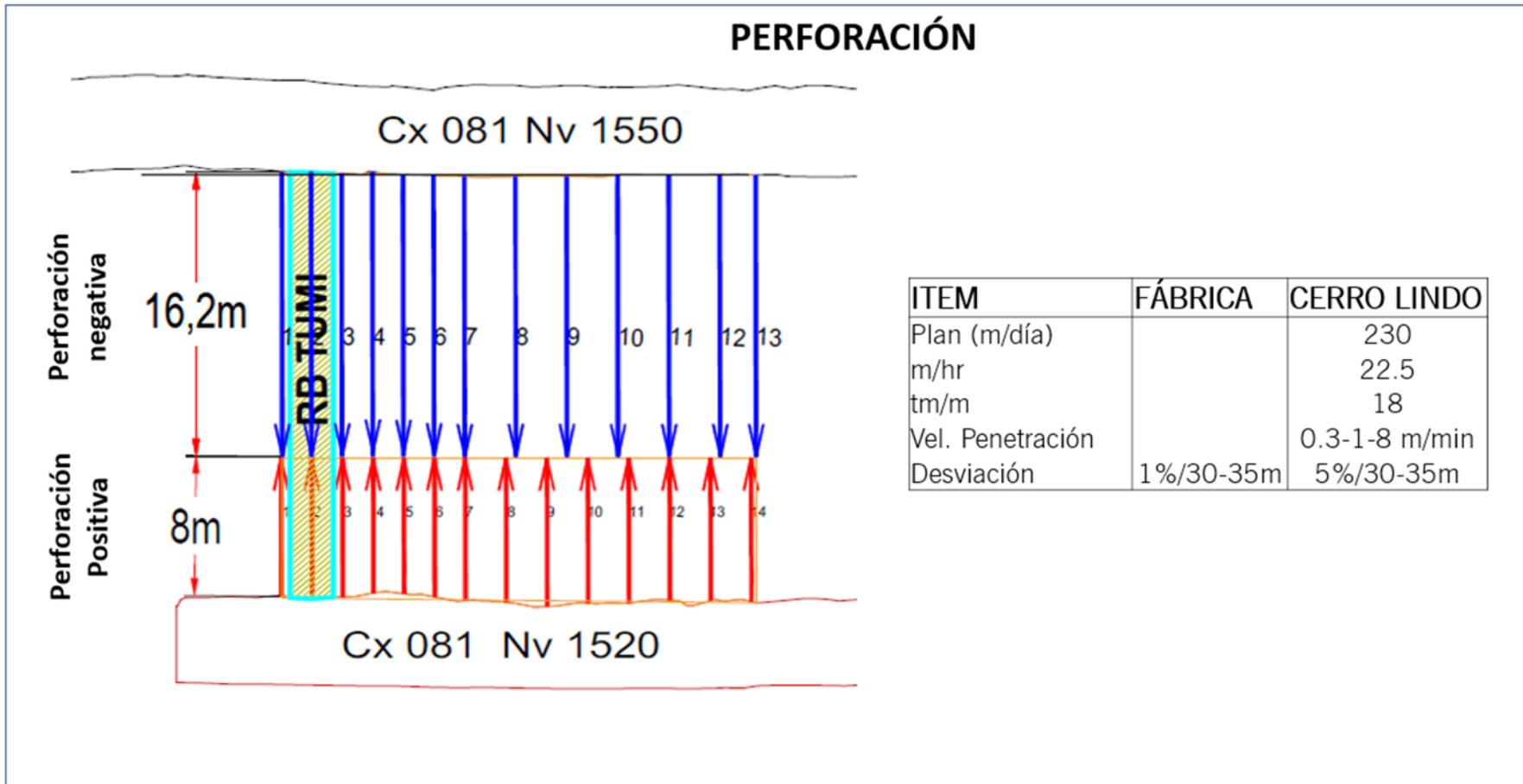


*Sectores de la unidad minera Cerro lindo*



*Perfil de operaciones, unidad minera Cerro lindo*

## PERFORACIÓN



*Consideraciones de perforación en Tj320 – Nv1550 – OB2*

## Anexo C

### Imágenes de tajos en evaluación



*Material post voladura Tj320-Nv1850*



*Material post voladura TJ061C-NV1650*



*. Material post voladura TJ740-NV1650*



*Material post voladura TJ310-NV1650*