

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Influencia de las variables operacionales en la pérdida  
de tiempo efectivo en equipos de acarreo para la  
mejora del rendimiento operacional en la empresa  
MCEISA, 2024**

Anderson Huillcas Juño  
Ronald Dante Rojas Flores

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 15 de Abril de 2025

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

**Título:**

"INFLUENCIA DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN LA PÉRDIDA DE TIEMPO EFECTIVO EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN LA EMPRESA MCEISA, 2024"

**Autores:**

1. ANDERSON HUILLCAS JUÑO – EAP. Ingeniería de Minas.
2. RONAL DANTE ROJAS FLORES – EAP. Ingeniería de Minas.

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

Atentamente,

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

**ASESOR**

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

0000-0002-3529-4454

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres: Víctor y Bertha, cuyo apoyo incondicional, tanto económico como emocional, fueron el pilar fundamental para culminar mi carrera universitaria. A lo largo de cada desafío, sus palabras de aliento y su confianza en mí me dieron la fuerza y motivación necesarias para alcanzar esta meta.

Anderson

En primer lugar, dedico esta tesis a Dios, por guiar mis pasos y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi carrera profesional. En segundo lugar, a mis padres, hermanas y seres queridos, quienes fueron fundamentales en mi formación como profesional, recibiendo de cada uno sus consejos, recomendaciones, las oportunidades y los recursos necesarios para culminar exitosamente mi carrera. Gracias familia Rojas.

Ronald

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros sinceros agradecimientos a nuestra alma mater: Universidad Continental.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.

A los docentes, que con sus enseñanzas nos prepararon para nuestra vida profesional.

Ronald y Anderson

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR -----	iv
DEDICATORIA -----	v
AGRADECIMIENTO -----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO -----	vii
ÍNDICE DE TABLAS -----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xi
RESUMEN -----	xiii
ABSTRACT -----	xiv
INTRODUCCIÓN -----	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO -----	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	16
1.1.1. Planteamiento del problema -----	16
1.1.2. Formulación del problema -----	17
1.2. Objetivos -----	17
1.2.1. Objetivo general -----	17
1.2.2. Objetivos específicos -----	17
1.3. Justificación e importancia -----	17
1.3.1. Justificación social - práctica -----	18
1.3.2. Justificación académica -----	18
1.4. Hipótesis de la investigación -----	18
1.4.1. Hipótesis general -----	18
1.4.2. Hipótesis específicas -----	18
1.5. identificación de las variables -----	19
1.5.1. Variable independiente -----	19
1.5.2. Variable dependiente -----	19
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables -----	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO -----	21
2.1 Antecedentes del problema -----	21
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	21
2.1.2 Antecedentes nacionales -----	22
2.2 Generalidades de la unidad minera -----	23
2.2.1 Ubicación de la mina -----	23
2.2.2 Accesibilidad a la unidad minera -----	24
2.3 Geología general del área de estudio -----	24
2.3.1 Geología local -----	24

2.3.2 Metalogénesis -----	27
2.4 Consideraciones operacionales -----	27
2.5 Bases teóricas del estudio -----	31
2.5.1 Parámetros operacionales -----	31
2.5.2 Parámetros de tiempos efectivos operacionales -----	32
2.5.3 Consideraciones de rendimiento de los equipos de carguío y acarreo -----	33
2.5.4 Consideraciones económicas -----	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	37
2.1 Método y alcances de la investigación -----	37
2.1.1 Método de la investigación -----	37
2.1.2 Alcances de la investigación -----	38
2.2 Diseño de la investigación -----	38
2.3 Población y muestra -----	38
2.3.1 Población -----	38
2.3.2 Muestra -----	38
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	38
2.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	38
2.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	40
4.1 Análisis de las actividades en equipos de carguío y acarreo -----	40
4.2 Análisis de parámetros operacionales en equipos de carguío y acarreo -----	59
4.3 Análisis económico del proceso de acarreo -----	68
4.4 Validación de la hipótesis -----	75
CONCLUSIONES -----	81
RECOMENDACIONES -----	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	84
ANEXOS -----	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	19
Tabla 2. Accesibilidad a la mina.....	24
Tabla 3. RMR de estructura y cajas .....	28
Tabla 4. Rendimientos de los equipos de perforación, carguío y acarreo.....	30
Tabla 5. Relación producción diario programado y real.....	31
Tabla 6. Análisis de costo de mina .....	35
Tabla 7. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de julio.....	41
Tabla 8. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de julio.....	42
Tabla 9. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de agosto.....	43
Tabla 10. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de agosto .....	44
Tabla 11. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de setiembre .....	45
Tabla 12. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de setiembre.....	46
Tabla 13. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de octubre .....	47
Tabla 14. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de octubre .....	48
Tabla 15. Resumen de pérdida de tiempo operacional, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	49
Tabla 16. Análisis de actividades de acarre mediante Pareto, mes de julio .....	50
Tabla 17. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes de julio.....	51
Tabla 18. Análisis de actividades de acarre mediante Pareto, mes de agosto.....	52
Tabla 19. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes de agosto.....	53
Tabla 20. Análisis de actividades de acarre mediante Pareto, mes de setiembre.....	54
Tabla 21. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes setiembre .....	55
Tabla 22. Análisis de actividades de acarre mediante Pareto, mes de octubre .....	56
Tabla 23. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes octubre .....	57
Tabla 24. Resumen de pérdida de tiempo operacional, volquete 12 m <sup>3</sup> .....	58
Tabla 25. Parámetros operacionales de carguío, mes julio .....	59
Tabla 26. Parámetros operacionales de carguío, mes agosto .....	60
Tabla 27. Parámetros operacionales de carguío, mes setiembre.....	61
Tabla 28. Parámetros operacionales de carguío, mes octubre .....	62
Tabla 29. Resumen parámetros operacionales de carguío, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	63
Tabla 30. Parámetros operacionales de acarreo, mes julio .....	64

Tabla 31. Parámetros operacionales de acarreo, mes agosto .....	65
Tabla 32. Parámetros operacionales de acarreo, mes setiembre .....	66
Tabla 33. Parámetros operacionales de acarreo, mes octubre.....	67
Tabla 34. Resumen parámetros operacionales de equipos acarreo .....	68
Tabla 35. Resumen capacidad efectiva de equipos carguío (scoops 4.2 yd <sup>3</sup> ) .....	73
Tabla 36. Resumen económico del proceso de acarreo .....	74
Tabla 37. Validación de la hipótesis: pérdida de tiempo operacional en scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	75
Tabla 38. Validación de la hipótesis: pérdida de tiempo operacional en volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	76
Tabla 39. Validación de la hipótesis: variables operacionales en scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	78
Tabla 40. Validación de la hipótesis: variables operacionales en volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	79
Tabla 41. Validación de la hipótesis: análisis económico del proceso de acarreo.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación.....	23
Figura 2. Geología regional .....	25
Figura 3. Sección longitudinal .....	26
Figura 4. Mineralización presente en el área de Huachocolpa.....	27
Figura 5. Zonificación geomecánica, zona yessica.....	28
Figura 6. Preparación del método bench and fill, etapa 1 a 4.....	29
Figura 7. Explotación del método bench and fill, etapa 5 a 7 .....	29
Figura 8. Estructura norma de Asarco .....	32
Figura 9. Cancha de mineral para su mezcla .....	34
Figura 10. Descarga de mineral con volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	34
Figura 11. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd <sup>3</sup> , mes de julio .....	42
Figura 12. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd <sup>3</sup> , mes de agosto .....	44
Figura 13. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd <sup>3</sup> , mes de setiembre .....	46
Figura 14. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd <sup>3</sup> , mes de octubre .....	48
Figura 15. Resumen pérdida de tiempo operacional, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	49
Figura 16. Diagrama de Pareto, volquete 12 m <sup>3</sup> , mes de julio.....	51
Figura 17. Diagrama de Pareto, volquete 12 m <sup>3</sup> , mes de agosto .....	53
Figura 18. Diagrama de Pareto, volquete 12 m <sup>3</sup> , mes de setiembre.....	55
Figura 19. Diagrama de Pareto, volquete 12 m <sup>3</sup> , mes de octubre .....	57
Figura 20. Resumen pérdida de tiempo operacional, volquete 12 m <sup>3</sup> .....	58
Figura 21. Resumen variables operacionales de carguío, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	63
Figura 22. Resumen variables operacionales de acarreo, volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	68
Figura 23. Mineral posvoladura, Tj 035-CM450-Nv 4100.....	69
Figura 24. Análisis granulometría, Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial .....	70
Figura 25. Perfil de la granulometría, Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial.....	70
Figura 26. Mineral posvoladura, Tj075-CM544-Nv4200.....	71
Figura 27. Análisis granulometría, Tj 075-CM544-Nv4200 .....	72
Figura 28. Perfil de la granulometría, Tj 075-CM544-Nv4200 .....	72
Figura 29. Resumen de capacidad efectiva, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	73
Figura 30. Resumen de análisis económico, proceso de acarreo .....	74
Figura 31. Validación pérdida tiempo operacional en equipos carguío, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	76
Figura 32. Validación pérdida tiempo operacional en equipos acarreo, volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	77
Figura 33. Validación variables operacionales en equipos carguío, scoops 4.2 yd <sup>3</sup> .....	78
Figura 34. Validación variables operacionales en equipos acarreo, volquetes 12 m <sup>3</sup> .....	79
Figura 35. Validación análisis económico, proceso de acarreo .....	80

Figura 36. Geología regional .....	87
Figura 37. Zonificación geomecánica, zona yessica .....	88
Figura 38. Preparación del método bench and fill, etapa 1 a 4. ....	89
Figura 39. Explotación del método bench and fill, etapa 5 a 7 .....	89
Figura 40. Perfil de la granulometría, , Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial.....	91
Figura 41. Perfil de la granulometría, Tj 075-CM544-Nv4200 .....	92

## RESUMEN

El desarrollo del trabajo de investigación consiste en analizar las diferentes actividades asociadas a las áreas unitarias de carguío y acarreo para identificar la pérdida de tiempo operacional y luego relacionarlas a los parámetros operacionales y económicos en el proceso de acarreo, durante los periodos de julio a agosto y de setiembre a octubre. El método aplicado es el inductivo – deductivo, donde se analiza las diferentes actividades operacionales que influyen en la pérdida de tiempo efectivo en las áreas operativas de carguío y acarreo, los que, a su vez, impactan en los parámetros operacionales y económicos para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA. El estudio considera el análisis de tres equipos de carguío o limpieza de marca Caterpillar R-1300G, scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> de capacidad y 12 equipos de acarreo Volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> de capacidad. Así mismo, para determinar la capacidad efectiva de los scoops y su influencia en el tonelaje acarreado se analizó el material posterior a la voladura de los Tj035-CM450-Nv4100 (periodo inicial) y Tj075-CM544-Nv4200. Las actividades que influyeron directamente en los procesos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 5,652.58 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 5,207.96 horas. La reducción de tiempo operacional en las actividades identificadas entre ambos periodos fue de 444.62 horas, siendo las actividades de: falta de operador y mantenimiento de vías, las que tuvieron incidencia y las cuales fueron corregidas. Las actividades que influyeron directamente en los procesos de acarreo (volquetes volvo 12 m<sup>3</sup>) generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 12,450.03 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 16,063.07 horas. La reducción de tiempo operacional en las actividades identificadas entre ambos periodos fue de 538.80 horas en la actividad falta de operador. Además, el incremento de horas operacionales en 3,613.04 horas fue producto de un mayor tonelaje acarrado en mineral y desmonte, como se observa en el presente estudio de 1,285.20 t a 1,351.88 t diarias, con un incremento de 66.88 t/día en mineral, durante los meses de setiembre y octubre. El incremento de los ingresos durante los periodos evaluados en 10.57 \$/t, con un mayor tonelaje acarreado diario de 25.17 t/día, producto de la reducción de la granulometría en 18.72 cm y mejora de la capacidad efectiva de 1.20 t/cuchara en scoops 4.2 yd<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** tonelaje procesado, granulometría, consumo energía, valor de mineral, rendimiento, P80, porcentaje pasante, etc.

## ABSTRACT

The development of the research work consists of analyzing the different activities associated with the loading and hauling unit areas, to identify the loss of operational time, and then relate them to the operational and economic parameters in the hauling process, during the periods from July to August and from September to October. The method applied is the inductive-deductive one, where the different operational activities that influence the loss of effective time in the loading and hauling operational areas are analyzed, which influence the operational and economic parameters, for the improvement of the operational performance of the company MCEISA. The study considers the analysis of 3 Caterpillar R-1300G brand loading or cleaning equipment, 4.2 yd<sup>3</sup> capacity scoops and 12 Volvo FMX hauling equipment with a capacity of 12 m<sup>3</sup>. Likewise, to determine the effective capacity of the scoops and their influence on the tonnage transported, the material after the blasting of the Tj035-CM450-Nv4100 (initial period) and Tj075-CM544-Nv4200 was analyzed. The activities that directly influenced the loading processes (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) generated operational time losses in the initial period (July and August) of 5,652.58 hours and for the improved period (September and October) of 5,207.96 hours. The reduction in operational time in the identified activities between both periods was 444.62 hours, with the following activities having an impact and being corrected: lack of operator and track maintenance. The activities that directly influenced the hauling processes (Volvo 12 m<sup>3</sup> dump trucks) generated operational time losses in the initial period (July and August) of 12,450.03 hours and for the improved period (September and October) of 16,063.07 hours. The reduction in operational time in the identified activities between both periods was 538.80 hours in the activity without operator. Likewise, the increase in operational hours of 3,613.04 hours was the result of a greater tonnage hauled in mineral and waste, as observed in the present study from 1,285.20 tons to 1,351.88 tons per day, with an increase of 66.88 tons/day in mineral, during the months of September and October. The increase in revenues during the evaluated periods was 10.57 US \$/ton, with a higher daily tonnage of 25.17 tons/day, due to the reduction in particle size by 18.72 cm and an improvement in the effective capacity of 1.20 tons/bucket in 4.2 yd<sup>3</sup> scoops.

**Keywords:** processed tonnage, particle size, energy consumption, mineral value, yield, P80, passing percentage, etc.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de las empresas de servicios en operaciones mineras es controlar la estructura de costos operacionales, maximizando y controlando los ingresos en los diferentes procesos unitarios de carguío o limpieza y de acarreo.

La empresa MCEISA, busca analizar el rendimiento operacional de los equipos a su cargo, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> y volquetes de 12 m<sup>3</sup>, por lo que analizará las diferentes actividades operacionales en las áreas de carguío y acarreo, identificando las que inciden en la pérdida de tiempo efectivo.

Se identifica y compara los parámetros operacionales en scoops y volquetes como número de cucharas y tiempo de carguío, así como el número de viajes, tiempo y tonelaje acarreado, considerando la distancia desde los diferentes frentes operacionales hasta los puntos de descarga en equipos de acarreo.

Uno de los parámetros para entender el tonelaje acarreado, es determinar y analizar la capacidad efectiva de los scoops de 4.2 yd<sup>3</sup>, los que incidirán en el tonelaje acarreado de 12 m<sup>3</sup>, por lo que se analizará el grado de fragmentación posterior a la voladura en los Tj035-CM450-Nv 4100 (periodo inicial) y Tj075-CM544-Nv 4200 (periodo mejorado).

El desarrollo del presente trabajo se realiza en cuatro capítulos. En el Capítulo I se describe el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos, describiendo la problemática a solucionar, considerando la mejora del rendimiento operacional en equipos de acarreo.

En el Capítulo II se detalla el marco teórico asociado al análisis de los parámetros operacionales y actividades asociadas a equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA. Asimismo, se describe las generalidades del área de estudio.

En el Capítulo III se detalla la metodología y diseño de investigación, considerando la población y muestra, los que estarán asociados a los scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> y volquetes volvo de 12 m<sup>3</sup> de la empresa MCEISA.

En el Capítulo IV se describe los resultados obtenidos y se valida las hipótesis planteadas como objetivos del presente trabajo.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La mejor rentabilidad de empresas de servicio relacionados a operaciones subterráneas es poder tener un buen sistema de gestión de los equipos de carguío y acarreo, considerando las óptimas horas efectivas operacionales. El presente estudio ayudará a realizar el análisis de los equipos de acarreo de la empresa MCEISA, analizando diferentes indicadores operacionales y determinar su influencia en el rendimiento operacional de la empresa. Dentro de los indicadores operacionales asociados a equipos de acarreo, se considera medir la pérdida de tiempo efectivo, y ver su incidencia en el rendimiento operacional.

La pérdida de tiempo en equipos de acarreo se verá afectado por el material posterior a la voladura acarreado, siendo estos el grado de fragmentación, densidad del material y factor de esponjamiento los que inciden en este proceso. El material posterior a la voladura varía de acuerdo a la variabilidad geológica y es un parámetro a tener en cuenta para analizar los diferentes KPIs en los procesos del ciclo de minado.

El análisis de tiempo efectivo en equipos de acarreo es dependiente del análisis de las diferentes actividades asociadas a este proceso unitario, considerando que actividades inciden en la pérdida de tiempo operacional como mantenimiento preventivo y correctivo, paradas de equipos por desgaste prematuro de componentes, falta de operador, falta de material, etc. estas actividades serán analizadas y determinar cuál de ellas inciden en la pérdida de tiempo operacional y así poder determinar los correctivos a realizar, mejorando las horas máquinas a trabajar.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo influye las actividades operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?
- b) ¿Cómo relacionar las variables operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?
- c) ¿Cómo influye el análisis de las variables operacionales con el tonelaje acarreado y su relación con los ingresos económicos para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) ¿Cómo influye las actividades operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?
- b) ¿Cómo relacionar las variables operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?
- c) ¿Cómo influye el análisis de las variables operacionales con el tonelaje acarreado y su relación con los ingresos económicos para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024?

## **1.3. Justificación e importancia**

La importancia del desarrollo de la presente tesis, cuyo objetivo es el cumplimiento del plan de producción programado, se encuentra en el análisis de las variables operacionales, en la pérdida de tiempo efectivo en los equipos de acarreo de la empresa MCEISA.

### **1.3.1. Justificación social - práctica**

El cumplimiento adecuado de los diferentes indicadores de productividad asociado a los equipos de carguío y acarreo ayudará a entender el comportamiento del uso efectivo de los equipos, considerando el adecuado tonelaje de mineral cargado y acarreado desde las diferentes cámaras de carguío o *draw points* hacia los puntos de descarga, incidiendo directamente en el rendimiento de los equipos.

La mejora en el tiempo efectivo en los procesos de carguío y acarreo contribuirá en la mejora del rendimiento operacional producto del control de las diferentes variables operacionales en scoops de 1.5 a 4.2 yd<sup>3</sup> y volquetes de 12 m<sup>3</sup>.

Esta mejora, permitirá realizar mejoras de inversión en proyectos productivos sostenibles en comunidades aledañas al proyecto minero, mejorando la gestión social planificada en el corto plazo.

### **1.3.2. Justificación académica**

Los resultados obtenidos en el presente estudio son producto del uso de diferentes formulismos para medir el rendimiento de los equipos de acarreo, así mismo se utiliza herramientas de gestión (Asarco) para medir la pérdida de tiempo operacional, considerando las horas efectivas en equipos de acarreo.

La mejora en el rendimiento operacional de equipos de acarreo permitirá determinar nuevos indicadores de rendimiento que será aplicado por investigadores como comparativo en estudios similares.

## **1.4. Hipótesis de la investigación**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Al realizar el análisis de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo, se influye en la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2024.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al determinar el análisis de las actividades operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo, se influye en la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2025.

- b) Al relacionar las variables operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo, se influye en la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2025.
- c) Al determinar el análisis de las variables operacionales con el tonelaje acarreado y su relación con los ingresos económicos, se influye en la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, 2025.

## 1.5. Identificación de las variables

### 1.5.1. Variable independiente

Mejora del rendimiento operacional en la empresa MCEISA.

### 1.5.2. Variable dependiente

Influencia de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo.

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI:				
Mejora del rendimiento operacional en la empresa MCEISA.	Uno de los objetivos en la buena gestión en la empresa MCEISA es controlar los diferentes parámetros operacionales de los equipos de carguío y acarreo.	• Dominios geológicos	Características del Yacimiento	Recursos, leyes, potencia, alteración, etc.
		• Dominios geomecánicos	Características macizo rocoso	Propiedades físicas: RMR, RQD, GSI, etc.
		• Operacionales	Características operacionales	Tonelaje, valor mineral, liquidaciones, etc.

VD:

Influencia de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en acarreo.	El análisis de la pérdida de tiempo efectivo en los procesos de carguío y acarreo considera la mejora del rendimiento de los equipos asociados a estos procesos, mejorando la rentabilidad de la empresa MCEISA.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Variables de gestión de carguío y acarreo.</li><li>• Variables técnicas Operacionales y económicos</li></ul>	Rendimiento	Tonelaje acarreado, grado fragmentación, densidad, capacidad efectiva, etc.	Análisis actividades carguío y acarreo, costo de acarreo, etc.
--	--	--	-------------	---	--

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

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

- ✓ Tesis titulada: *«Introducción de un LHD híbrido a la industria minera y sus posibilidades en el mercado chileno»*. La finalidad del trabajo de investigación fue comparar equipos LHD con el uso diesel e híbridos. El análisis fue realizado en el mercado de Chile, donde se analizó diferentes factores operacionales como rendimiento o productividad en operaciones mineras, mantenimiento y confianza, los que influyen en los costos operacionales. El estudio permitió observar un menor costo en mantenimiento de equipos LHD híbridos (eléctricos+híbridos) comparado con los convencionales (diesel). Los resultados obtenidos en el análisis comparativo indican una mejora con el uso de equipos híbridos, mejorando en su disponibilidad y utilización reduciendo el consumo y costo de combustible en un 30.0 %. Asimismo, el menor uso de combustible genera menor monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>), controlando la emisión de gases y mejorando la ventilación en diferentes frentes de operación (1).
  
- ✓ Tesis titulada: *«Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto»*. El objetivo del trabajo es la asignación adecuada de palas en un frente de producción que ayudará a la mejora del rendimiento de los procesos de carguío y acarreo. Los indicadores analizados fueron la disponibilidad mecánica y utilización que se relacionaron al diseño operacional de los bancos a minar., permitiendo una adecuada asignación de equipos de carguío y acarreo para el cumplimiento de los planes de minado. La evaluación permitió generar resultados positivos, definiendo una adecuada asignación de palas y camiones en los diferentes frentes de producción,

optimizando los tiempos de operación y reduciendo costos en el planeamiento de corto plazo (2).

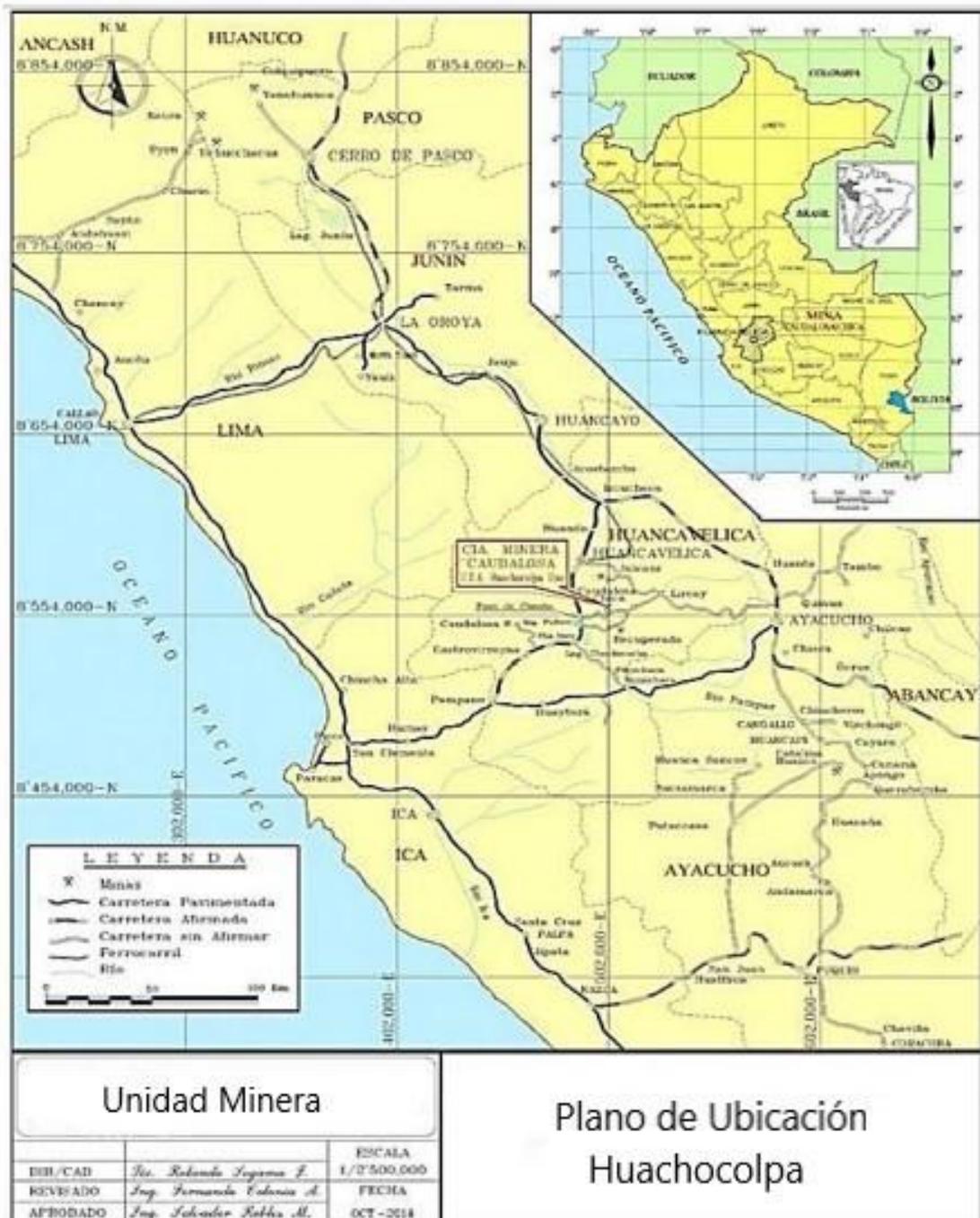
### 2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Elaboración, ejecución y seguimiento de un plan de minado de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial en Marcona - Ica – Perú*». El presente trabajo considera el cumplimiento adecuado del plan de minado en mineral tipo óxido mediante el análisis de equipos de acarreo. El análisis del estudio considera el uso adecuado de los equipos de acarreo, mediando la mejora de la gestión de los equipos de acarreo. Por tal motivo, la relación adecuada de los equipos de carguío relacionados a los equipos de acarreo permiten un adecuado *match factor* o factor de acoplamiento entre estos equipos. Los resultados positivos ayudaron a realizar una mejor gestión operacional permitiendo el cumplimiento de los planes de producción, así como el uso adecuado de los equipos de carguío y acarreo en la unidad minera (3).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Eficiencia de equipos scoop en el carguío y transporte en la unidad minera Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A.*». Considera el análisis de la productividad de scoops en el cuerpo mineralizado Catas. Los equipos de carguío analizados son de diferentes capacidades de 2.5, 3.5 y 4.1 yd<sup>3</sup> y tiene en cuenta el método de explotación *sublevel stoping*. Uno de los factores que incide en el rendimiento de los equipos de carguío (scoops) es el grado de fragmentación posterior a la voladura, siendo la variabilidad geológica un factor fundamental por su alto grado de fracturamiento (stock work) los resultados consideran la mejora de la disponibilidad de 74.50 a 78.50 %, la utilización de 63.76 a 67.26 %, con un incremento del rendimiento de 704.5 t/día a 926.8 t/día (4).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Chungar – mina Animón, 2023*». El estudio busca la reducción de costos en el proceso de acarreo relacionado al análisis de los parámetros operacionales y económicos. El estudio consideró el análisis de las principales actividades para medir la pérdida de tiempo operacional como reparto guardia, mantenimiento, falta equipo, falta de operador, etc., así mismo, se analizó los diferentes parámetros operacionales como el tonelaje, distancia de acarreo, número viajes/día, tiempos asociados, costos de acarreo, etc. Los resultados permitieron la optimización y reducción de tiempos de acarreo, así como los parámetros operacionales mediante la reducción de la granulometría de 191 cm a 24 cm, mejorando la capacidad efectiva y tonelaje acarreado (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera

### 2.2.1 Ubicación de la mina

La unidad minera se ubica en la cordillera occidental, flanco este a una altura promedio de 4500 m s. n. m., en el distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica y coordenadas UTM: 8' 554,700N - 502,200E.



*Figura 1. Plano de ubicación Tomada del Área de Planeamiento*

## 2.2.2 Accesibilidad a la unidad minera

**Tabla 2. Accesibilidad a la mina**

Tramo	Dist (km)	Tiempo (h)	Condiciones
Lima – Huaytará – unidad minera	447	9:35	Asfaltada - afirmada
Lima – Huancavelica – unidad minera	567	12:15	Asfaltada - afirmada

*Tomada del Área de Planeamiento*

## 2.3 Geología general del área de estudio

### 2.3.1 Geología local

La unidad minera se emplaza en un rocas volcánicas del Terciario y rocas sedimentarias del Jurásico, los cuales fueron cortados o intruidos por fases magmáticas.

La fase volcánica está asociada a la formación Caudalosa, compuesta por lavas andesíticas, brechas y aglomerados volcánicas. La fase sedimentaria está relacionada a calizas del grupo Pucará.

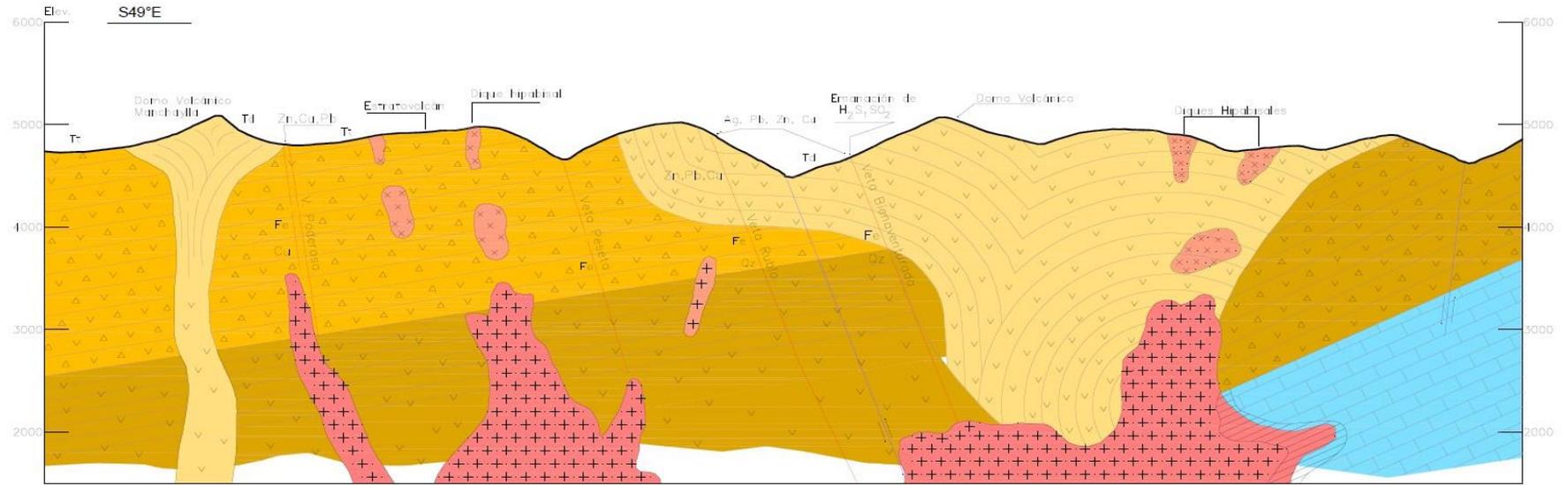
La mineralización presente en el área de estudio considera ambientes epitermales en rocas volcánicas con vetas polimetálicas de Pb, Zn, Ag y Cu. Así mismo, otros ambientes mineralizados asociados a zonas de metasomatismo de contacto polimetálicos (skarn).

La mineralización en el ambiente volcánico considera su origen hidrotermal (vetas) con rumbos promedios de N65°E, con buzamiento de 65° al SE y un rango de potencia de 1 a 4.5 m.

La alteración hidrotermal presente está asociada a los ambientes epitermales del tipo propilíticos, así como alteraciones supérgenas, relacionando en diferentes intensidades de alteración en las estructuras mineralizantes, siendo la veta Bienaventurada la estructura principal.

Finalmente, la fase magmática presente en el área de estudio, está asociada a granodiorita y dacita (2 a 9 ma), los que intruyeron las fases volcánicas y sedimentarias, formando en algunos sectores de metasomatismo de contacto con mineralización y sin mineralización (estériles).





**LEYENDA**

-  DACITA PORFIRÍTICA
-  GRANODIORITA
-  ESTRATO VOLCANICO
-  DOMO VOLCÁNICO
-  CALIZAS
-  ZONA ALTERACIÓN

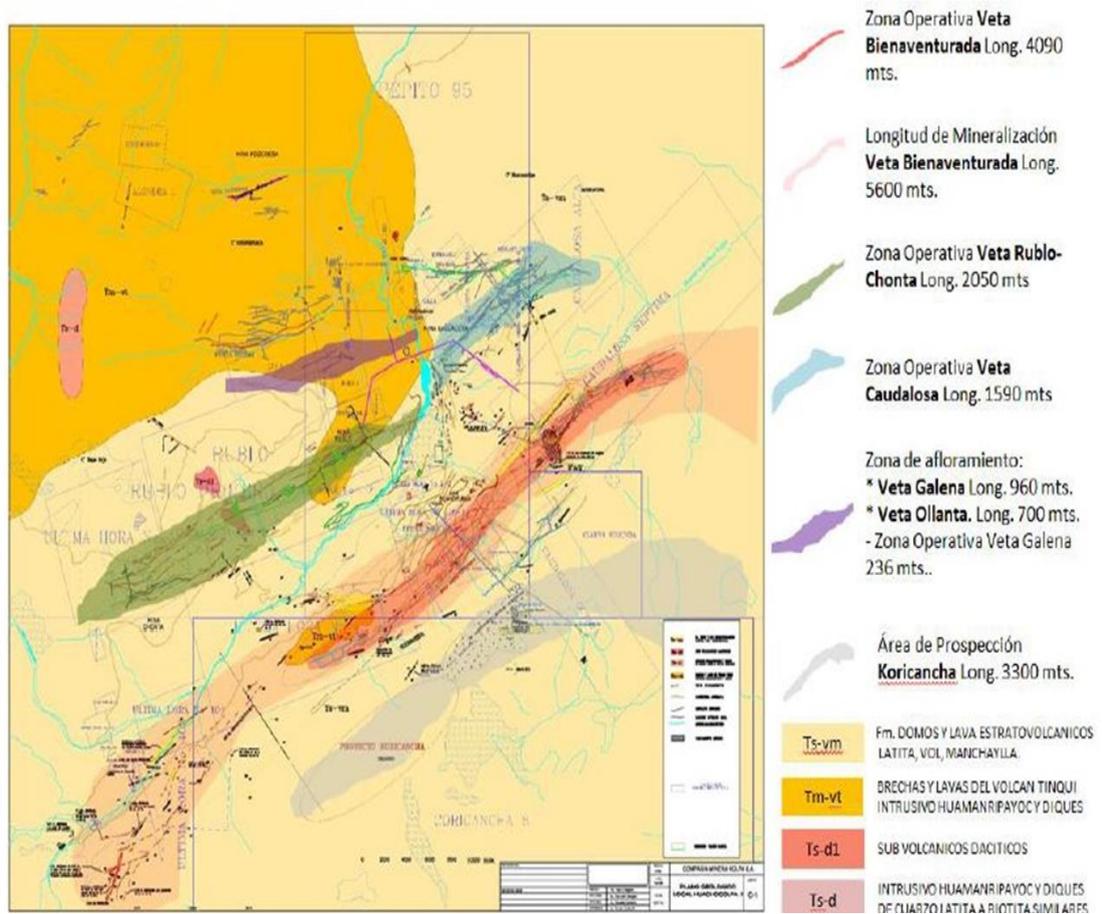
**SECCIÓN HUACHOCOLPA - HUANCAVELICA**



*Figura 3. Sección longitudinal Tomada del Área de Geología*

### 2.3.2 Metalogénesis

La mineralización principal en el área de estudio es del tipo epitermal (vetas) emplazados en rocas volcánicas del terciario (andesitas) de Pb, Zn, Ag y Cu formando vetas o relleno de estructuras tipo rosario, con afloramientos entre 800 a 1000 m, siendo las estructuras principales: Elizabet, Bienaventurada y Jessica. Las estructuras asociadas a zonas de metasomatismo de contacto (skarn) se presentan con mineralización marginal o estériles.



**Figura 4. Mineralización presente en el área de Huachocolpa Tomada del Área de Geología**

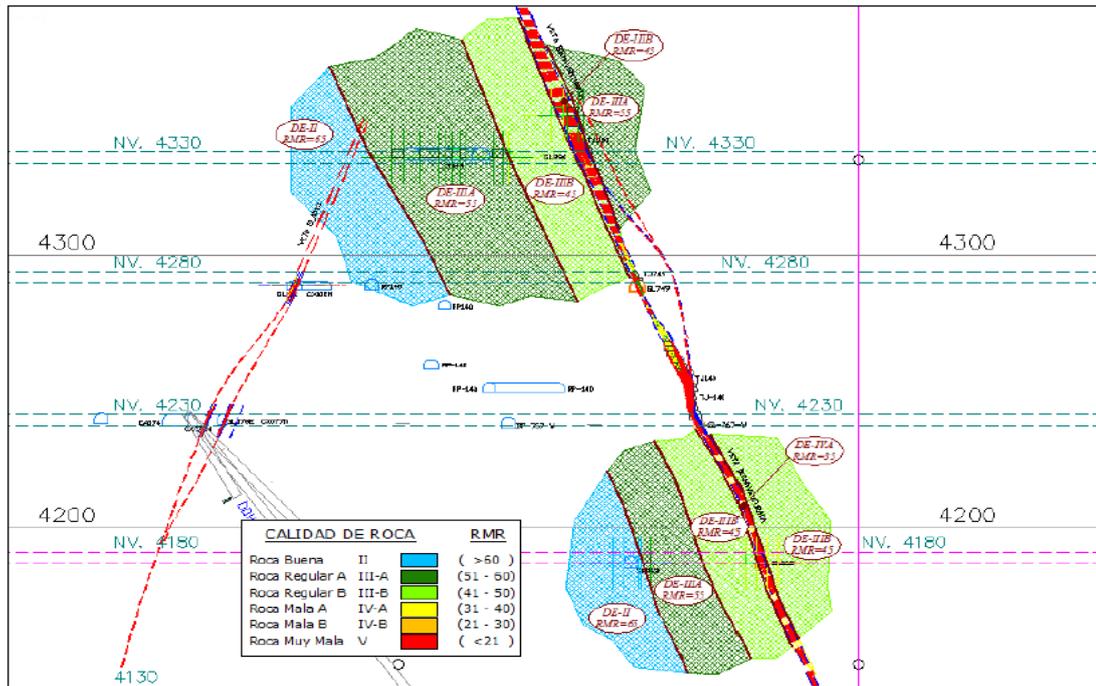
### 2.4 Consideraciones operacionales

En base a los estudios realizados de los dominios geomecánicos, mapeados en los diferentes frentes de operación por estructura mineralizada, se clasificaron los métodos de minado de corte y relleno ascendente y métodos con taladros largos. El RMR observado en las estructuras mineralizadas varían en el rango de 24 a 54, siendo los valores de la caja piso con un RMR de 25 a 52 y en la caja techo con un RMR de 23 a 56.

**Tabla 3. RMR de estructura y cajas**

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

*Tomada del Área de Geomecánica*



**Figura 5. Zonificación geomecánica, zona yessica.**  
*Tomada del Área de geomecánica*

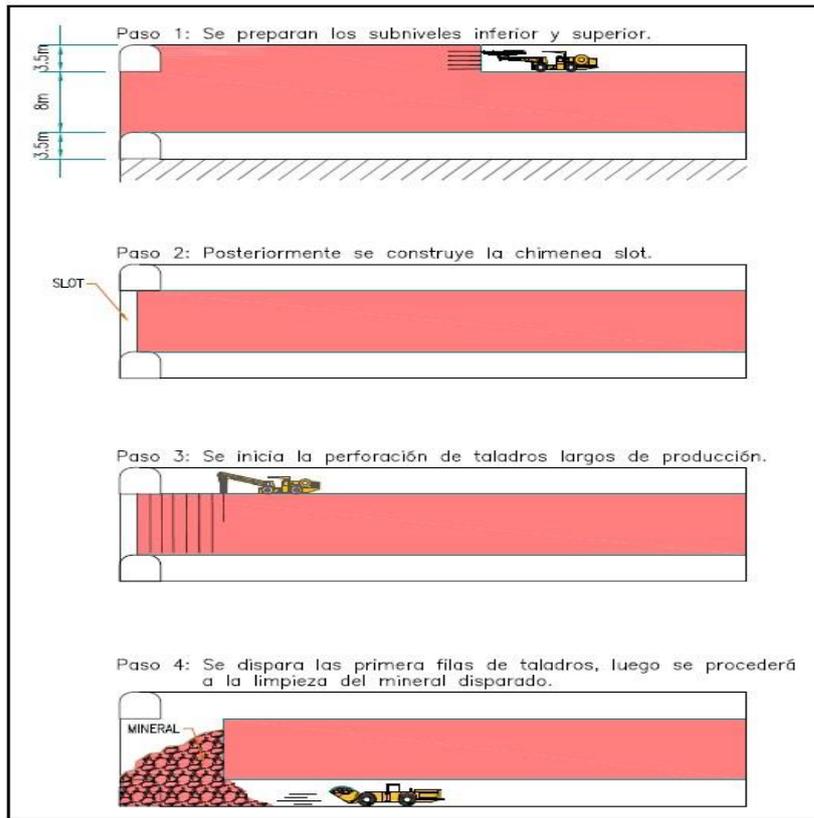
La calidad de la masa rocosa en las cajas inmediatas (techo y piso) varía entre Regular B (IIIB) y Regular A (IIIA) y a medida que se aleja de la veta, la calidad mejora.

En el mineral, la calidad varía de Mala A (IVA) a Regular B (IIIB).

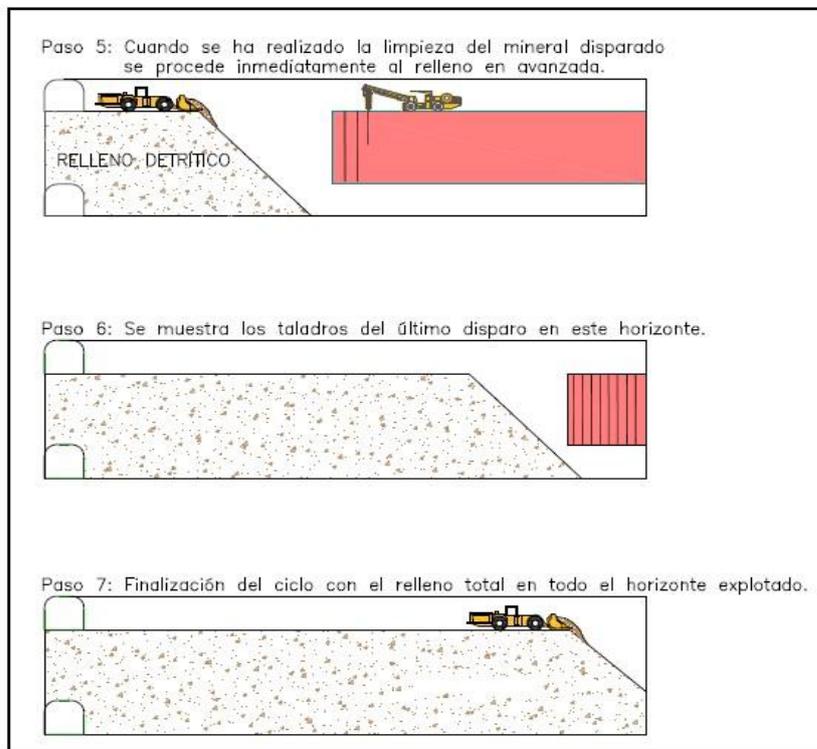
La calidad de la masa rocosa de las cajas alejadas varía de Regular A (IIIA) hasta Buena (II), siendo más homogéneo hacia la caja piso.

a) Método de minado

Las condiciones geomecánicas presentes en las diferentes estructuras mineralizadas, considera la clasificación del método de minado: *cut and fill* y *bencha and fill* con taladros largos.



**Figura 6. Preparación del método bench and fill, etapa 1 a 4. Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 7. Explotación del método bench and fill, etapa 5 a 7 Tomada del Área de Planeamiento**

Los tajeos tiene dimensiones de 200 x 400 m, la altura varía de 50 x 100 m, con perforaciones de taladros largos entre 8 a 10 m, los que varían de acuerdo con las propiedades del macizo rocoso.

Los cruceros son de 3.0 x 3.0 m., con ventanas base de 3.0 x 3.0 x 8.0 m., el ore pass de sección 1.80 x 1.80 m., con longitudes entre 45.0 a 90.0 m., y finalmente el relleno utilizado se considera el detrítico y el relleno hidráulico de acuerdo con los dominios geomecánicos observados. Los equipos de limpieza consideran scoops 1.5 a 4.2 yd<sup>3</sup>, y el acarreo o transporte de mineral y desmonte es con volquetes de 12 m<sup>3</sup>.

Los indicadores de rendimiento en los equipos en general consideran una utilización 47 % y la disponibilidad 86 %, con 9.8 h operacionales.

**Tabla 4. Rendimientos de los equipos de perforación, carguío y acarreo**

DISPONIBILIDAD - UTILIZACION EQUIPOS TRACKLES							
EQUIPO	HR INICIAL	HR FINAL	HORAS TRABAJADAS	HORAS PROGRAMADAS	% Dis Mec Ejec	% Utilizacion	COMENTARIO
SCO-01	8.781.0	8.853.0	72.0	140.0	85	51	SE REALIZO EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 125 SE CAMBIO CILINDRO DE DIRECCION SE CAMBIO ESPARRAGOS DE RUEDA POSTERIORES <b>PENDIENTE:</b> CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL DIRECCION Y BARRENADO DE LA ARTICULACION CENTRAL.
SCO-02	7.062.0	7.135.0	73.0	140.0	82	52	SE REALIZO EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 1000 PRESENTO FALLAS ELECTRICAS CON EL ARRANQUE DIESEL <b>PENDIENTE:</b> CORREGIR EL EXCESO DE HUMO CAMBIAR LOS INYECTORES, TURBO Y RADIADOR POR RECALENTAMIENTO DE MOTOR DIESEL.
SCO-03	5.539.0	5.633.0	94.0	140.0	88	67	SE REALIZO INGRASE E INSPECCION GENERAL <b>PENDIENTE:</b> REPARACION Y CAMBIO DE LA CUCHARA
SCO-04	1.807.0	1.852.0	45.0	140.0	84	32	SE REALIZO EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 250 PRESENTO FUGA DE ACEITE HYD POR EL PEDAL DE FRENO ROTACION DE LLANTAS P3 P4 PRESENTO FALLAS ELECTRICAS CON LA MARCHA
SCO-05	1.483.0	1.542.0	59.0	140.0	85	42	PRESENTO FALLAS ELECTRICAS CON EL ARRANQUE DIESEL SE CAMBIO BATERIAS CAMBIO DE NEUMATICOS DELANTEROS <b>PENDIENTE:</b> CAMBIAR LAS LLANTAS POSTERIORES
SCO-06	10,652.8	10,735.0	82.2	140.0	86	59	SE REALIZO INGRASE E INSPECCION GENERAL <b>PENDIENTE:</b> REPARACION DE LA ARTICULACION CENTRAL POR RAJADURA
DUM-01	5,674.0	5,764.0	90.0	140.0	88	64	SE REALIZO INGRASE E INSPECCION GENERAL <b>PENDIENTE:</b> CAMBIAR LAS LLANTAS POSTERIORES ESTAN DESGASTADAS
RAP-MCEISA	5621.0	5665.0	44.0	140.0	86	31	PRESENTO FALLAS ELECTRICAS EN EL ARRANQUE ELECTRICO SE CAMBIO VALVULA REGULADOR DE AVANCE, SLIMBAR Y MAGUERAS HYD PRESENTO FALLAS ELECTRICOS <b>PENDIENTE:</b> CAMBIO DE LA PERFORADORA, CILINDRO DE TECHO
RAP-01	2043.0	2126.1	83.1	140.0	85	59	SE REPARO LA CAÑERIA DE LA UNIDAD DE GIRO CON TRABAJOS DE SOLDADURA CAMBIO DE MANGUERAS HYD, SHANK, VALVULA CHECK PRESENTO FALLAS ELECTRICOS
MUKI FF-01	2428.0	2472.0	44.0	140.0	87	31	PRESENTO PROBLEMAS ELECTRICOS CON EL CABLE 440V
MUKI LH-02	1704.0	1742.0	38.0	140.0	86	27	SE CAMBIO MORDAZA DEL CILINDRO BULL PRESENTO FALLAS ELECTRICAS EN MOTOR ELECTRICO.
				PROMEDIO	86	47	

*Tomada del Área de Planeamiento*

## 2.5 Bases teóricas del estudio

Para determinar la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo, se considera el análisis de las actividades asociadas a los equipos de carguío con 3 scoops Caterpillar R-1300G de 4.2 yd<sup>3</sup>, determinando la pérdida de tiempo operacional, afectando el tiempo programado. Asimismo, el análisis en los equipos de acarreo con 12 volquetes Volvo FMX 12 m<sup>3</sup>, consideran el tonelaje acarreado durante los periodos mayo a julio, identificando su distancia asociada con el tiempo de acarreo.

También para determinar el rendimiento de los equipos de acarreo, se considera evaluar con el grado de fragmentación de las diferentes cámaras de carguío (draw points) y su relación con su capacidad efectiva y su costo asociado, durante los periodos de julio, agosto, setiembre y octubre.

### 2.5.1 Parámetros operacionales

Para entender la influencia de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo para la mejora del rendimiento operacional en la empresa MCEISA, se considera analizar el tonelaje diario acarreado y su influencia en sus leyes y valor de mineral.

**Tabla 5. Relación producción diario programado y real**

RELACION PRODUCCIÓN PROGRAMADO - REAL																
PERIODO 2023																
MES	PROGRAMADO DIARIO						REAL - DIARIO						CUMPLIMIENTO			
	Tms (Cabeza)	Ley Ag (Oz)	Ley Pb (%)	Ley Cu (%)	Ley Zn (%)	VPT (US\$/TM)	Tms (Cabeza)	Ley Ag (Oz)	Ley Pb (%)	Ley Cu (%)	Ley Zn (%)	VPT (US\$/TM)	Tms (%)	VPT (%)	Tms (Cabeza)	VPT (US\$/TM)
ENERO	896.72	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,018.99	1.10	1.65	0.12	1.91	70.89	113.63%	51.33%	122.27	-67.21
FEBRERO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,399.79	0.81	1.56	0.13	1.89	65.40	78.05%	47.36%	-393.65	-72.69
MARZO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	984.71	2.77	2.98	0.19	2.15	133.00	54.91%	96.31%	-808.74	-5.09
ABRIL	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,559.89	3.26	3.22	0.18	1.92	140.24	86.98%	101.56%	-233.56	2.15
MAYO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,732.81	3.58	3.43	0.19	1.84	147.82	96.62%	107.05%	-60.63	9.73
JUNIO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,728.86	3.18	3.21	0.20	1.89	139.11	96.40%	100.74%	-64.58	1.02
JULIO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,742.99	3.33	3.61	0.22	2.01	150.07	97.19%	108.67%	-50.46	11.98
AGOSTO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,715.18	3.34	3.41	0.21	1.89	144.54	95.64%	104.67%	-78.26	6.45
SEPTIEMBRE	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,587.91	3.34	3.54	0.20	2.07	149.82	88.54%	108.49%	-205.53	11.73
OCTUBRE	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,593.99	3.86	4.11	0.24	1.94	165.94	88.88%	120.16%	-199.45	27.84
NOVIEMBRE	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,594.94	3.04	3.29	0.22	1.94	139.38	88.93%	100.93%	-198.50	1.29
DICIEMBRE	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,508.83	3.34	3.75	0.23	1.80	149.21	84.13%	108.05%	-284.61	11.11
PROMEDIO DIARIO	1,793.44	2.97	3.18	0.19	2.08	138.09	1,514.07	2.91	3.15	0.19	1.94	132.95	89.16%	96.28%	-279.37	-5.14

#### Tomada del Área de Planeamiento

Durante el periodo 2023, se considera una producción promedio diario programado de 1,793.44 t/día y un ejecutado de 1,514.07 t/día y un nivel de cumplimiento del 89.16 %, así mismo, el valor de mineral considerando ambos escenarios programado y ejecutado fue de 138.09 \$/t y 132.95 \$/t respectivamente, con un nivel de cumplimiento del 96.28 %.

Los niveles de cumplimiento se consideran en producción del 89.16 % o un déficit de 279.37 t/día y del valor de mineral en 96.28 % o un menor valor de mineral en 5.14 \$/t diario.

Estos menores niveles de cumplimiento en producción y valor de mineral generan una menor rentabilidad operacional, por lo que se plantea el presente estudio para analizar las variables operacionales en la pérdida de tiempo en procesos de carguío y acarreo.

### 2.5.2 Parámetros de tiempos efectivos operacionales

Para determinar el análisis de la pérdida de tiempos operacionales en los procesos de carguío y acarreo, se considerará analizar las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío, considerando el análisis de tiempos mediante la norma de Asarco, durante los periodos de estudio.



*Figura 8. Estructura norma de Asarco  
Tomada del curso Proyectos en Ingeniería de Minas I, Universidad Continental*

La norma Asarco (American Smelting & Refining Co), considera el marco de referencia para definir actividades y distribución de tiempos que desarrollan los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) y equipos de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>). La definición de la estructura de la norma de Asarco considera:

- a) Tiempo cronológico: considera las 24 horas cronológicas.
- b) Horas inhábiles: está asociado a pérdidas de tiempo por condiciones de la naturaleza que no son medibles como: terremotos, maremotos, etc.
- c) Horas hábiles: está asociado a los siguientes ítems.
  - Horas de mantenimiento: considera el mantenimiento preventivo y correctivo.
  - ✓ Preventivo: es el tiempo que se programa para un mantenimiento programado de todos los equipos.
  - ✓ Correctivo: asociado al uso del equipo y la influencia que se genera producto de la operación como sobre carga de material y desgaste prematuro de los componentes mecánicos y eléctrico de los equipos de carguío y acarreo.

- Horas de reserva: está asociado a la pérdida de tiempo considerando que el equipo está en condiciones óptimas de ser operado como: almuerzo o cena, reasignación de equipos programados cuando falla alguno de ellos, etc.
- Horas operacionales: considera horas de pérdida operacional y horas efectivas operacionales.
- ✓ Horas de pérdida operacional: considera la pérdida de tiempo en las diferentes actividades asociadas a los equipos de carguío y acarreo, considerando actividades desde reparto de guardia hasta finalizar la guardia, considera: falta operador, falta carga, tiempo de carguío, tiempo acarreo, velocidad de acarreo, etc.
- ✓ Horas efectivas operacionales: Considera el tiempo efectivo descontando las horas de mantenimiento, horas de reserva y horas de pérdida de tiempo operacional.

Para determinar el tiempo efectivo en equipos de acarreo se analizará las diferentes actividades en los procesos de carguío y acarreo considerando el uso de la norma de Asarco

### 2.5.3 Consideraciones de rendimiento de los equipos de carguío y acarreo

Para determinar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, es necesario entender el comportamiento de la capacidad efectiva de los equipos de carguío y su influencia en el tonelaje acarreado, por lo que es necesario entender el comportamiento de las variables operacionales que influyen en la capacidad efectiva, por lo que se considera el siguiente modelo numérico:

$$\text{Capacidad efectiva (Cef)} = \frac{(\text{Capacidad nominal} \times \text{densidad material} \times \text{factor de llenado})}{(1 + \text{factor de llenado})}$$

Donde:

Capacidad efectiva: toneladas

Capacidad nominal: m<sup>3</sup>

Factor de llenado (granulometría): %

Factor de esponjamiento: %

a) Factor de llenado - granulometría:

Considera el análisis de la granulometría posterior a la voladura de los diferentes tajos asociados en el presente estudio, el cual determinará su relación con el P80 (cm) y su incidencia con la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>).

La determinación de la capacidad efectiva en scoops de 4.2 yd<sup>3</sup>, variará de acuerdo con los resultados de la voladura y estos dependerán de las condiciones de diseño de malla de

perforación y voladura asociado a la variabilidad de los dominios geomecánicos y geológicos, afectando el tonelaje acarreado en los volquetes de 12 m<sup>3</sup>.



*Figura 9. Cancha de mineral para su mezcla  
Tomada de cancha de mineral*



*Figura 10. Descarga de mineral con volquetes 12 m<sup>3</sup>  
Tomada de cancha de mineral*

El rendimiento de los equipos de acarreo considera la granulometría posvoladura como parámetro esencial, así como la densidad de material y factor de esponjamiento, todos ellos se

relacionarán con el tonelaje acarreado, generando diferentes rendimientos de acuerdo con la variabilidad geomecánica y geológica, y a su distancia desde los puntos de carguío (cámaras de carguío o draw points) hasta la cancha de mineral para su mezcla respectiva.

## 2.5.4 Consideraciones económicas

El tonelaje programado promedio mensual durante el periodo 2023 fue de 1,750 t/día, siendo el ejecutado de 1,720 t/día, así mismo el tonelaje procesado programado fue de 1,823 t/día y el tonelaje procesado ejecutado fue de 1,739 t/día.

El menor tonelaje producido y procesado influye directamente en la rentabilidad económica de la unidad minera. Así mismo, considerando el menor tonelaje producido influirá en los costos unitarios asociados al área de mina, como el de transporte o acarreo.

**Tabla 6. Análisis de costo de mina**

ANÁLISIS COSTO DE MINA PROMEDIO - MES							
PERIODO: 2023							
	Ejecutado		Presupuesto		Eje - Pre	Var. (%)	
<b>TM EXTRAIDAS</b>	<b>51,577</b>		<b>52,500</b>		- 923	-2%	
Rotura Mineral (Corte & Relleno)	9,645		14,600		- 4,955	-34%	
Rotura Mineral (Taladros Largos)	20,407		15,500		4,907	32%	
Glory Hole	10,650		10,650		-	0%	
Mineral Avance	10,874		11,750		- 876	-7%	
<b>TM TRATADAS</b>	<b>52,170</b>		<b>54,700</b>		- 2,530	-5%	
PROMEDIO: MENSUAL							
Proceso	PROMEDIO: MENSUAL		Ppto (0+12)		Monto (US\$)		
	M_E (\$)	C.U._E (\$/TM)	M_P (\$)	C.U._P (\$/TM)	Eje - Pre	Var. (%)	
<b>Cierre de Mina</b>	<b>39,381</b>	<b>0.76</b>	<b>40,000</b>	<b>0.76</b>	- 619	-2%	
<b>Desarrollo</b>	<b>571,269</b>	<b>11.08</b>	<b>596,051</b>	<b>11.35</b>	- 24,782	-4%	
Metros de Avance - Operación	469		710		-241		
C/Unitario US \$	1219		840		379		
<b>Inversión</b>	<b>108,857</b>	<b>2.11</b>	<b>214,374</b>	<b>4.08</b>	- 105,516	-49%	
Metros de Avance - Inversión	79		220		-141		
C/Unitario US \$	1381		974		407		
<b>Preparación</b>	<b>822,131</b>	<b>15.94</b>	<b>596,488</b>	<b>11.36</b>	225,643	38%	
Metros de Avance - Preparación	1,127		670		457		
C/Unitario US \$	730		890		-161		
<b>Total (Desarrollo, Inversión y Preparación)</b>							
Metros Total (Preparación, Inversión y Preparación)	1,674		1,600		74		
C/Unitario US \$	897		879		18		
<b>Glory Hole</b>	<b>187,860</b>	<b>3.64</b>	<b>84,612</b>	<b>1.61</b>	103,247	122%	
<b>Bombeo y Drenaje</b>	<b>153,773</b>	<b>2.98</b>	<b>70,471</b>	<b>1.34</b>	83,303	118%	
<b>Servicios Mina</b>	<b>70,544</b>	<b>1.37</b>	<b>87,606</b>	<b>1.67</b>	- 17,062	-19%	
<b>Taladros Largos</b>	<b>326,041</b>	<b>6.32</b>	<b>276,189</b>	<b>5.26</b>	49,852	18%	
<b>Extracción</b>	<b>641,666</b>	<b>12.44</b>	<b>554,392</b>	<b>10.56</b>	87,274	16%	
<b>Acarreo</b>	<b>171,434</b>	<b>3.32</b>	<b>131,787</b>	<b>2.51</b>	39,648	30%	
Transporte	171,434	3.32	131,787	2.51	39,648	30%	
<b>Total Minado</b>	<b>3,092,956</b>	<b>59.97</b>	<b>2,651,969</b>	<b>50.51</b>	440,987	17%	
<b>Servicios Generales</b>	<b>1,122,316</b>	<b>21.76</b>	<b>1,203,776</b>	<b>22.93</b>	- 81,460	-7%	
<b>Total Costos Mina</b>	<b>4,215,272</b>	<b>81.73</b>	<b>3,855,745</b>	<b>73.44</b>	359,527	9%	

Tomada del Área Planeamiento

El costo total de mina promedio mensual fue de \$ 4,215,272, considerando una producción mensual de 52,170 t/mes, con un costo unitario de 81.73 \$/t. El menor tonelaje producido generó un nivel de cumplimiento del 91 % generando un sobre costo de \$ 359,527.

Asimismo, el análisis económico del costo de acarreo o transporte programado fue de 2.51 \$/t siendo el ejecutado de 3.32 \$/t, este mayor costo en 0.81 \$/t está relacionado al rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, por lo que el presente estudio ayuda a identificar las variables operacionales que inciden en el mayor costo de acarreo.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

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

##### **2.1.1 Método de la investigación**

La investigación es descriptiva, ya que se analiza las diferentes actividades asociadas al proceso unitario de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) y acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>), así como el grado de fragmentación posterior a la voladura de diferentes tajos para determinar la pérdida de tiempo operacional y su influencia en los costos unitarios de acarreo o transporte de mineral.

##### **a) Método general**

Se aplica el método inductivo – deductivo, donde se evalúa el tonelaje acarreado, producto de las horas efectivas trabajadas de los scoops 4.2 yd<sup>3</sup> y volquetes de 12 m<sup>3</sup>, considerando el grado de fragmentación posvoladura, tonelaje acarreado, etc. y su influencia en los costos de acarreo durante el periodo de estudio.

##### **b) Métodos específicos**

Para determinar la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo mediante el análisis de las variables operacionales para la mejora de la rentabilidad operacional de la empresa MCEISA, se considera los siguientes pasos:

- ✓ Recopilación de informes. Se considera analizar información de meses anteriores de las áreas de mina, planta y planeamiento para entender las variables asociadas a la pérdida de tiempo operacional y su influencia en el rendimiento operacional.

- ✓ Trabajo de campo. Se realiza la recolección de información de los diferentes frentes de producción (cámaras o draw points), considerando el tonelaje acarreado, tiempo de carguío y acarreo, grado de fragmentación posterior a la voladura, etc.
- ✓ Trabajo de gabinete. Se realiza los cálculos asociados a los modelos numéricos planteados como la capacidad efectiva, el perfil de granulometría post voladura, el análisis de la gestión de diferentes actividades de los procesos unitarios de carguío y acarreo mediante la norma de Asarco y la herramienta de Pareto, para identificar la pérdida de tiempo por actividad.
- ✓ Resultados. Se analizan e interpretan los resultados, considerando el problema planteado, cuyo objetivo es dar solución y validación de la hipótesis planteada mediante 2 escenarios comparativos durante los meses de julio a octubre.

### **2.1.2 Alcances de la investigación**

La investigación es del tipo aplicado, considerando el análisis de la pérdida de tiempo operacional de los equipos de acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA.

## **2.2 Diseño de la investigación**

El diseño es descriptivo longitudinal, porque analiza las diferentes actividades y variables operacionales en la pérdida de tiempo operacional en equipos de acarreo durante 2 periodos de estudio (julio a octubre).

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

Asociado a la unidad minera Kolpa.

### **2.3.2 Muestra**

Considera el análisis de los equipos scoops 4.2 yd<sup>3</sup> (SCM23, SCM41, SCM42) y volquetes 12 m<sup>3</sup> (VM-13 al VM-24) de los diferentes frentes de producción, de MCEISA.

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

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

- ✓ Recolección de información de *web sites*
- ✓ Recolección de datos en campo: tonelaje, tiempos de carguío y acarreo, granulometría, etc.

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

- ✓ Formatos de procesos carguío
- ✓ Formatos de procesos de acarreo
- ✓ Formatos de análisis de granulometría
- ✓ Software Wip frag 3.2
- ✓ Hojas de cálculo, etc.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo consideran el análisis de las variables operacionales en la pérdida de tiempo operacional en equipos de acarreo, gestionados por la empresa MCEISA.

Para entender el comportamiento de la pérdida de tiempo operacional, se analizó 3 equipos de carguío o limpieza de marca Caterpillar R-1300G, scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> de capacidad y 12 equipos de acarreo Volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> de capacidad, determinando la pérdida de tiempo operacional, afectando el tiempo programado.

Se analizaron las diferentes actividades de operación de los scoops y volquetes, desde el inicio hasta finalizar las guardias, identificando la pérdida de tiempo operacional y estructurando de acuerdo a la norma de Asarco, para luego analizar cada una de las variables operacionales en ambos procesos unitarios y finalmente relacionar el tonelaje acarreado con los parámetros económicos. El estudio se realizó durante dos periodos de análisis: de julio y agosto periodo inicial y setiembre a octubre periodo mejorado.

#### **4.1 Análisis de las actividades en equipos de carguío y acarreo**

Para entender la pérdida de tiempo operacional, se considera, en principio, analizar las diferentes actividades operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo, estructurados mediante la norma de Asarco y analizados mediante la herramienta de Pareto.

a) Equipos de carguío: scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

Para determinar la pérdida de tiempo operacional en el proceso de carguío se consideró dos periodos de análisis: periodo inicial para los meses de julio y agosto, así como para el periodo mejorado los meses de setiembre y octubre, los cuales fueron analizados mediante la

herramienta de Pareto, donde se identificará el 20 % de actividades que influyen el 80 % de problemas asociados al proceso unitario de carguío.

✓ Proceso de carguío: mes de julio

**Tabla 7. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de julio**

<b>DIAGRAMA PARETO - SCOOPS 4.2 YD3: JULIO</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Falla Mecánica	716.37	14.50%	716.37	14.50%
Limpieza de Mineral/Desmorte en Frentes	650.96	13.17%	1367.32	27.67%
Falta de Operador	623.33	12.61%	1990.66	40.28%
Carguío de Mineral/Desmorte	389.23	7.88%	2379.88	48.16%
Traslado de Equipo	385.36	7.80%	2765.24	55.96%
Acumulación de Mineral/Desmorte	321.32	6.50%	3086.56	62.46%
Mantenimiento de Vías	178.98	3.62%	3265.54	66.08%
Equipo en Stand By	165.95	3.36%	3431.49	69.44%
Limpieza de Mineral/Desmorte de Tajo	161.03	3.26%	3592.52	72.70%
Relleno Detrítico/Relave	159.77	3.23%	3752.30	75.93%
Almuerzo	150.15	3.04%	3902.45	78.97%
Reparto de Guardia	121.46	2.46%	4023.91	81.43%
Servicios (Trasl. Ventilador, Bombas, Equipos, etc.)	109.23	2.21%	4133.14	83.64%
Salida de Personal de Mina	109.07	2.21%	4242.21	85.84%
Ingreso de Personal a Mina	99.60	2.02%	4341.81	87.86%
Abastecimiento de Combustible	69.87	1.41%	4411.68	89.27%
Rellenado de Herramientas de Gestión	65.82	1.33%	4477.50	90.60%
Esperando Equipo	61.53	1.25%	4539.03	91.85%
Mantenimiento Programado	54.67	1.11%	4593.70	92.96%
Otras Demoras Operativas no Previstas	48.83	0.99%	4642.53	93.94%
Esperando Frente de Trabajo	40.87	0.83%	4683.40	94.77%
Capacitación	36.75	0.74%	4720.15	95.51%
Lavado de Equipo	36.65	0.74%	4756.80	96.26%
Preparado de Piso para Sostenimiento	26.18	0.53%	4782.98	96.79%
Limpieza de Lodos de Pozas	24.90	0.50%	4807.88	97.29%
Corte de Energía Eléctrica General	22.70	0.46%	4830.58	97.75%
Operador Apoya Otros Trabajos	15.25	0.31%	4845.83	98.06%
Pampeo/Acceso a Labor	13.87	0.28%	4859.70	98.34%
Desatado de Rocas	13.17	0.27%	4872.86	98.60%
Falla Eléctrica	11.58	0.23%	4884.45	98.84%
Inspección de Labor	11.32	0.23%	4895.76	99.07%
Falta de Ventilación	7.78	0.16%	4903.55	99.23%
Otros Trabajos en Labor	7.25	0.15%	4910.80	99.37%
Labor sin Condiciones	6.57	0.13%	4917.36	99.50%
Limpieza de Mineral/Desmorte en Chimeneas	5.83	0.12%	4923.20	99.62%
Traslado de Mezcla de Shotcrete	4.50	0.09%	4927.70	99.71%
Esperando orden de trabajo	4.43	0.09%	4932.13	99.80%
Falta de Iluminación	3.67	0.07%	4935.80	99.88%
Preparación de Mezcla de Shotcrete	2.53	0.05%	4938.33	99.93%
Traslado de Equipo por Falta de Labor	1.97	0.04%	4940.30	99.97%
Falta de Combustible	0.83	0.02%	4941.13	99.99%
Construcción de Diques	0.71	0.01%	4941.84	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4,941.84</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) durante el mes de julio, permitió identificar un total de 42 actividades, considerando un total de 4,941.84 horas en este periodo.

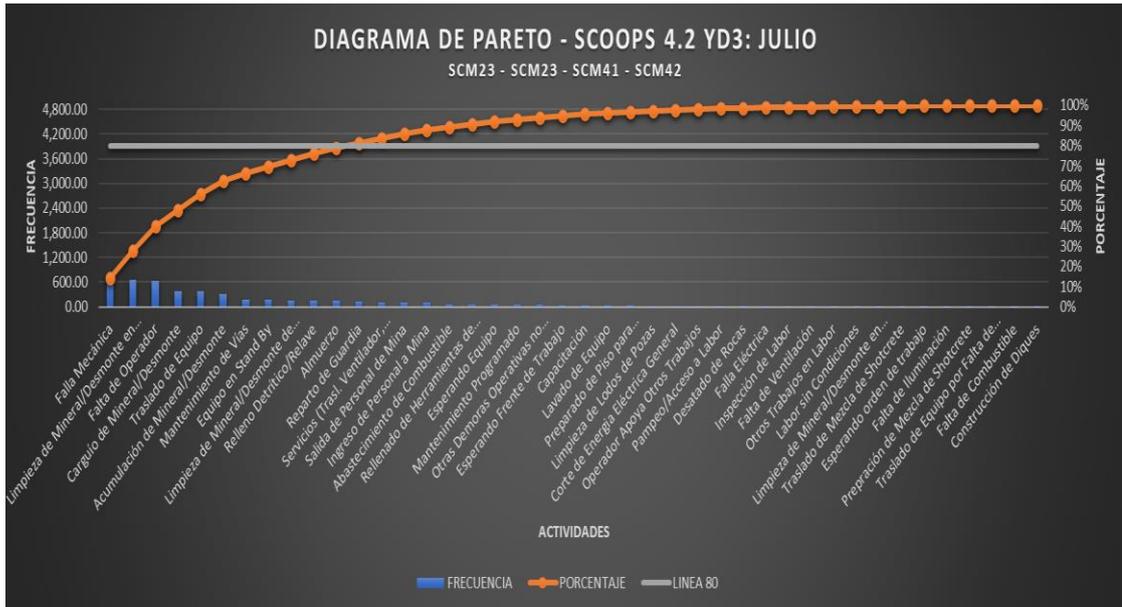


Figura 11. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd<sup>3</sup>, mes de julio

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 11 actividades (20%) que representa el 80 % de problemas en el proceso unitario de carguío, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 8. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de julio

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
CARGUÍO - MES DE JULIO		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Falla Mecánica	716.37	14.50%
Limpieza de Mineral/Desmorte en Frentes	650.96	13.17%
Falta de Operador	623.33	12.61%
Carguío de Mineral/Desmorte	389.23	7.88%
Traslado de Equipo	385.36	7.80%
Acumulación de Mineral/Desmorte	321.32	6.50%
Mantenimiento de Vías	178.98	3.62%
Equipo en Stand By	165.95	3.36%
Limpieza de Mineral/Desmorte de Tajo	161.03	3.26%
TOTAL	3,592.52	72.70%

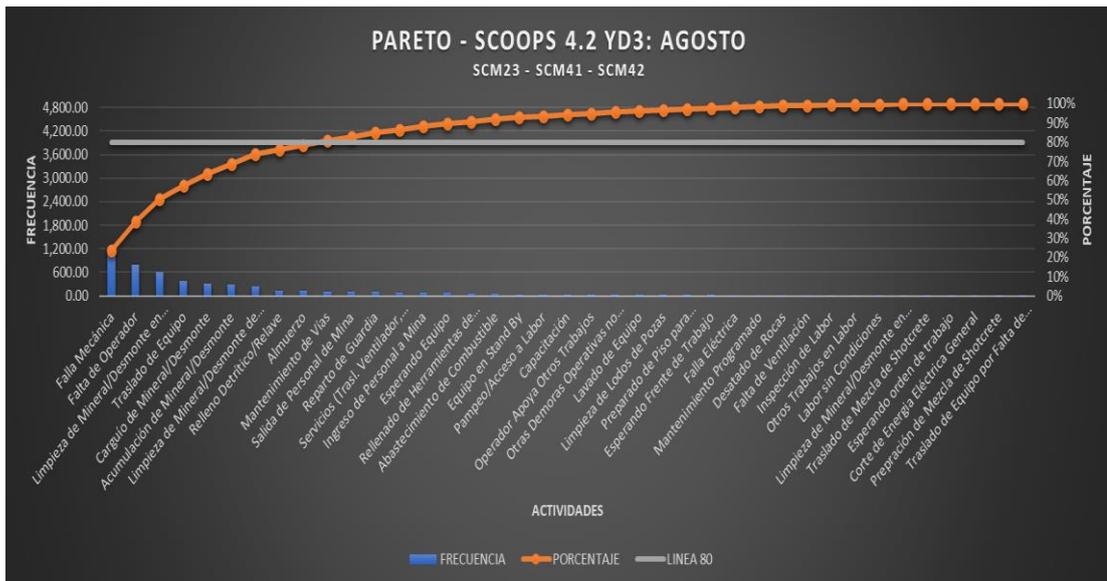
Las actividades que incidieron en el 80 % de problemas en el proceso de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas, estas son: falla mecánica, limpieza de mineral/desmorte en frentes, falta de operador, carguío de mineral/desmorte, traslado de equipo, acumulación de mineral/desmorte, mantenimiento de vías, equipo en stand by, limpieza de mineral/desmorte de tajo, relleno detrítico/relave y almuerzo, los que representaron un total de 3,592.52 horas durante el mes de julio.

✓ Proceso de carguío: mes de agosto

**Tabla 9. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de agosto**

<b>DIAGRAMA PARETO - SCOOPS 4.2 YD3: AGOSTO</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falla Mecánica	1,247.97	23.66%	1,247.97	23.66%
Falta de Operador	795.80	15.09%	2043.77	38.74%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	615.09	11.66%	2658.86	50.40%
Traslado de Equipo	379.12	7.19%	3037.98	57.59%
Carguío de Mineral/Desmonte	302.72	5.74%	3340.70	63.33%
Acumulación de Mineral/Desmonte	286.72	5.44%	3627.41	68.76%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	250.88	4.76%	3878.29	73.52%
Relleno Detrítico/Relave	135.17	2.56%	4013.46	76.08%
Almuerzo	126.88	2.41%	4140.34	78.49%
Mantenimiento de Vías	116.37	2.21%	4256.71	80.69%
Salida de Personal de Mina	115.10	2.18%	4371.81	82.87%
Reparto de Guardia	111.52	2.11%	4483.33	84.99%
Servicios (Trasl. Ventilador, Bombas, Equipos, etc.)	85.42	1.62%	4568.74	86.61%
Ingreso de Personal a Mina	77.32	1.47%	4646.06	88.07%
Esperando Equipo	72.22	1.37%	4718.29	89.44%
Rellenado de Herramientas de Gestión	70.43	1.34%	4788.72	90.78%
Abastecimiento de Combustible	63.76	1.21%	4852.48	91.99%
Equipo en Stand By	40.27	0.76%	4892.75	92.75%
Pampeo/Acceso a Labor	39.12	0.74%	4931.86	93.49%
Capacitación	38.42	0.73%	4970.28	94.22%
Operador Apoya Otros Trabajos	36.97	0.70%	5007.24	94.92%
Otras Demoras Operativas no Previstas	34.18	0.65%	5041.43	95.57%
Lavado de Equipo	33.87	0.64%	5075.30	96.21%
Limpieza de Lodos de Pozas	28.35	0.54%	5103.64	96.75%
Preparado de Piso para Sostenimiento	27.58	0.52%	5131.23	97.27%
Esperando Frente de Trabajo	27.57	0.52%	5158.79	97.79%
Falla Eléctrica	24.28	0.46%	5183.08	98.25%
Mantenimiento Programado	19.42	0.37%	5202.49	98.62%
Desatado de Rocas	13.62	0.26%	5216.11	98.88%
Falta de Ventilación	11.37	0.22%	5227.48	99.09%
Inspección de Labor	10.72	0.20%	5238.20	99.30%
Otros Trabajos en Labor	8.67	0.16%	5246.86	99.46%
Labor sin Condiciones	8.42	0.16%	5255.28	99.62%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Chimeneas	6.37	0.12%	5261.65	99.74%
Traslado de Mezcla de Shotcrete	4.17	0.08%	5265.81	99.82%
Esperando orden de trabajo	4.05	0.08%	5269.86	99.90%
Corte de Energía Eléctrica General	2.33	0.04%	5272.20	99.94%
Preparación de Mezcla de Shotcrete	2.08	0.04%	5274.28	99.98%
Traslado de Equipo por Falta de Labor	1.00	0.02%	5275.28	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>5,275.28</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) durante el mes de agosto permitió identificar un total de 39 actividades, considerando un total de 5,275.28 horas en este periodo.



**Figura 12. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd<sup>3</sup>, mes de agosto**

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 10 actividades (20%) que representa el 80 % de problemas en el proceso unitario de carguío, siendo descritos en la siguiente tabla.

**Tabla 10. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de agosto**

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
MES DE AGOSTO		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Falla Mecánica	1,247.97	23.66%
Falta de Operador	795.80	15.09%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	615.09	11.66%
Traslado de Equipo	379.12	7.19%
Carguío de Mineral/Desmonte	302.72	5.74%
Acumulación de Mineral/Desmonte	286.72	5.44%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	250.88	4.76%
Relleno Detrítico/Relave	135.17	2.56%
Almuerzo	126.88	2.41%
Mantenimiento de Vías	116.37	2.21%
TOTAL	4,256.71	80.69%

Las actividades que incidieron en el 80 % de problemas en el proceso de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: falla mecánica, falta de operador, limpieza de mineral/desmonte en frentes, traslado de equipo, carguío de mineral/desmonte, acumulación de mineral/desmonte, limpieza de mineral/desmonte de tajo, relleno detrítico/relave, almuerzo y mantenimiento de vías, los que representaron un total de 4,256.71 horas durante el mes de agosto.

- ✓ Proceso de carguío: mes de setiembre

**Tabla 11. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de setiembre**

<b>DIAGRAMA PARETO - SCOOPS 4.2 YD3: SETIEMBRE</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Falla Mecánica	1,341.62	29.13%	1,341.62	29.13%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	582.97	12.66%	1,924.58	41.79%
Carguío de Mineral/Desmonte	410.13	8.91%	2,334.72	50.69%
Traslado de Equipo	367.84	7.99%	2,702.55	58.68%
Acumulación de Mineral/Desmonte	262.78	5.71%	2,965.34	64.38%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	192.67	4.18%	3,158.00	68.57%
Falta de Operador	191.42	4.16%	3,349.42	72.72%
Almuerzo	128.80	2.80%	3,478.22	75.52%
Relleno Detrítico/Relave	124.55	2.70%	3,602.77	78.23%
Reparto de Guardia	108.75	2.36%	3,711.52	80.59%
Mantenimiento de Vías	101.65	2.21%	3,813.17	82.79%
Salida de Personal de Mina	78.85	1.71%	3,892.02	84.51%
Ingreso de Personal a Mina	76.87	1.67%	3,968.89	86.17%
Servicios (Trasl. Ventilador, Bombas, Equipos, etc.)	73.92	1.60%	4,042.80	87.78%
Abastecimiento de Combustible	58.87	1.28%	4,101.67	89.06%
Rellenado de Herramientas de Gestión	56.73	1.23%	4,158.41	90.29%
Mantenimiento Programado	51.33	1.11%	4,209.74	91.40%
Lavado de Equipo	46.42	1.01%	4,256.16	92.41%
Capacitación	46.28	1.00%	4,302.44	93.42%
Otras Demoras Operativas no Previstas	41.77	0.91%	4,344.21	94.32%
Esperando Equipo	41.18	0.89%	4,385.39	95.22%
Esperando Frente de Trabajo	34.15	0.74%	4,419.54	95.96%
Pampeo/Acceso a Labor	32.23	0.70%	4,451.77	96.66%
Equipo en Stand By	32.00	0.69%	4,483.77	97.35%
Limpieza de Lodos de Pozas	19.30	0.42%	4,503.07	97.77%
Preparado de Piso para Sostenimiento	15.82	0.34%	4,518.89	98.12%
Inspección de Labor	15.45	0.34%	4,534.34	98.45%
Desatado de Rocas	13.78	0.30%	4,548.12	98.75%
Otros Trabajos en Labor	12.55	0.27%	4,560.67	99.02%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Chimeneas	10.90	0.24%	4,571.57	99.26%
Esperando orden de trabajo	6.58	0.14%	4,578.16	99.40%
Operador Apoya Otros Trabajos	4.75	0.10%	4,582.91	99.51%
Labor sin Condiciones	4.17	0.09%	4,587.07	99.60%
Falta de Ventilación	3.00	0.07%	4,590.07	99.66%
Falta Desate de Rocas	2.82	0.06%	4,592.89	99.72%
Falla Eléctrica	2.67	0.06%	4,595.56	99.78%
Traslado de Mezcla de Shotcrete	2.33	0.05%	4,597.89	99.83%
Falta de Iluminación	1.83	0.04%	4,599.72	99.87%
Preparación de Mezcla de Shotcrete	1.83	0.04%	4,601.56	99.91%
Limpieza y Zarandeo de Parrilla	1.33	0.03%	4,602.89	99.94%
Falta de Combustible	1.00	0.02%	4,603.89	99.96%
Remolque de Equipos Inoperativo	1.00	0.02%	4,604.89	99.98%
Construcción de Diques	0.67	0.01%	4,605.56	100.00%
Traslado de Equipo por Falta de Labor	0.08	0.00%	4,605.64	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4,605.64</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) durante el mes de setiembre permitió identificar un total de 44 actividades, considerando un total de 4,605.64 horas en este periodo.

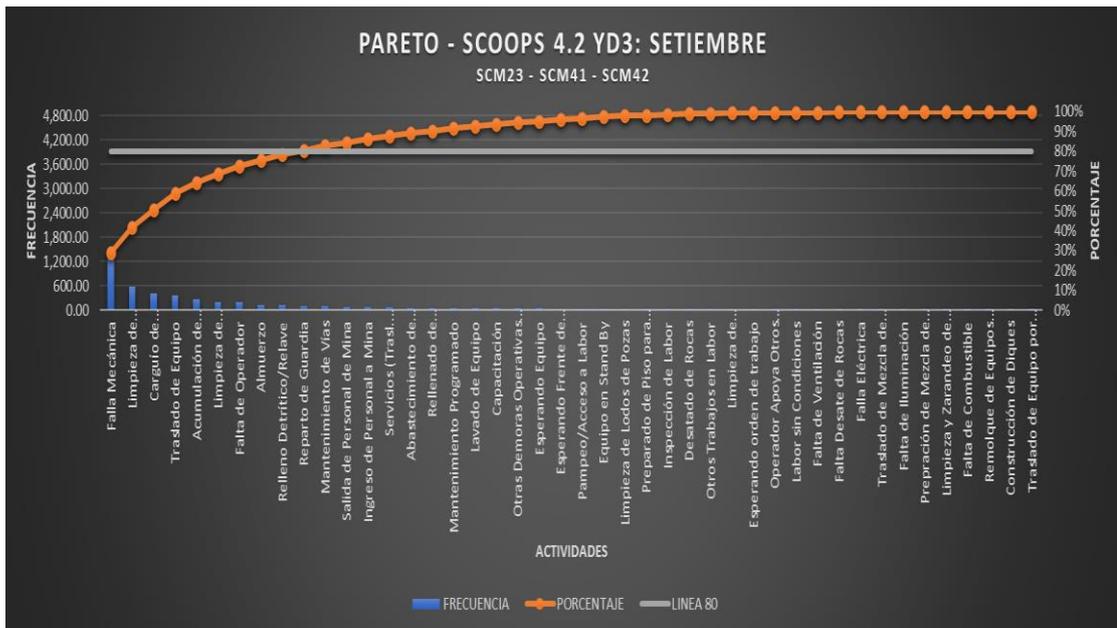


Figura 13. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd<sup>3</sup>, mes de setiembre

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 10 actividades (20%) que representa el 80 % de problemas en el proceso unitario de carguío, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 12. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de setiembre

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
MES DE SETIEMBRE		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Falla Mecánica	1,341.62	29.13%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	582.97	12.66%
Carguío de Mineral/Desmonte	410.13	8.91%
Traslado de Equipo	367.84	7.99%
Acumulación de Mineral/Desmonte	262.78	5.71%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	192.67	4.18%
Falta de Operador	191.42	4.16%
Almuerzo	128.80	2.80%
Relleno Detrítico/Relave	124.55	2.70%
Reparto de Guardia	108.75	2.36%
TOTAL	3,711.52	80.59%

Las actividades que incidieron en el 80% de problemas en el proceso de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: falla mecánica, limpieza de mineral/desmonte en frentes, carguío de mineral/desmonte, traslado de equipo, acumulación de mineral/desmonte, limpieza de mineral/desmonte de tajo, falta de operador, almuerzo, relleno detrítico/relave y reparto de guardia, los que representaron un total de 3,711.52 horas durante el mes de setiembre.

✓ Proceso de carguío: mes de octubre

**Tabla 13. Análisis de actividades de carguío mediante Pareto, mes de octubre**

<b>DIAGRAMA PARETO - SCOOPS 4.2 YD3: OCTUBRE</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Falla Mecánica	1,582.37	29.67%	1,582.37	29.67%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	611.13	11.46%	2193.50	41.13%
Carguío de Mineral/Desmonte	603.39	11.31%	2796.89	52.44%
Traslado de Equipo	405.65	7.61%	3202.54	60.05%
Acumulación de Mineral/Desmonte	363.02	6.81%	3565.56	66.85%
Falta de Operador	222.78	4.18%	3788.34	71.03%
Almuerzo	141.10	2.65%	3929.44	73.67%
Mantenimiento de Vías	130.97	2.46%	4060.41	76.13%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	129.33	2.42%	4189.74	78.55%
Salida de Personal de Mina	116.77	2.19%	4306.50	80.74%
Relleno Detrítico/Relave	108.40	2.03%	4414.90	82.78%
Reparto de Guardia	108.35	2.03%	4523.25	84.81%
Servicios (Trasl. Ventilador, Bombas, Equipos, etc.)	96.88	1.82%	4620.14	86.62%
Ingreso de Personal a Mina	92.55	1.74%	4712.69	88.36%
Abastecimiento de Combustible	84.02	1.58%	4796.70	89.93%
Rellenado de Herramientas de Gestión	70.17	1.32%	4866.87	91.25%
Falla Eléctrica	54.02	1.01%	4920.89	92.26%
Esperando Equipo	52.53	0.98%	4973.42	93.25%
Capacitación	51.88	0.97%	5025.31	94.22%
Otras Demoras Operativas no Previstas	48.53	0.91%	5073.84	95.13%
Lavado de Equipo	37.17	0.70%	5111.01	95.83%
Otros Trabajos en Labor	35.47	0.66%	5146.47	96.49%
Limpieza de Lodos de Pozas	28.23	0.53%	5174.71	97.02%
Pampeo/Acceso a Labor	27.13	0.51%	5201.84	97.53%
Esperando Frente de Trabajo	26.65	0.50%	5228.49	98.03%
Preparado de Piso para Sostenimiento	19.35	0.36%	5247.84	98.39%
Operador Apoya Otros Trabajos	17.33	0.32%	5265.17	98.72%
Inspección de Labor	14.25	0.27%	5279.42	98.99%
Mantenimiento Programado	11.22	0.21%	5290.64	99.20%
Equipo en Stand By	7.58	0.14%	5298.22	99.34%
Desatado de Rocas	6.28	0.12%	5304.51	99.46%
Falta de Combustible	4.55	0.09%	5309.06	99.54%
Traslado de Mezcla de Shotcrete	4.18	0.08%	5313.24	99.62%
Falta de Ventilación	4.02	0.08%	5317.26	99.69%
Construcción de Diques	3.82	0.07%	5321.07	99.77%
Preparación de Mezcla de Shotcrete	3.00	0.06%	5324.07	99.82%
Esperando orden de trabajo	2.73	0.05%	5326.81	99.87%
Labor sin Condiciones	2.62	0.05%	5329.42	99.92%
Remolque de Equipos Inoperativo	1.68	0.03%	5331.11	99.95%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Chimeneas	0.92	0.02%	5332.02	99.97%
Traslado de Equipo por Falta de Labor	0.83	0.02%	5332.86	99.99%
Falta Desate de Rocas	0.70	0.01%	5333.56	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>5,333.56</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) durante el mes de octubre permitió identificar un total de 42 actividades, considerando un total de 5,333.56 horas en este periodo.

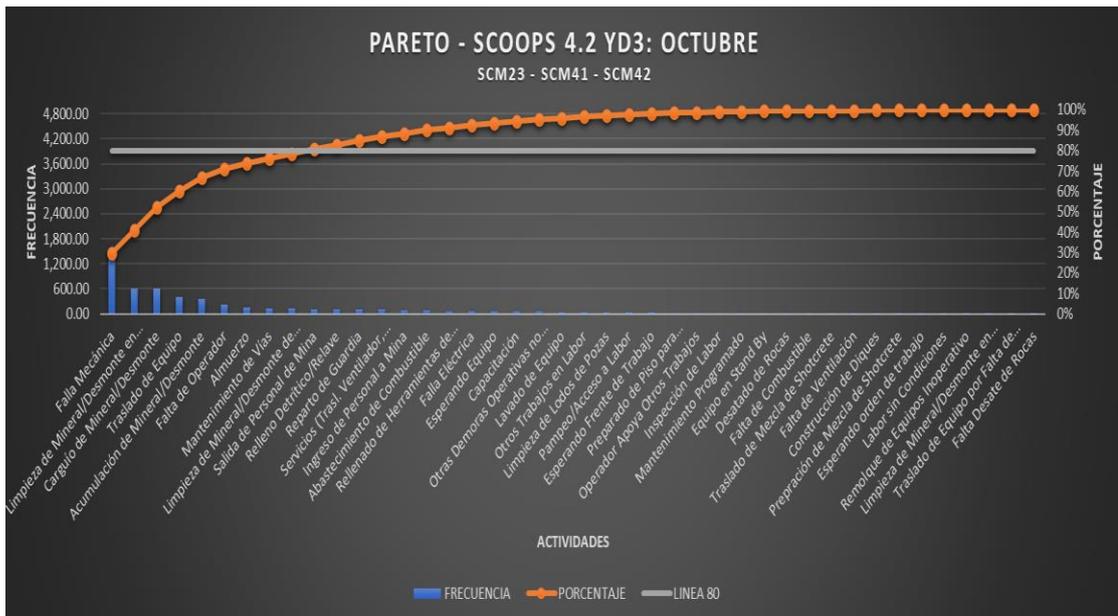


Figura 14. Diagrama de Pareto, scoop 4.2 yd3, mes de octubre

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 10 actividades (20%) que representa el 80 % de problemas en el proceso unitario de carguío, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 14. Incidencia de actividades en la pérdida de tiempo operacional, mes de octubre

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
MES DE OCTUBRE		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Falla Mecánica	1,582.37	29.67%
Limpieza de Mineral/Desmonte en Frentes	611.13	11.46%
Carguío de Mineral/Desmonte	603.39	11.31%
Traslado de Equipo	405.65	7.61%
Acumulación de Mineral/Desmonte	363.02	6.81%
Falta de Operador	222.78	4.18%
Almuerzo	141.10	2.65%
Mantenimiento de Vías	130.97	2.46%
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	129.33	2.42%
Salida de Personal de Mina	116.77	2.19%
TOTAL	4,306.50	80.74%

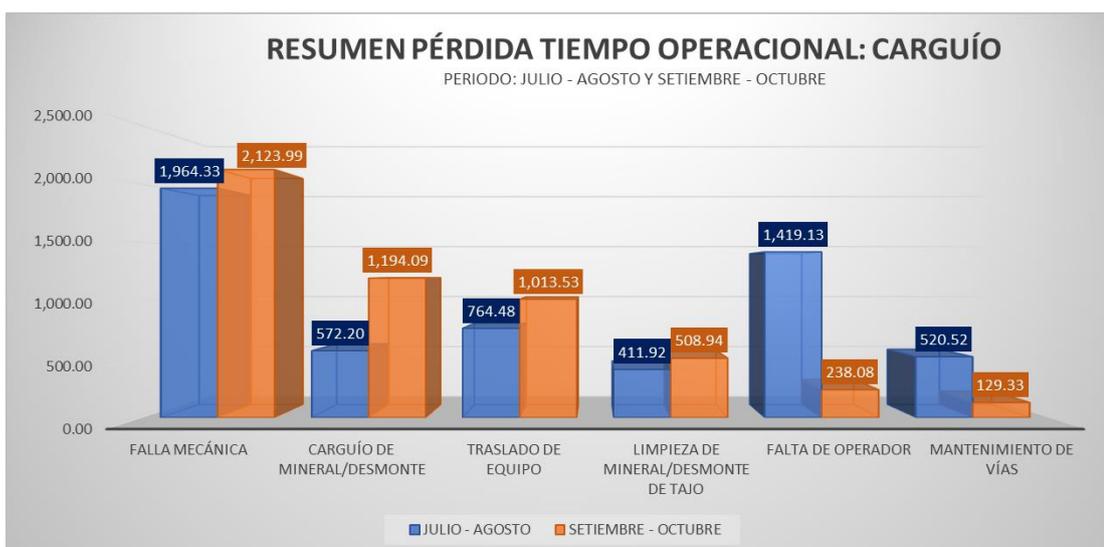
Las actividades que incidieron el 80 % de problemas en el proceso de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: falla mecánica, limpieza de mineral/desmonte en frentes, carguío de mineral/desmonte, traslado de equipo, acumulación de mineral/desmonte, falta de operador, almuerzo, mantenimiento de vías, limpieza de mineral/desmonte de tajo, salida de personal de mina, los que representaron un total de 4,306.50 horas durante el mes de octubre.

✓ Resumen actividades en carguío

Durante el análisis de las actividades que inciden en la pérdida de tiempo operacional durante los periodos inicial (julio y agosto) y el periodo mejorado (setiembre y octubre), se consideró un total de 6 actividades que influyen directamente en el rendimiento de los equipos de carguío, scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> siendo estos: falla mecánica, carguío de mineral/desmonte, traslado de equipo, limpieza de mineral/desmonte de tajo, falta de operador y mantenimiento de vías.

**Tabla 15. Resumen de pérdida de tiempo operacional, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

<b>RESUMEN PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL: CARGUÍO</b>		
PERIODOS: JULIO - AGOSTO : SETIEMBRE - OCTUBRE		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>JULIO - AGOSTO</b>	<b>SETIEMBRE - OCTUBRE</b>
Falla Mecánica	1,964.33	2,123.99
Carguío de Mineral/Desmonte	572.20	1,194.09
Traslado de Equipo	764.48	1,013.53
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	411.92	508.94
Falta de Operador	1,419.13	238.08
Mantenimiento de Vías	520.52	129.33
<b>TOTAL</b>	<b>5,652.58</b>	<b>5,207.96</b>



**Figura 15. Resumen pérdida de tiempo operacional, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

De acuerdo al análisis comparativo entre los periodos de estudio, se considera un total de horas perdidas durante julio y agosto de 5,652.58 horas y para el periodo setiembre y octubre un total de 5, 207.96 horas, siendo la actividad falla mecánica la principal actividad que incide en la pérdida de tiempo operacional en ambos periodos de estudio. Asimismo, las actividades: falta de operador y mantenimiento de vías, tienen una clara disminución de horas perdidas.

b) Equipos de acarreo: volquetes 12 m<sup>3</sup>

Al igual que el análisis del proceso de carguío, se consideró el análisis de las actividades de acarreo mediante la herramienta de Pareto en los periodos evaluados.

✓ Proceso de acarreo, mes de julio

**Tabla 16. Análisis de actividades de acarreo mediante Pareto, mes de julio**

<b>DIAGRAMA PARETO - VOLQUETE FMX 12 M3</b>				
<b>JULIO</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Traslado de Equipo	2,036.73	27.17%	2,036.73	27.17%
Falla Mecánica	1,165.15	15.54%	3201.88	42.71%
Transporte de Mineral	1,113.08	14.85%	4314.96	57.55%
Transporte de Desmonte	1,012.55	13.51%	5327.50	71.06%
Falta de Operador	591.25	7.89%	5918.75	78.94%
Equipo en Stand By	374.78	5.00%	6293.54	83.94%
Almuerzo	197.18	2.63%	6490.71	86.57%
Reparto de Guardia	190.09	2.54%	6680.80	89.11%
Esperando Equipo	166.10	2.22%	6846.90	91.32%
Rellenado de Herramientas de Gestión	102.01	1.36%	6948.91	92.68%
Esperando Carga	73.81	0.98%	7022.72	93.67%
Ingreso de Personal a Mina	68.38	0.91%	7091.09	94.58%
Salida de Personal de Mina	61.65	0.82%	7152.74	95.40%
Transporte de Agregados/Otros	56.39	0.75%	7209.13	96.15%
Lavado de Equipo	39.15	0.52%	7248.28	96.68%
Transporte Relave	37.23	0.50%	7285.51	97.17%
Capacitación	34.65	0.46%	7320.16	97.63%
Esperando Orden de Trabajo	28.50	0.38%	7348.66	98.01%
Vía Bloqueado por Otros Trabajos	27.85	0.37%	7376.51	98.39%
Vía Bloqueado por Equipo Inoperativo	25.65	0.34%	7402.16	98.73%
Otras Demoras Operativas no Previstas	20.75	0.28%	7422.91	99.00%
Corte de Energía Eléctrica General	19.15	0.26%	7442.06	99.26%
Mantenimiento Programado	17.92	0.24%	7459.98	99.50%
Falla Eléctrica	16.82	0.22%	7476.80	99.72%
Traslado por Falta de Carga	6.55	0.09%	7483.35	99.81%
Transporte de Otros Materiales	4.42	0.06%	7487.76	99.87%
Transporte Lodos	2.95	0.04%	7490.71	99.91%
Vía en Mal Estado (Condiciones)	2.80	0.04%	7493.51	99.95%
Labor sin Condiciones	2.30	0.03%	7495.81	99.98%
Falta de Ventilación	1.12	0.01%	7496.93	99.99%
Otros Trabajos en Labor	0.42	0.01%	7497.35	100.00%
Abastecimiento de Combustible	0.17	0.00%	7497.51	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>7,497.51</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>) durante el mes de julio permitió identificar un total de 32 actividades, considerando un total de 7,497.51 horas en este periodo.

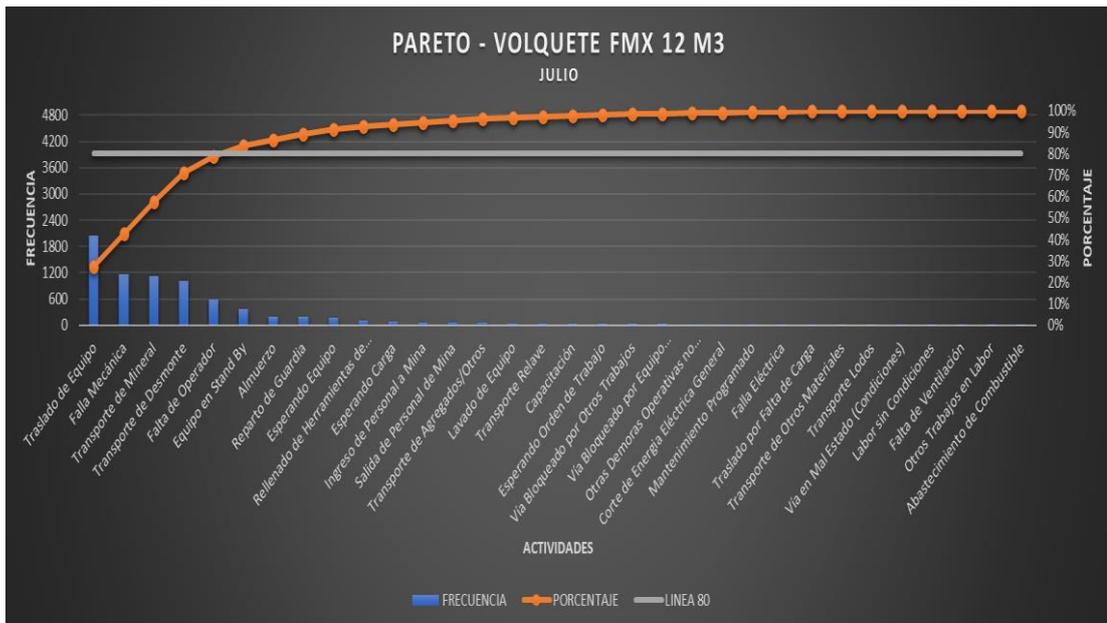


Figura 16. Diagrama de Pareto, volquete 12 m<sup>3</sup>, mes de julio

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 6 actividades (20%) que representa el 80 % de problemas en el proceso unitario de acarreo, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 17. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes de julio

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES ACARREO: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
PROCESO ACARREO - MES DE JULIO		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Traslado de Equipo	2,036.73	27.17%
Falla Mecánica	1,165.15	15.54%
Transporte de Mineral	1,113.08	14.85%
Transporte de Desmonte	1,012.55	13.51%
Falta de Operador	591.25	7.89%
Equipo en Stand By	374.78	5.00%
TOTAL	6,293.54	83.94%

Las actividades que incidieron en el 80% de problemas en el proceso de acarreo, volquetes volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmonte, falta de operador y equipo en stand by, los que representaron un total de 6,293.54 horas durante el mes de julio. La actividad que genera mayor incidencia horaria en el proceso de acarreo considera la actividad de traslado de equipo con 2,036.73 horas con una incidencia del 27.17%

✓ Proceso de acarreo, mes de agosto

**Tabla 18. Análisis de actividades de acarreo mediante Pareto, mes de agosto**

<b>DIAGRAMA PARETO - VOLQUETE FMX 12 M3</b>				
AGOSTO				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Traslado de Equipo	2,215.73	26.51%	2,215.73	26.51%
Falla Mecánica	1,424.58	17.05%	3640.32	43.56%
Transporte de Mineral	1,205.21	14.42%	4845.53	57.98%
Transporte de Desmante	1,161.65	13.90%	6007.17	71.88%
Equipo en Stand By	529.30	6.33%	6536.47	78.21%
Falta de Operador	524.10	6.27%	7060.58	84.48%
Almuerzo	232.78	2.79%	7293.36	87.27%
Reparto de Guardia	189.90	2.27%	7483.26	89.54%
Esperando Equipo	184.83	2.21%	7668.09	91.75%
Salida de Personal de Mina	99.49	1.19%	7767.57	92.94%
Rellenado de Herramientas de Gestión	95.88	1.15%	7863.46	94.09%
Esperando Carga	93.09	1.11%	7956.55	95.21%
Mantenimiento Programado	77.92	0.93%	8034.46	96.14%
Ingreso de Personal a Mina	75.01	0.90%	8109.47	97.04%
Transporte de Agregados/Otros	64.48	0.77%	8173.95	97.81%
Transporte Relave	40.83	0.49%	8214.79	98.30%
Capacitación	37.77	0.45%	8252.56	98.75%
Lavado de Equipo	26.29	0.31%	8278.85	99.06%
Transporte Lodos	18.20	0.22%	8297.05	99.28%
Traslado por Falta de Carga	14.05	0.17%	8311.10	99.45%
Esperando Orden de Trabajo	10.67	0.13%	8321.76	99.58%
Otras Demoras Operativas no Previstas	9.38	0.11%	8331.15	99.69%
Corte de Energia Eléctrica General	6.63	0.08%	8337.78	99.77%
Vía Bloqueado por Equipo Inoperativo	6.03	0.07%	8343.81	99.84%
Accidente de Equipo	4.17	0.05%	8347.98	99.89%
Falla Eléctrica	3.42	0.04%	8351.40	99.93%
Otros Trabajos en Labor	1.63	0.02%	8353.03	99.95%
Vía Bloqueado por Otros Trabajos	1.20	0.01%	8354.23	99.96%
Abastecimiento de Combustible	1.02	0.01%	8355.25	99.98%
Transporte de Otros Materiales	0.83	0.01%	8356.08	99.99%
Vía en Mal Estado (Condiciones)	0.75	0.01%	8356.83	99.99%
Auxilio Mecánico	0.43	0.01%	8357.26	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>8,357.26</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>) durante el mes de agosto permitió identificar un total de 32 actividades, considerando un total de 8,357.26 horas en este periodo.

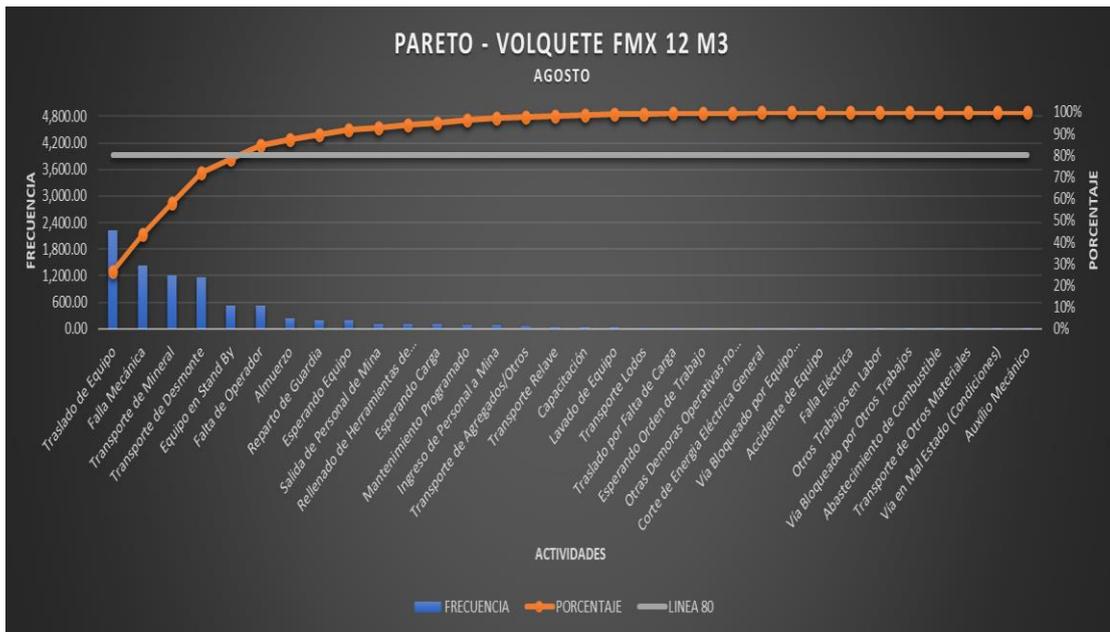


Figura 17. Diagrama de Pareto, volquete 12 m3, mes de agosto

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 6 actividades (20%) que representa el 80% de problemas en el proceso unitario de acarreo, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 19. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes de agosto

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES ACARREO: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
PROCESO ACARREO - MES DE AGOSTO		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Traslado de Equipo	2,215.73	26.51%
Falla Mecánica	1,424.58	17.05%
Transporte de Mineral	1,205.21	14.42%
Transporte de Desmante	1,161.65	13.90%
Equipo en Stand By	529.30	6.33%
Falta de Operador	524.10	6.27%
TOTAL	7,060.58	84.48%

Las actividades que incidieron en el 80 % de problemas en el proceso de acarreo, volquetes volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmante, equipo en stand by y falta de operador, los que representaron un total de 7,060.58 horas durante el mes de agosto. La actividad que genera mayor incidencia horaria en el proceso de acarreo considera la actividad de traslado de equipo con 2,215.73 horas con una incidencia del 26.51 %.

✓ Proceso de acarreo, mes de setiembre

**Tabla 20. Análisis de actividades de acarreo mediante Pareto, mes de setiembre**

<b>DIAGRAMA PARETO - VOLQUETE FMX 12 M3</b>				
SETIEMBRE				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Traslado de Equipo	2,170.79	26.54%	2,170.79	26.54%
Falla Mecánica	1,356.55	16.59%	3527.34	43.13%
Transporte de Mineral	1,182.37	14.46%	4709.71	57.59%
Transporte de Desmonte	1,089.81	13.33%	5799.52	70.92%
Equipo en Stand By	579.88	7.09%	6379.40	78.01%
Falta de Operador	576.55	7.05%	6955.95	85.06%
Almuerzo	234.28	2.86%	7190.22	87.92%
Esperando Equipo	192.75	2.36%	7382.98	90.28%
Reparto de Guardia	168.78	2.06%	7551.75	92.34%
Esperando Carga	100.87	1.23%	7652.62	93.58%
Rellenado de Herramientas de Gestión	99.82	1.22%	7752.44	94.80%
Ingreso de Personal a Mina	77.75	0.95%	7830.19	95.75%
Salida de Personal de Mina	73.06	0.89%	7903.25	96.64%
Transporte de Agregados/Otros	53.35	0.65%	7956.60	97.29%
Capacitación	50.65	0.62%	8007.25	97.91%
Mantenimiento Programado	48.50	0.59%	8055.75	98.51%
Transporte Lodos	33.95	0.42%	8089.70	98.92%
Traslado por Falta de Carga	20.50	0.25%	8110.20	99.17%
Lavado de Equipo	20.10	0.25%	8130.30	99.42%
Otras Demoras Operativas no Previstas	17.25	0.21%	8147.55	99.63%
Auxilio Mecánico	8.67	0.11%	8156.22	99.73%
Esperando Orden de Trabajo	6.10	0.07%	8162.32	99.81%
Vía en Mal Estado (Condiciones)	5.85	0.07%	8168.17	99.88%
Vía Bloqueado por Equipo Inoperativo	3.37	0.04%	8171.53	99.92%
Vía Bloqueado por Otros Trabajos	2.43	0.03%	8173.97	99.95%
Falla Eléctrica	1.50	0.02%	8175.47	99.97%
Abastecimiento de Combustible	1.17	0.01%	8176.63	99.98%
Condiciones Climáticas (Tormentas, Nevada, Etc.)	0.92	0.01%	8177.55	99.99%
Transporte Relave	0.42	0.01%	8177.97	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>8,177.97</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>) durante el mes de setiembre permitió identificar un total de 29 actividades, considerando un total de 8,177.97 horas en este periodo.

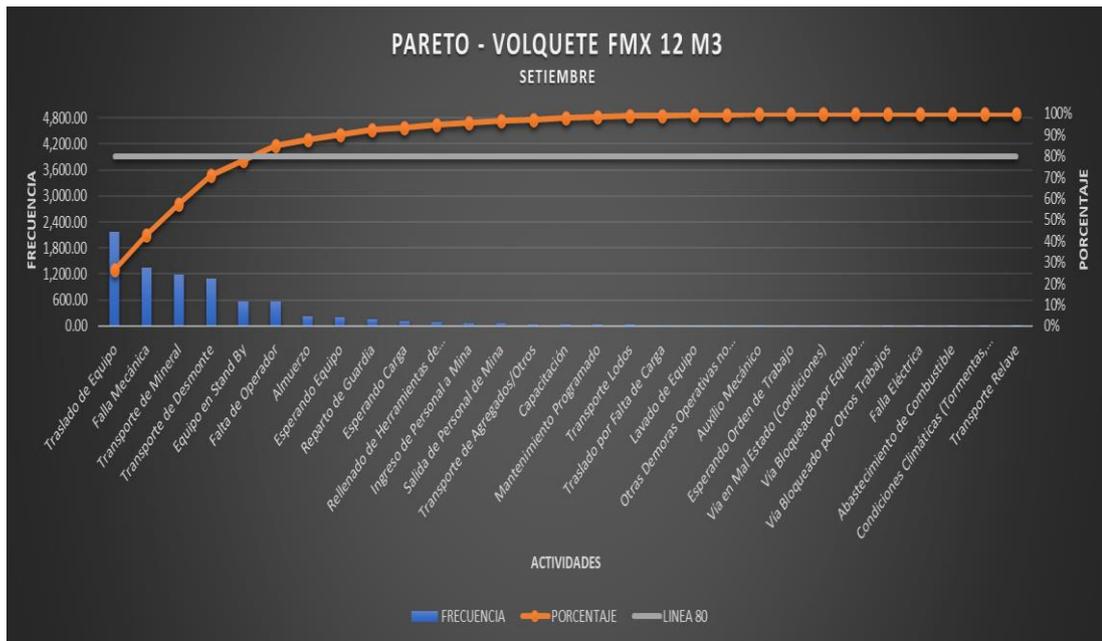


Figura 18. Diagrama de Pareto, volquete 12 m<sup>3</sup>, mes de setiembre

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 6 actividades (20%) que representa el 80% de problemas en el proceso unitario de acarreo, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 21. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes setiembre

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES ACARREO: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
PROCESO ACARREO - MES DE SETIEMBRE		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Traslado de Equipo	2,170.79	26.54%
Falla Mecánica	1,356.55	16.59%
Transporte de Mineral	1,182.37	14.46%
Transporte de Desmonte	1,089.81	13.33%
Equipo en Stand By	579.88	7.09%
Falta de Operador	576.55	7.05%
TOTAL	6,955.95	85.06%

Las actividades que incidieron en el 80 % de problemas en el proceso de acarreo, volquetes volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmonte, equipo en stand by y falta de operador, los que representaron un total de 6,955.95 horas durante el mes de setiembre. La actividad que genera mayor incidencia horaria en el proceso de acarreo considera la actividad de traslado de equipo con 2,170.79 horas con una incidencia del 26.54 %.

✓ Proceso de acarreo, mes de octubre

**Tabla 22. Análisis de actividades de acarreo mediante Pareto, mes de octubre**

<b>DIAGRAMA PARETO - VOLQUETE FMX 12 M3</b>				
OCTUBRE				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA HORAS</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Traslado de Equipo	4,239.00	38.23%	4,239.00	38.23%
Transporte de Desmote	1,880.00	16.95%	6119.00	55.18%
Transporte de Mineral	1,688.00	15.22%	7807.00	70.40%
Salida de Personal de Mina	501.00	4.52%	8308.00	74.92%
Rellenado de Herramientas de Gestión	473.00	4.27%	8781.00	79.19%
Reparto de Guardia	467.00	4.21%	9248.00	83.40%
Ingreso de Personal a Mina	386.00	3.48%	9634.00	86.88%
Esperando Equipo	314.00	2.83%	9948.00	89.71%
Almuerzo	219.00	1.97%	10167.00	91.69%
Esperando Carga	177.00	1.60%	10344.00	93.28%
Falla Mecánica	150.00	1.35%	10494.00	94.63%
Transporte de Agregados/Otros	124.00	1.12%	10618.00	95.75%
Falta de Operador	104.00	0.94%	10722.00	96.69%
Equipo en Stand By	92.00	0.83%	10814.00	97.52%
Capacitación	78.00	0.70%	10892.00	98.22%
Lavado de Equipo	43.00	0.39%	10935.00	98.61%
Traslado por Falta de Carga	33.00	0.30%	10968.00	98.91%
Esperando Orden de Trabajo	27.00	0.24%	10995.00	99.15%
Otras Demoras Operativas no Previstas	25.00	0.23%	11020.00	99.38%
Transporte Lodos	18.00	0.16%	11038.00	99.54%
Falla Eléctrica	15.00	0.14%	11053.00	99.68%
Abastecimiento de Combustible	8.00	0.07%	11061.00	99.75%
Mantenimiento Programado	5.00	0.05%	11066.00	99.79%
Otros Trabajos en Labor	5.00	0.05%	11071.00	99.84%
Vía Bloqueado por Otros Trabajos	5.00	0.05%	11076.00	99.88%
Vía en Mal Estado (Condiciones)	4.00	0.04%	11080.00	99.92%
Accidente de Equipo	2.00	0.02%	11082.00	99.94%
Falta de Combustible	2.00	0.02%	11084.00	99.95%
Vía Bloqueado por Equipo Inoperativo	2.00	0.02%	11086.00	99.97%
Daño Operacional al Equipo	1.00	0.01%	11087.00	99.98%
Esperando equipo de cargio(sccop)	1.00	0.01%	11088.00	99.99%
Operador Apoya Otros Trabajos	1.00	0.01%	11089.00	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>11,089.00</b>	<b>100.00%</b>		

El análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>) durante el mes de octubre permitió identificar un total de 32 actividades, considerando un total de 11,089.00 horas en este periodo.

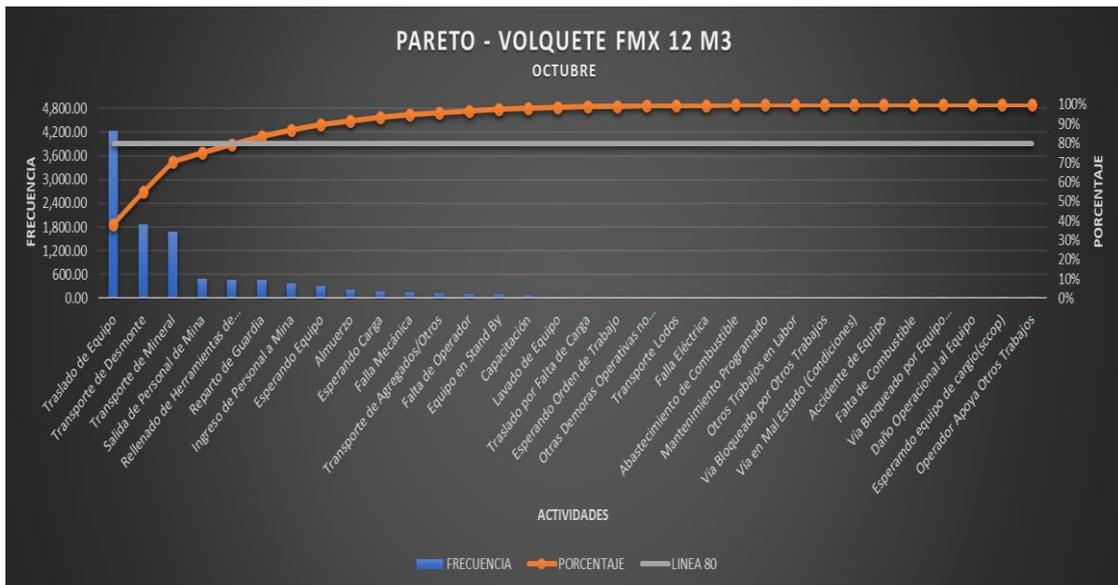


Figura 19. Diagrama de Pareto, volquete 12 m3, mes de octubre

El análisis con la herramienta de Pareto consideró 6 actividades (20%) que representa el 80% de problemas en el proceso unitario de acarreo, siendo descritos en la siguiente tabla.

Tabla 23. Incidencia de actividades de acarreo, pérdida de tiempo operacional, mes octubre

INCIDENCIA DE ACTIVIDADES ACARREO: PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL		
PROCESO ACARREO - MES DE OCTUBRE		
ACTIVIDAD	HORAS	% INCIDENCIA
Traslado de Equipo	4,239.00	38.23%
Transporte de Desmonte	1,880.00	16.95%
Transporte de Mineral	1,688.00	15.22%
Salida de Personal de Mina	501.00	4.52%
Rellenado de Herramientas de Gestión	473.00	4.27%
Reparto de Guardia	467.00	4.21%
TOTAL	9,248.00	83.40%

Las actividades que incidieron en el 80 % de problemas en el proceso de acarreo, volquetes volvo FMX de 12 m<sup>3</sup> fueron identificadas de acuerdo a su orden de incidencia con mayores consumo de horas y son las siguientes: traslado de equipo, transporte de desmonte, transporte de mineral, salida de personal de mina, relleno de herramientas de gestión y reparto de guardia, los que representaron un total de 9,248.00 horas durante el mes de octubre. La actividad que genera mayor incidencia horaria en el proceso de acarreo considera la actividad de traslado de equipo con 4,239.00 horas con una incidencia del 38.23%.

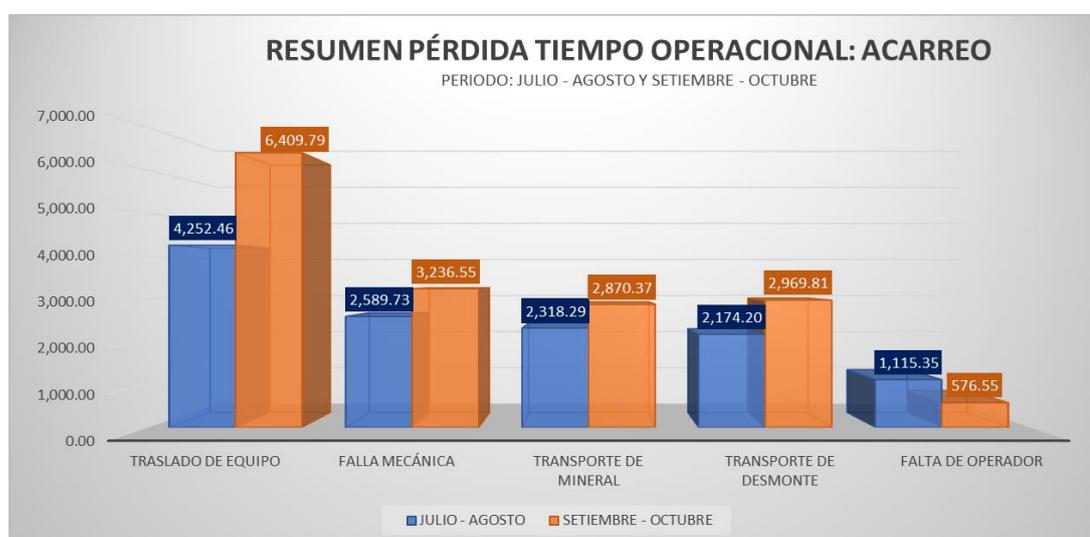
✓ Resumen actividades en acarreo

Durante el análisis de las actividades que inciden en la pérdida de tiempo operacional durante los periodos inicial (julio y agosto) y el periodo mejorado (setiembre y octubre), se consideró un total de 5 actividades que influyen directamente en el rendimiento de los equipos

de acarreo, volquetes 12 m<sup>3</sup> siendo estos: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmonte y falta de operador.

**Tabla 24. Resumen de pérdida de tiempo operacional, volquete 12 m<sup>3</sup>**

<b>RESUMEN PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL: ACARREO</b>		
PERIODOS: JULIO - AGOSTO : SETIEMBRE - OCTUBRE		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>JULIO - AGOSTO</b>	<b>SETIEMBRE - OCTUBRE</b>
Traslado de Equipo	4,252.46	6,409.79
Falla Mecánica	2,589.73	3,236.55
Transporte de Mineral	2,318.29	2,870.37
Transporte de Desmonte	2,174.20	2,969.81
Falta de Operador	1,115.35	576.55
<b>TOTAL</b>	<b>12,450.03</b>	<b>16,063.07</b>



**Figura 20. Resumen pérdida de tiempo operacional, volquete 12 m<sup>3</sup>**

De acuerdo al análisis comparativo entre los periodos de estudio, se considera un total de 12,450.03 horas perdidas durante julio y agosto; para el periodo setiembre y octubre un total de 16,063.07 horas, siendo la actividad traslado de equipo la principal actividad que incide en la pérdida de tiempo operacional en ambos periodos de estudio, producto del incremento de distancia en labores más profundas. Asimismo, la actividad: falta de operador, tiene una clara disminución de horas perdidas.

De acuerdo al objetivo planteado en el presente estudio, se considera el análisis de las variables operacionales que influyen en la pérdida de tiempo operacional en equipos de acarreo para la mejora del rendimiento operacional de la empresa MCEISA, donde las actividades identificadas en la incidencia en la pérdida de tiempo de acarreo son las siguientes: transporte de mineral con un incremento de 2,318.29 horas a 2,870.37 horas, durante los periodos inicial y mejorado respectivamente.

## 4.2 Análisis de parámetros operacionales en equipos de carguío y acarreo

Una vez identificadas las actividades relacionadas a los equipos de carguío y acarreo, se analizarán las variables operacionales asociadas a estas mismas actividades para analizar la incidencia de estos relacionados al rendimiento de los procesos de carguío y acarreo durante los periodos de julio, agosto, setiembre y octubre.

### a) Análisis parámetros operacionales en equipos de carguío: scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

Durante el análisis de los parámetros operacionales en los procesos unitarios de carguío en los diferentes frentes de operación de la empresa MCEISA, se analizó el tiempo total de acarreo y el total de cucharas asociadas a los scoops SCM23, SCM41 y SCM42 DE 4,2 yd<sup>3</sup>, durante los meses de julio, agosto, setiembre y octubre.

#### ✓ Variables operacionales carguío, mes de julio

**Tabla 25. Parámetros operacionales de carguío, mes julio**

<b>ANÁLISIS DE NÚMERO DE CUCHARAS - TIEMPO CARGUÍO: MES DE JULIO</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
JULIO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
01-07-24	0.97	16.95	0.64	14.57
02-07-24	0.97	15.15	0.83	12.00
03-07-24	0.91	13.97	0.65	15.86
04-07-24	0.91	14.22	0.43	8.25
05-07-24	0.87	11.44	0.46	6.90
06-07-24	1.03	12.70	0.63	13.00
07-07-24	0.98	15.04	0.47	6.60
08-07-24	0.92	12.22	0.62	9.43
09-07-24	0.93	16.43	0.38	7.29
10-07-24	0.93	14.84	0.48	9.75
11-07-24	0.82	13.87	0.32	8.57
12-07-24	0.87	14.95	0.40	9.60
13-07-24	0.97	16.79	0.67	16.13
14-07-24	0.98	15.32	0.70	12.90
15-07-24	0.84	14.54	0.88	15.00
16-07-24	0.86	15.37	0.67	15.00
17-07-24	0.90	13.64	0.36	15.57
18-07-24	1.00	12.62	0.57	12.43
19-07-24	1.04	15.60	0.60	13.88
20-07-24	1.00	15.10	0.53	11.83
21-07-24	0.92	14.42	0.56	15.50
22-07-24	0.89	14.46	0.60	19.57
23-07-24	0.88	13.46	0.50	13.29
24-07-24	0.93	16.52	0.51	12.43
25-07-24	0.92	11.70	0.36	6.70
26-07-24	0.89	14.73	0.64	14.50
27-07-24	0.87	14.47	0.58	8.70
28-07-24	0.85	13.76	0.46	9.00
29-07-24	0.91	13.51	0.45	8.55
30-07-24	0.05	11.04	0.73	9.30
<b>Promedio</b>	<b>0.89</b>	<b>14.29</b>	<b>0.66</b>	<b>10.27</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío considera un promedio de tiempo diario de carguío en 0.89 h/día y un promedio diario de 10.27 cucharas/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA. El estudio está relacionado a los diferentes tajos por lo que el promedio de tiempo de carguío es 0.66 h/día y 10.27 cucharas/día.

✓ Variables operacionales carguío, mes de agosto

**Tabla 26. Parámetros operacionales de carguío, mes agosto**

<b>ANÁLISIS DE NÚMERO DE CUCHARAS - TIEMPO CARGUÍO: MES DE AGOSTO</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
AGOSTO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
01-08-24	1.68	17.17	0.60	9.75
02-08-24	1.29	11.00	0.37	7.64
03-08-24	1.51	12.44	0.25	7.80
04-08-24	1.31	13.79	0.66	10.29
05-08-24	0.94	14.43	0.46	12.67
06-08-24	1.06	15.94	0.38	10.13
07-08-24	1.00	14.21	0.44	11.00
08-08-24	0.99	13.85	0.50	12.86
09-08-24	1.01	15.88	0.57	14.40
10-08-24	1.06	16.14	0.50	10.80
11-08-24	0.86	12.39	0.50	10.50
12-08-24	0.91	14.27	0.50	11.25
13-08-24	0.99	13.31	0.38	10.25
14-08-24	0.99	13.08	0.50	14.50
15-08-24	1.12	14.75	0.67	9.43
16-08-24	1.01	15.13	0.43	8.33
17-08-24	0.99	13.78	0.42	8.57
18-08-24	0.95	16.52	0.40	9.38
19-08-24	0.98	13.65	0.81	11.14
20-08-24	0.92	15.33	0.67	9.43
21-08-24	0.93	12.88	0.64	12.00
22-08-24	0.99	10.81	0.44	8.63
23-08-24	1.16	14.76	0.52	9.11
24-08-24	1.05	13.16	0.36	9.00
25-08-24	1.01	14.98	0.70	7.80
26-08-24	1.01	14.00	0.43	7.73
27-08-24	1.05	15.39	0.49	12.22
28-08-24	1.17	14.95	0.42	9.46
29-08-24	0.92	12.82	0.52	13.80
30-08-24	0.96	13.11	0.58	12.00
31-08-24	0.34	16.47	0.74	16.78
<b>Promedio</b>	<b>1.04</b>	<b>14.21</b>	<b>0.51</b>	<b>10.08</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío en el mes de agosto considera un promedio de tiempo diario de carguío en 1.04 h/día y un promedio diario de número de cucharas en 14.21 cucharas/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la

empresa MCEISA. El estudio está relacionado a los diferentes tajos por lo que el promedio de tiempo de carguío es 0.51 h/día y 10.08 cucharas/día.

✓ Variables operacionales carguío, mes de setiembre

**Tabla 27. Parámetros operacionales de carguío, mes setiembre**

<b>ANÁLISIS DE NÚMERO DE CUCHARAS - TIEMPO CARGUÍO: MES DE SETIEMBRE</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
AGOSTO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
01-09-24	0.97	13.09	0.56	14.33
02-09-24	1.19	16.75	1.47	30.00
03-09-24	1.19	12.98	0.94	12.33
04-09-24	1.22	16.67	1.25	17.63
05-09-24	0.99	11.30	0.35	7.00
06-09-24	1.08	11.83	0.86	11.57
07-09-24	0.94	11.39	0.34	5.54
08-09-24	0.94	10.38	0.52	9.00
09-09-24	0.98	14.47	0.70	9.50
10-09-24	0.88	12.20	0.65	12.00
11-09-24	1.02	10.96	0.26	5.70
12-09-24	1.00	10.94	0.56	8.50
13-09-24	0.97	10.73	0.54	10.92
14-09-24	0.83	11.31	0.59	9.60
15-09-24	0.86	9.18	0.57	8.00
16-09-24	0.74	11.75	0.64	13.70
17-09-24	0.72	13.71	0.51	12.08
18-09-24	0.71	11.42	0.88	12.62
19-09-24	0.80	11.52	0.45	12.14
20-09-24	0.99	11.63	0.72	12.67
21-09-24	0.82	13.80	0.45	8.44
22-09-24	0.83	13.73	0.64	14.14
23-09-24	0.86	13.60	0.56	12.90
24-09-24	0.84	17.23	0.57	10.40
25-09-24	0.85	13.60	0.47	9.60
26-09-24	1.07	14.20	0.79	8.25
27-09-24	0.92	14.97	0.63	11.10
28-09-24	0.39	15.37	0.71	10.29
<b>Promedio</b>	<b>0.91</b>	<b>12.88</b>	<b>0.65</b>	<b>11.43</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío en el mes de setiembre considera un promedio de tiempo diario de carguío en 0.91 h/día y un promedio diario de número de cucharas en 12.88 cucharas/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA. El estudio está relacionado a los diferentes tajos por lo que el promedio de tiempo de carguío es 0.65 h/día y 11.43 cucharas/día.

- ✓ Variables operacionales carguío, mes de octubre

**Tabla 28. Parámetros operacionales de carguío, mes octubre**

<b>ANÁLISIS DE NÚMERO DE CUCHARAS - TIEMPO CARGUÍO: MES DE OCTUBRE</b>				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
JULIO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
01-10-24	0.80	12.09	0.60	8.75
02-10-24	0.92	13.25	1.19	13.00
03-10-24	0.97	12.55	0.81	9.67
04-10-24	1.00	11.52	0.34	6.91
05-10-24	1.08	12.36	0.56	10.44
06-10-24	0.89	11.11	0.38	4.60
07-10-24	0.94	12.73	0.55	10.25
08-10-24	0.90	12.14	0.40	6.75
09-10-24	0.95	12.68	0.98	12.00
10-10-24	0.98	13.60	0.79	16.00
11-10-24	0.95	11.98	0.43	12.00
12-10-24	0.96	14.05	0.46	13.00
13-10-24	0.89	12.38	0.45	8.00
14-10-24	0.88	14.02	0.53	12.11
15-10-24	1.06	14.63	0.54	12.40
16-10-24	1.02	14.10	0.49	12.43
17-10-24	0.97	11.21	0.61	10.00
18-10-24	0.94	12.77	0.67	11.45
19-10-24	0.95	13.44	0.82	12.92
20-10-24	1.06	11.43	0.93	14.33
21-10-24	1.04	13.35	0.71	12.75
22-10-24	0.87	12.38	0.68	11.00
23-10-24	0.84	13.42	0.85	12.90
24-10-24	0.84	12.40	0.54	13.09
25-10-24	0.87	12.79	0.62	11.73
26-10-24	0.82	10.18	0.45	10.50
27-10-24	0.79	13.78	0.72	14.18
28-10-24	0.84	11.29	0.53	11.77
29-10-24	0.94	11.57	0.97	17.20
30-10-24	0.10	10.64	0.40	9.90
31-10-24	1.23	12.45	0.48	13.00
<b>Promedio</b>	<b>0.91</b>	<b>12.53</b>	<b>0.63</b>	<b>11.45</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío en el mes de octubre considera un promedio de tiempo diario de carguío en 0.91 h/día y un promedio diario de número de cucharas en 12.53 cucharas/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA. El estudio está relacionado a los diferentes tajos por lo que el promedio de tiempo de carguío es 0.63 h/día y 11.45 cucharas/día.

- ✓ Resumen variables operacionales en equipos de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

**Tabla 29. Resumen parámetros operacionales de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

RESUMEN DE NÚMERO DE CUCHARAS - TIEMPO CARGUÍO: JULIO - AGOSTO Y SETIEMBRE - OCTUBRE				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
PERIODO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
JULIO	0.89	14.29	0.66	10.27
AGOSTO	1.04	14.21	0.51	10.08
SETIEMBRE	0.91	12.88	0.65	11.43
OCTUBRE	0.91	12.53	0.63	11.45
<b>Promedio</b>	<b>0.94</b>	<b>13.48</b>	<b>0.61</b>	<b>10.81</b>



**Figura 21. Resumen variables operacionales de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

El análisis de tiempo promedio durante el periodo de estudio de julio a octubre fue de 0.61 h/día y de 10.81 cucharas/día. Se observa un mayor incremento de tiempo de carguío y número de cucharas durante el segundo periodo de análisis (setiembre y octubre).

b) Análisis parámetros operacionales en equipos acarreo, volquetes 12 m<sup>3</sup>

Durante el análisis de los parámetros operacionales en los procesos unitarios de acarreo en los diferentes frentes de operación de la empresa MCEISA, se analizó el tiempo promedio diario acarreo, la distancia, número de viajes y tonelaje acarreado, considerando los 12 volquetes VM13 al VM24, durante los meses de julio, agosto, setiembre y octubre.

- ✓ Variables operacionales de acarreo, mes de julio

**Tabla 30. Parámetros operacionales de acarreo, mes julio**

<b>PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO</b>				
MES JULIO				
<b>MES</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>	<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>PRODUCCIÓN (ton)</b>	<b>NÚMERO VIAJES</b>
01-07-24	1,197.40	252.00	1,440.30	73.22
02-07-24	1,404.90	276.00	1,361.89	69.23
03-07-24	1,416.39	252.00	1,309.26	66.56
04-07-24	1,318.50	252.00	1,336.29	67.93
05-07-24	1,187.40	252.00	1,306.69	66.43
06-07-24	839.36	252.00	1,036.55	52.69
07-07-24	708.90	120.00	604.37	30.72
08-07-24	1,195.90	252.00	1,169.66	59.46
09-07-24	1,289.30	252.00	1,471.81	74.82
10-07-24	2,240.40	252.00	1,629.57	82.84
11-07-24	1,197.00	252.00	1,298.31	66.00
12-07-24	1,293.30	252.00	1,507.52	76.64
13-07-24	1,420.50	252.00	1,238.48	62.96
14-07-24	1,370.60	251.00	1,467.34	74.59
15-07-24	1,215.70	261.75	1,354.59	68.86
16-07-24	1,253.90	251.00	1,317.35	66.97
17-07-24	1,230.00	251.00	1,208.87	61.45
18-07-24	795.16	252.00	1,075.82	54.69
19-07-24	1,269.90	252.00	1,479.98	75.24
20-07-24	1,320.00	252.00	1,411.31	71.74
21-07-24	1,336.80	252.00	1,319.47	67.08
22-07-24	1,305.10	252.00	1,339.39	68.09
23-07-24	1,413.10	252.00	1,364.00	69.34
24-07-24	1,449.80	252.00	1,341.85	68.21
25-07-24	1,114.53	253.00	1,087.97	55.31
26-07-24	1,280.10	252.00	1,279.59	65.05
27-07-24	1,047.50	252.00	1,061.57	53.97
28-07-24	1,222.34	299.92	1,235.27	62.80
29-07-24	1,210.80	252.00	1,040.56	52.90
30-07-24	1,148.90	252.00	1,100.87	55.96
<b>Promedio</b>	<b>1,256.45</b>	<b>250.26</b>	<b>1,273.22</b>	<b>64.72</b>
<b>Total</b>	<b>37,693.48</b>	<b>7,507.68</b>	<b>38,196.49</b>	<b>1,941.72</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en el mes de julio considera un promedio de tiempo diario de acarreo en 250.26 h/día, con una distancia promedio de 1,256.45 metros, un tonelaje promedio diario de acarreo de 1,273.22 t/día y un promedio de 64.72 viajes/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA.

✓ Variables operacionales de acarreo, mes de agosto

Tabla 31. *Parámetros operacionales de acarreo, mes agosto*

<b>PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO</b>				
MES AGOSTO				
<b>MES</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>	<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>PRODUCCIÓN (ton)</b>	<b>NÚMERO VIAJES</b>
01-08-24	1,192.80	252.00	1,287.69	65.46
02-08-24	1,225.20	252.00	1,017.66	51.73
03-08-24	1,171.30	252.00	1,204.16	61.21
04-08-24	1,364.30	252.00	1,323.26	67.27
05-08-24	1,229.70	252.00	1,333.30	67.78
06-08-24	1,225.30	252.00	1,202.39	61.12
07-08-24	1,355.00	273.00	1,301.86	66.18
08-08-24	1,337.30	273.00	1,234.78	62.77
09-08-24	1,456.30	271.00	1,309.22	66.55
10-08-24	1,375.21	270.67	1,396.98	71.02
11-08-24	1,314.50	273.00	1,502.12	76.36
12-08-24	1,458.10	263.00	1,567.24	79.67
13-08-24	1,402.73	273.00	1,320.20	67.11
14-08-24	1,334.10	273.00	1,175.65	59.76
15-08-24	1,422.20	272.00	1,204.90	61.25
16-08-24	1,441.00	273.00	1,298.81	66.03
17-08-24	1,356.70	273.00	1,192.51	60.62
18-08-24	1,462.70	273.00	1,248.31	63.46
19-08-24	1,450.30	273.00	1,141.03	58.00
20-08-24	1,447.50	273.00	1,319.17	67.06
21-08-24	1,250.34	273.00	1,235.37	62.80
22-08-24	1,320.80	273.00	1,466.61	74.56
23-08-24	1,554.80	273.00	1,431.37	72.76
24-08-24	1,525.80	273.00	1,465.76	74.51
25-08-24	1,405.80	273.00	1,301.98	66.19
26-08-24	1,323.70	299.00	1,195.34	60.77
27-08-24	1,490.90	273.08	1,582.36	80.44
28-08-24	1,334.45	273.00	1,230.24	62.54
29-08-24	1,284.60	273.00	1,312.83	66.74
30-08-24	1,394.50	273.00	1,267.28	64.42
31-08-24	1,373.40	282.67	1,142.39	58.07
<b>Promedio</b>	<b>1,363.91</b>	<b>269.59</b>	<b>1,297.19</b>	<b>65.94</b>
<b>Total</b>	<b>42,281.33</b>	<b>8,357.43</b>	<b>40,212.77</b>	<b>2,044.22</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en el mes de agosto considera un promedio de tiempo diario de acarreo en 269.59 h/día, con una distancia promedio de 1,363.91 metros, un tonelaje promedio diario de acarreo de 1,297.19 t/día y un promedio de 65.94 viajes/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA.

✓ Variables operacionales de acarreo, mes de setiembre

Tabla 32. *Parámetros operacionales de acarreo, mes setiembre*

<b>PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO</b>				
MES SETIEMBRE				
<b>MES</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>	<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>PRODUCCIÓN (ton)</b>	<b>NÚMERO VIAJES</b>
01/09/2024	1,398.00	262.00	1,544.65	78.52
02/09/2024	1,368.80	273.00	1,600.54	81.36
03/09/2024	1,210.13	273.00	1,327.77	67.50
04/09/2024	1,291.30	273.00	1,056.44	53.70
05/09/2024	1,256.40	273.00	1,307.08	66.45
06/09/2024	1,144.30	273.00	1,179.07	59.94
07/09/2024	1,283.10	273.00	1,255.09	63.80
08/09/2024	1,303.00	273.00	1,141.08	58.01
09/09/2024	1,227.60	273.00	1,363.12	69.29
10/09/2024	1,346.70	273.00	1,335.80	67.91
11/09/2024	1,423.10	263.00	1,227.79	62.41
12/09/2024	1,471.30	272.00	1,139.61	57.93
13/09/2024	1,441.00	270.00	1,150.28	58.47
14/09/2024	1,355.50	272.50	1,373.50	69.82
15/09/2024	2,554.90	273.00	1,373.22	69.81
16/09/2024	1,478.00	273.00	1,446.51	73.53
17/09/2024	1,512.30	272.83	1,317.83	66.99
18/09/2024	1,320.64	273.00	986.62	50.15
19/09/2024	1,243.30	273.00	1,206.25	61.32
20/09/2024	1,375.30	263.00	2,615.41	132.95
21/09/2024	211.40	273.90	1,693.27	86.08
22/09/2024	1,256.50	273.17	1,264.89	64.30
23/09/2024	1,449.40	273.83	1,524.20	77.48
24/09/2024	1,481.90	296.25	1,768.68	89.91
25/09/2024	1,486.90	273.00	1,390.03	70.66
26/09/2024	1,349.80	273.00	1,229.78	62.52
27/09/2024	1,386.90	272.00	1,227.60	62.41
28/09/2024	1,362.90	273.00	1,318.20	67.01
29/09/2024	1,245.50	274.64	1,127.19	57.30
30/09/2024	1,266.20	273.00	1,007.04	51.19
<b>Promedio</b>	<b>1,350.07</b>	<b>272.67</b>	<b>1,349.95</b>	<b>68.62</b>
<b>Total</b>	<b>40,502.07</b>	<b>8,180.13</b>	<b>40,498.54</b>	<b>2,058.75</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en el mes de setiembre considera un promedio de tiempo diario de acarreo en 272.67 h/día, con una distancia promedio de 1,350.07 metros, un tonelaje promedio diario de acarreo de 1,349.95 t/día y un promedio de 68.62 viajes/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA.

✓ Variables operacionales de acarreo, mes de octubre

Tabla 33. *Parámetros operacionales de acarreo, mes octubre*

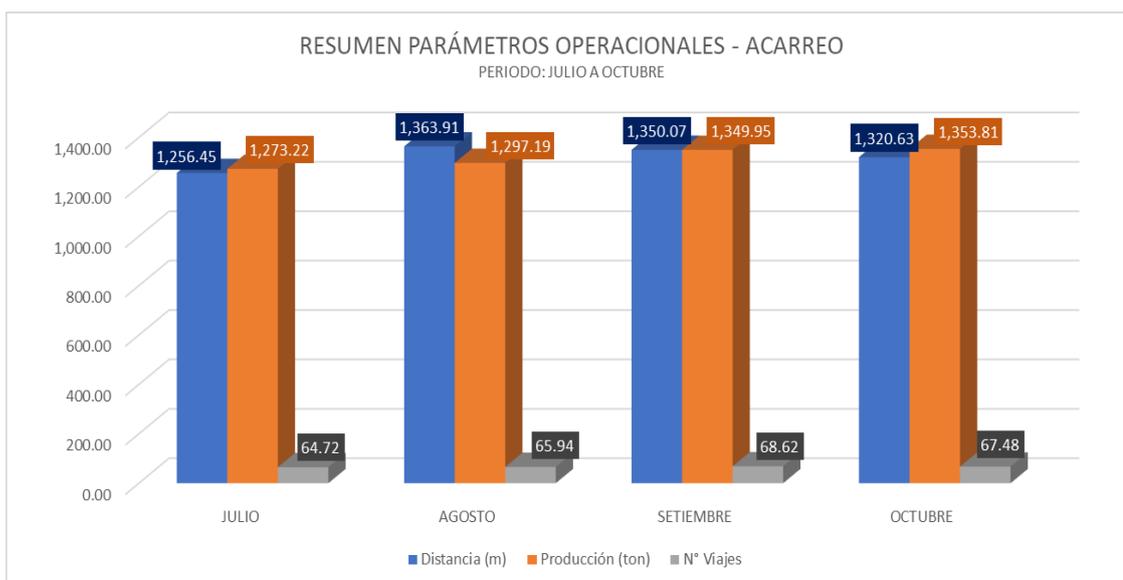
<b>PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO</b>				
MES OCTUBRE				
<b>MES</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>	<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>PRODUCCIÓN (ton)</b>	<b>NÚMERO VIAJES</b>
01/10/2024	1,228.00	262.00	1,454.05	73.92
02/10/2024	1,224.40	273.00	1,249.24	63.51
03/10/2024	913.60	273.00	1,313.57	66.78
04/10/2024	1,220.90	273.00	1,270.03	64.56
05/10/2024	1,276.30	274.00	1,418.70	72.12
06/10/2024	1,291.64	273.42	1,559.19	79.26
07/10/2024	1,203.05	263.50	1,396.33	70.98
08/10/2024	1,265.40	273.00	1,473.03	74.88
09/10/2024	1,372.54	273.00	1,321.41	67.17
10/10/2024	1,288.45	273.00	1,282.44	65.19
11/10/2024	1,158.70	273.00	1,011.89	51.44
12/10/2024	1,134.00	273.00	1,228.10	62.43
13/10/2024	1,138.40	273.00	1,198.76	60.94
14/10/2024	1,158.60	273.00	1,197.64	60.88
15/10/2024	1,013.00	273.00	1,142.49	58.08
16/10/2024	1,357.80	273.00	1,207.53	61.38
17/10/2024	1,578.70	273.00	1,396.90	71.01
18/10/2024	1,588.30	273.00	1,244.42	63.26
19/10/2024	1,556.80	273.00	1,316.65	66.93
20/10/2024	1,527.70	273.00	1,121.07	56.99
21/10/2024	1,608.50	273.00	1,185.05	60.24
22/10/2024	1,410.50	273.00	1,094.57	55.64
23/10/2024	1,271.80	273.00	975.10	49.57
24/10/2024	1,345.67	273.00	1,326.47	67.43
25/10/2024	1,351.00	273.00	1,207.44	61.38
26/10/2024	1,357.80	273.00	1,142.55	58.08
27/10/2024	1,514.10	273.00	1,365.46	69.41
28/10/2024	1,505.30	273.00	983.55	50.00
29/10/2024	1,471.30	273.00	1,362.44	69.26
30/10/2024	1,374.13	273.00	1,255.63	63.83
31/10/2024	1,233.30	273.00	1,166.48	59.30
<b>Promedio</b>	<b>1,320.63</b>	<b>272.38</b>	<b>1,353.81</b>	<b>67.48</b>
<b>Total</b>	<b>40,939.68</b>	<b>8,443.92</b>	<b>38,868.18</b>	<b>1,975.87</b>

El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en el mes de octubre considera un promedio de tiempo diario de acarreo en 272.38 h/día, con una distancia promedio de 1,320.63 metros, un tonelaje promedio diario de acarreo de 1,353.81 t/día y un promedio de 67.48 viajes/día, utilizadas en todos los frentes de operación de la empresa MCEISA.

- ✓ Resumen de variables operacionales

**Tabla 34. Resumen parámetros operacionales de equipos acarreo**

RESUMEN PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO				
PERIODO: JULIO A OCTUBRE				
MES	DISTANCIA (m)	TIEMPO (hrs)	PRODUCCIÓN (ton)	NÚMERO VIAJES
JULIO	1,256.45	250.26	1,273.22	64.72
AGOSTO	1,363.91	269.59	1,297.19	65.94
SETIEMBRE	1,350.07	272.67	1,349.95	68.62
OCTUBRE	1,320.63	272.38	1,353.81	67.48
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,322.77</b>	<b>266.23</b>	<b>1,318.54</b>	<b>66.69</b>



**Figura 22. Resumen variables operacionales de acarreo, volquetes 12 m<sup>3</sup>**

El análisis de tiempo promedio durante el periodo de estudio de julio a octubre fue de 266.23 h/día, con una distancia promedio de 1,322.77 metros, un promedio de 66.69 viajes/día y un tonelaje acarreado de 1,318.54 t/día. Se observa un incremento de mayor tonelaje acarreado durante el segundo periodo de análisis (setiembre y octubre). Este mayor tonelaje acarreado, es producto de la reducción de pérdida de tiempo operacional en los equipos de carguío.

### 4.3 Análisis económico del proceso de acarreo

Luego de realizar el análisis de las diferentes actividades y de los parámetros operacionales en los procesos unitarios de carguío y acarreo, se realizará el análisis económico considerando el tonelaje acarreado, por lo que fue necesario realizar el análisis granulométrico del mineral post voladura de los diferentes *draw points* (cámaras) y relacionarlo a su capacidad efectiva de los equipos de carguío y relacionar con el tonelaje acarreado y determinar la influencia en el valor de mineral, en los escenarios inicial y mejorado.

#### a) Análisis de la granulometría

✓ Periodo inicial: Tj035-CM450-Nv 4100



*Figura 23. Mineral posvoladura, Tj 035-CM450-Nv 4100*

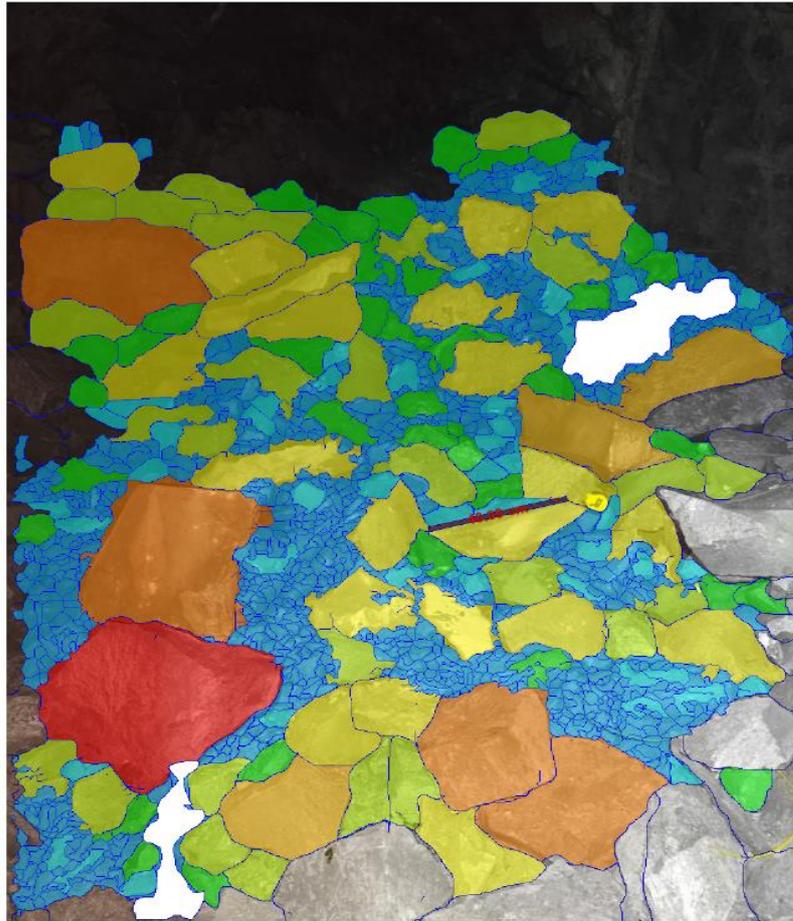


Figura 24. Análisis granulometría, Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial

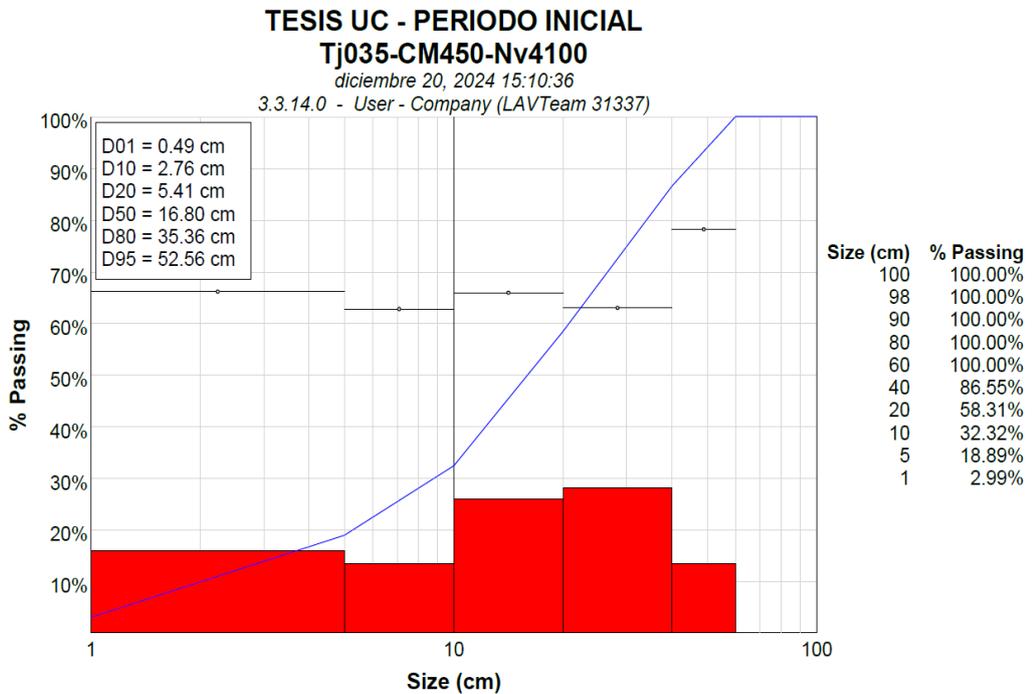


Figura 25. Perfil de la granulometría, Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial

Para entender el comportamiento del tonelaje acarreado durante los meses julio y agosto (periodo inicial), se considera una granulometría con un P80 de 35.36 cm y un porcentaje pasante del 86.55% asociado a un tamaño de 40 cm.

Este mayor tamaño del mineral posterior a la voladura influyó directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>), incidiendo en un menor tonelaje acarreado durante los meses de julio y agosto.

Asimismo, la granulometría post voladura asociada a este periodo de estudio (julio y agosto) asociado a un tamaño de 35.36 cm, considerando un factor de llenado del 70 %, mucho menor al programado por el área de planeamiento en 85 %.

El menor factor de llenado determinado durante el periodo julio y agosto (70%), influye directamente en el tonelaje cargado por los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>), incidiendo directamente en el tonelaje acarreado (volquetes 12 m<sup>3</sup>), afectando el cumplimiento del plan de pminado y el rendimiento operacional de la empresa MCEISA.

✓ Periodo mejorado: Tj075-CM544-Nv 4200

✓



*Figura 26. Mineral posvoladura, Tj075-CM544-Nv4200*

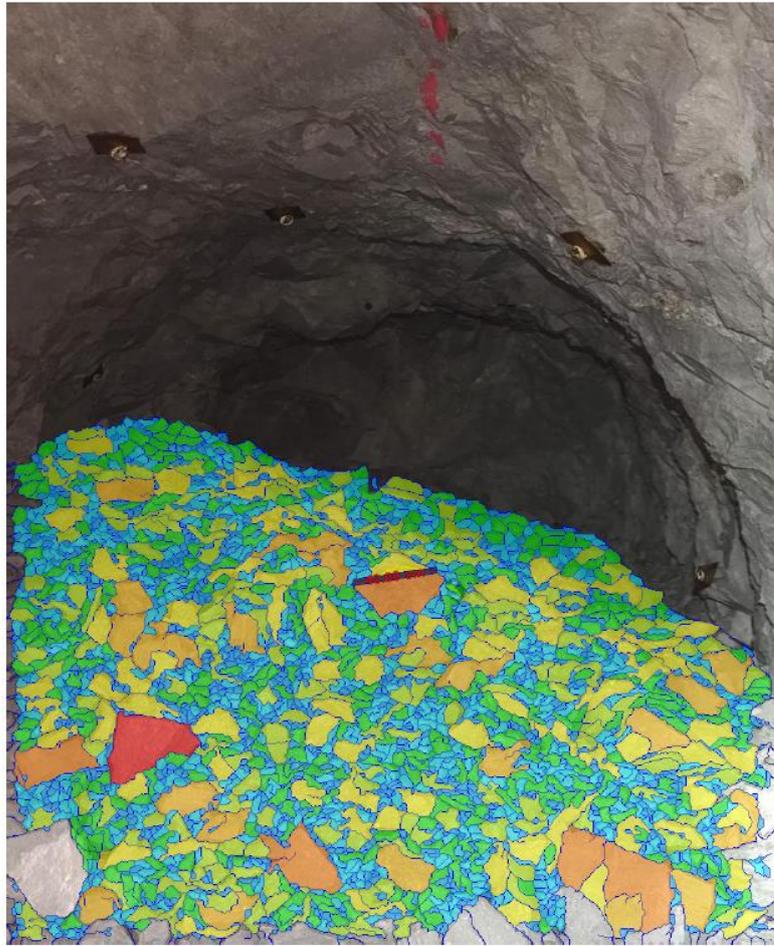


Figura 27. Análisis granulométría, Tj 075-CM544-Nv4200

**TESIS UC - PERIODO MEJORADO**  
**Tj075-CM544-Nv4200**

diciembre 20, 2024 15:13:08

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)

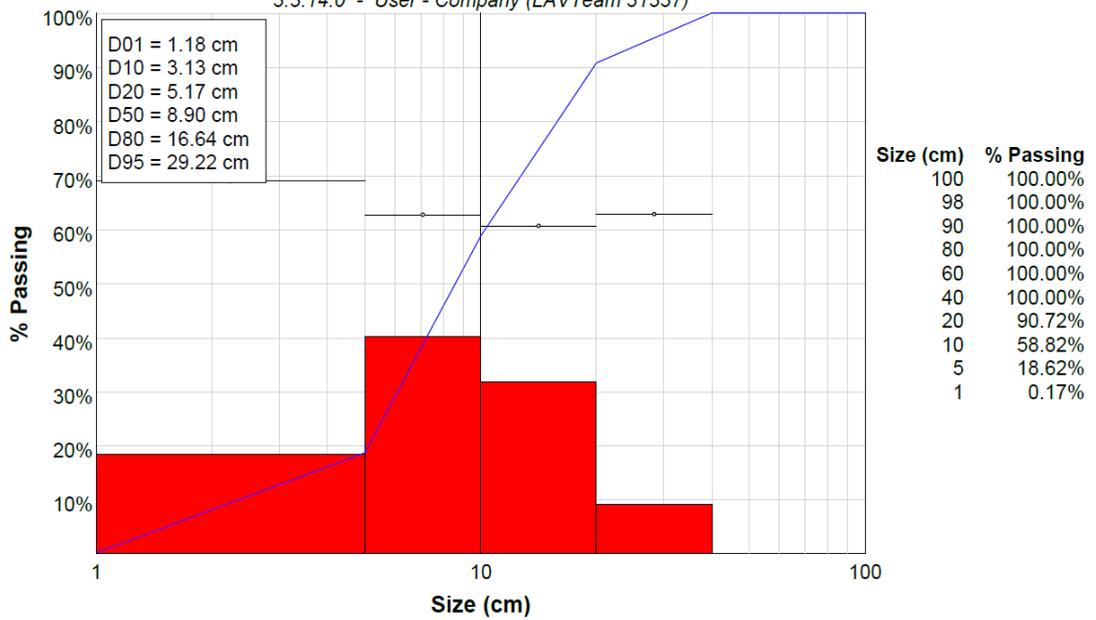


Figura 28. Perfil de la granulométría, Tj 075-CM544-Nv4200

Para entender el comportamiento del tonelaje acarreado durante los meses setiembre y octubre (periodo mejorado), se consideró una granulometría con un P80 de 16.64 cm, con un porcentaje pasante del 100.0 % considerando un tamaño de 40 cm.

Este menor tamaño del mineral posterior a la voladura influyó directamente en el incremento de la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) y en un mayor tonelaje acarreado durante los meses de setiembre y octubre.

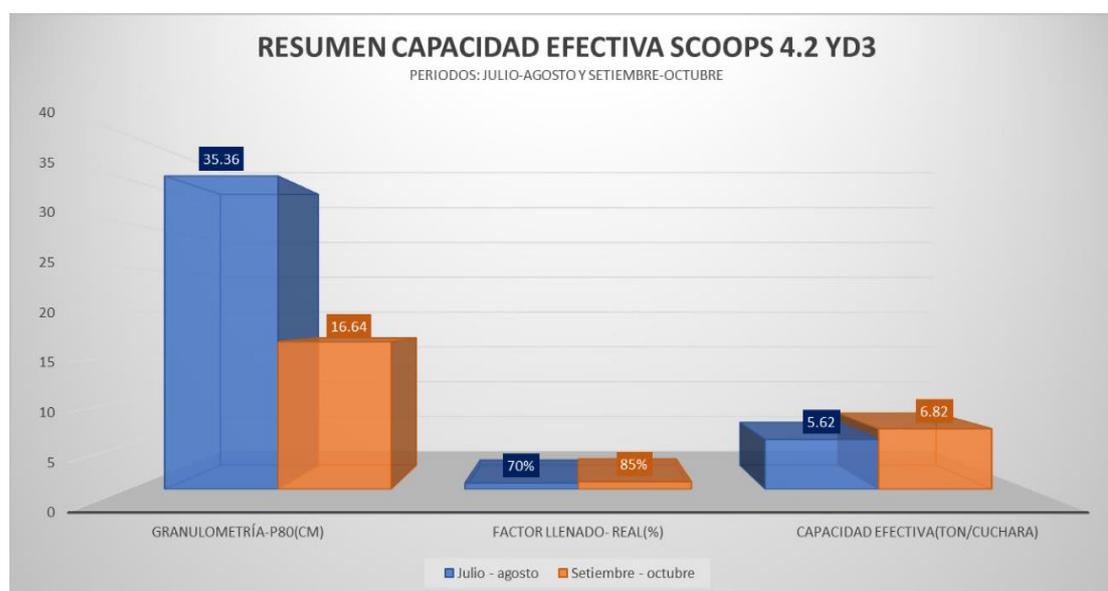
Asimismo, la granulometría posvoladura asociada a este periodo de estudio (setiembre y octubre) considera una granulometría de 16.64 cm con un factor de llenado del 85 %, similar al programado por el área de planeamiento con el 85 %, influyendo directamente en el tonelaje cargado con los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>), incidiendo directamente en el tonelaje acarreado (volquetes 12 m<sup>3</sup>).

b) Análisis de la capacidad efectiva de los equipos de carguío: scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

Se determina la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>), considerando la granulometría y factor de llenado calculado en los periodos inicial y mejorado.

**Tabla 35. Resumen capacidad efectiva de equipos carguío (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>)**

RESUMEN: CAPACIDAD EFECTIVA SCOOPS 4.2 YD3									
PERIODOS: INICIAL - MEJORADO									
MES	PERIODO	Factor Llenado-Programado(%)	Factor Esponjamiento(%)	Densidad(kg/m3)	Capacidad Nominal(Yd3)	Capacidad Nominal(m3)	Granulometria-P80(cm)	Factor Llenado-real(%)	Capacidad Efectiva(Ton/cucharas)
Julio - agosto	INICIAL	85%	40%	3.50	4.20	3.21	35.36	70%	5.62
Setiembre - octubre	MEJORADO	85%	40%	3.50	4.20	3.21	16.64	85%	6.82
	Promedio	85%	40%	3.50	4.20	3.21	26.00	78%	6.22



**Figura 29. Resumen de capacidad efectiva, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

El análisis de la capacidad efectiva en los equipos de carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>, considera los siguientes parámetros: densidad de mineral con 3.5 kg/m<sup>3</sup>, factor esponjamiento del 40 % y los parámetros obtenidos en los cálculos de la granulometría tienen en cuenta la capacidad efectiva en scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> de capacidad nominal.

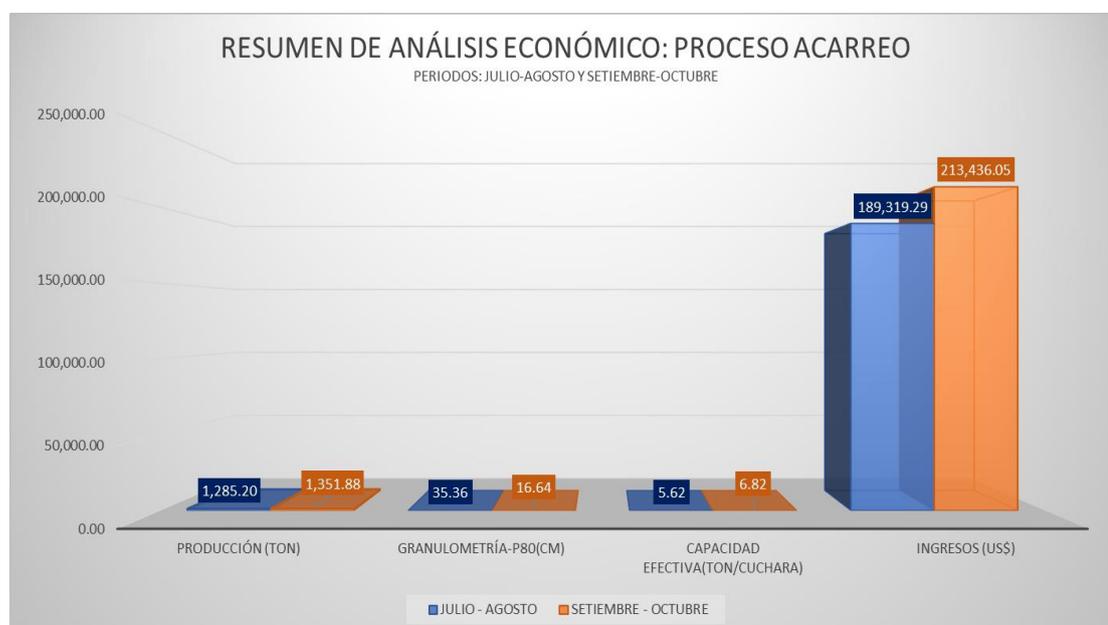
Los resultados obtenidos consideran una capacidad efectiva en scoops de 4.2 yd<sup>3</sup> teniendo en cuenta, en el periodo inicial, 5.62 t/cuchara y en el periodo mejorado un incremento en 6.82 t/cuchara, este mayor tonelaje cargado influirá en el tonelaje acarreado, observado en el periodo mejorado (setiembre y octubre) del presente estudio.

c) Análisis económico del proceso de acarreo: volquetes 12 m<sup>3</sup>

Para definir la rentabilidad operacional, se considera en la optimización o mejora de los ingresos económicos, producto del incremento del tonelaje acarreado, definidos en los periodos de estudio: periodo inicial (julio y agosto) y periodo mejorado (setiembre y octubre).

**Tabla 36. Resumen económico del proceso de acarreo**

RESUMEN DE ANALISIS ECONÓMICO: PROCESO DE ACARREO									
PERIODOS: JULIO - AGOSTO Y SETIEMBRE - OCTUBRE									
PERIODO	REAL - DIARIO								
	Producción (ton)	Granulometría-P80(cm)	Capacidad Efectiva(Ton/cuchara)	Ley Ag (Oz)	Ley Pb (%)	Ley Cu (%)	Ley Zn (%)	VPT (US\$/TM)	INGRESOS (US\$)
JULIO - AGOSTO	1,285.20	35.36	5.62	3.33	3.51	0.21	1.95	147.31	189,319.29
SETIEMBRE - OCTUBRE	1,351.88	16.64	6.82	3.60	3.83	0.22	2.01	157.88	213,436.05



**Figura 30. Resumen de análisis económico, proceso de acarreo**

Los resultados obtenidos durante el análisis económico realizado en los periodos de estudio fueron de julio y agosto con un ingreso promedio de 189,319.29 \$ diarios, considerando un

tonelaje promedio acarreado diario de 1,285.20 t/día, con una granulometría de 35.36 cm y un factor de llenado del 70 %. Para el periodo setiembre y octubre considera un ingreso promedio de 213,436.05 \$ diarios, considerando un tonelaje promedio acarreado diario de 1,351.88 t/día, con una disminución de la granulometría en 16.64 cm y un incremento del factor de llenado en 85 %, mejorando el tonelaje acarreado durante el periodo mejorado.

#### 4.4 Validación de la hipótesis

El presente estudio considera el análisis de la pérdida de tiempo operacional en equipos de acarreo relacionada a los equipos de carguío o limpieza scoops 4.2 yd<sup>3</sup> y volquetes volvo 12 m<sup>3</sup> de la empresa MCEISA.

El desarrollo del trabajo consiste en identificar las diferentes actividades asociadas a las áreas unitarias de carguío y acarreo para identificar la pérdida de tiempo operacional y luego relacionarlas a los parámetros operacionales y económicos en el proceso de acarreo.

##### a) Validación de la hipótesis: actividades procesos carguío y acarreo

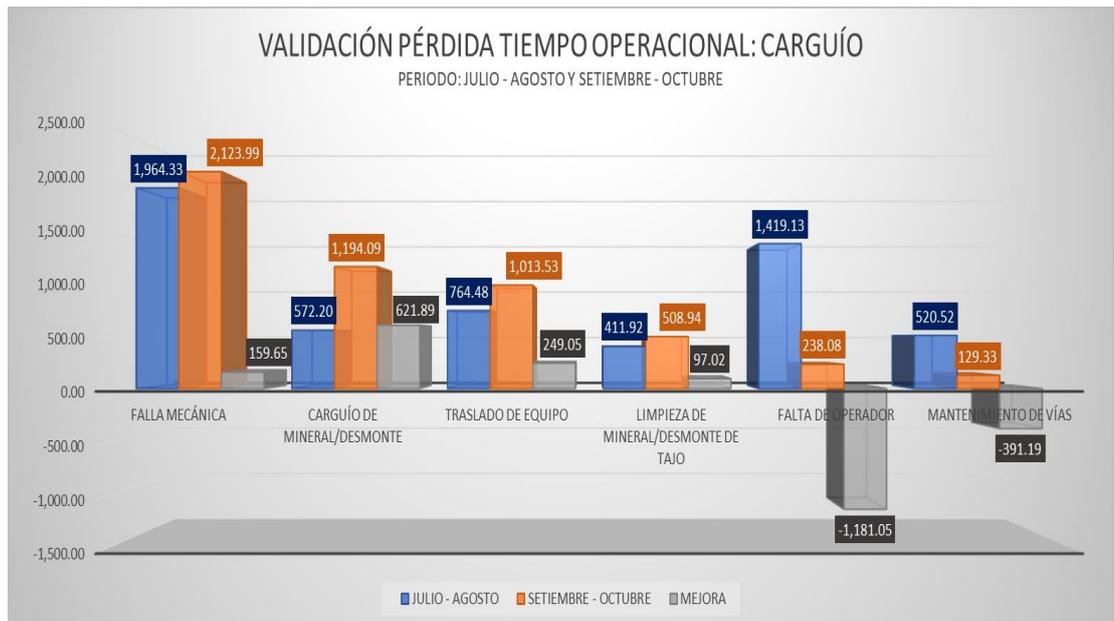
Para entender la pérdida de tiempo operacional, se considera en principio analizar las diferentes actividades operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo, estructurados mediante la norma de ASARCO y analizados mediante la herramienta de Pareto.

Se analizaron la pérdida de tiempo operacional en equipos de carguío o limpieza (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) y equipos de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>).

- ✓ Equipos de carguío o limpieza: scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

**Tabla 37. Validación de la hipótesis: pérdida de tiempo operacional en scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

VALIDACIÓN DE PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL: CARGUÍO			
PERIODOS: JULIO - AGOSTO : SETIEMBRE - OCTUBRE			
ACTIVIDAD	JULIO - AGOSTO	SETIEMBRE - OCTUBRE	MEJORA
Falla Mecánica	1,964.33	2,123.99	159.65
Carguío de Mineral/Desmonte	572.20	1,194.09	621.89
Traslado de Equipo	764.48	1,013.53	249.05
Limpieza de Mineral/Desmonte de Tajo	411.92	508.94	97.02
Falta de Operador	1,419.13	238.08	-1,181.05
Mantenimiento de Vías	520.52	129.33	-391.19
TOTAL	5,652.58	5,207.96	-444.62



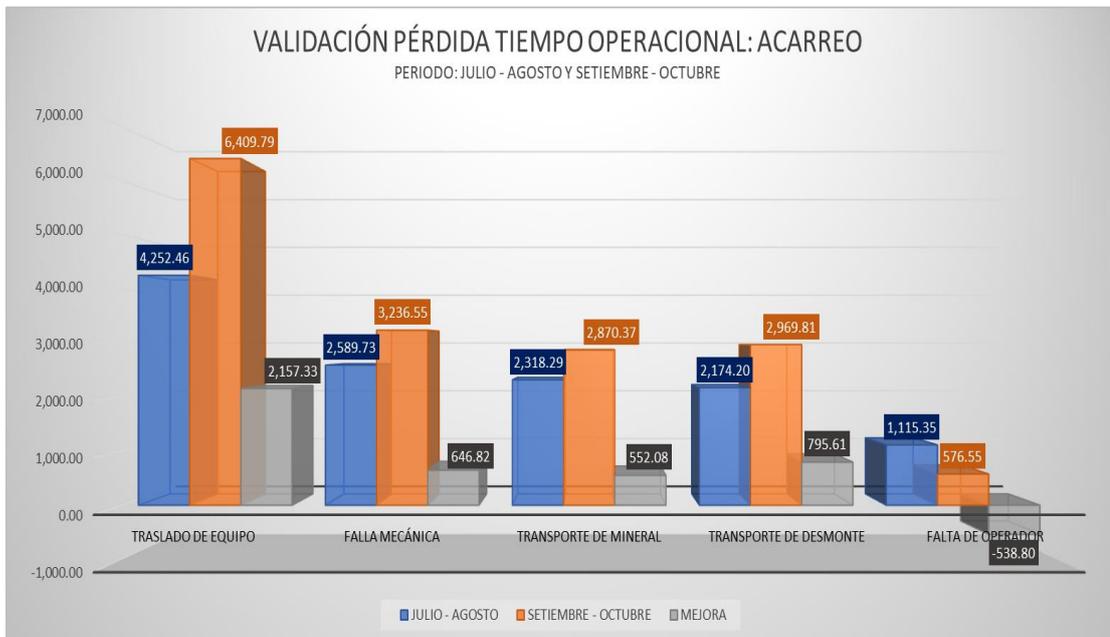
**Figura 31. Validación pérdida tiempo operacional en equipos carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

Las actividades que influyeron directamente en los procesos de carguío o limpieza, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron: falla mecánica, carguío de mineral/desmonte, traslado de equipo, limpieza de mineral/desmonte de tajo, falta de operador y mantenimiento de vías, los cuales generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 5,652.58 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 5,207.96 horas. La reducción de tiempo operacional en las actividades identificadas entre ambos periodos fue de 444.62 horas, siendo las actividades de: falta de operador y mantenimiento de vías, las que tuvieron incidencia directa en el presente estudio.

✓ Equipos de acarreo: volquetes volvo 12 m<sup>3</sup>

**Tabla 38. Validación de la hipótesis: pérdida de tiempo operacional en volquetes 12 m<sup>3</sup>**

<b>VALIDACIÓN DE PÉRDIDA TIEMPO OPERACIONAL: ACARREO</b>			
PERIODOS: JULIO - AGOSTO : SETIEMBRE - OCTUBRE			
ACTIVIDAD	JULIO - AGOSTO	SETIEMBRE - OCTUBRE	MEJORA
Traslado de Equipo	4,252.46	6,409.79	2,157.33
Falla Mecánica	2,589.73	3,236.55	646.82
Transporte de Mineral	2,318.29	2,870.37	552.08
Transporte de Desmonte	2,174.20	2,969.81	795.61
Falta de Operador	1,115.35	576.55	-538.80
TOTAL	12,450.03	16,063.07	3,613.04



**Figura 32. Validación pérdida tiempo operacional en equipos acarreo, volquetes 12 m<sup>3</sup>**

Las actividades que influyeron directamente en los procesos de acarreo, volquetes volvo 12 m<sup>3</sup> fueron: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmonte y falta de operador, los cuales generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 12,450.03 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 16,063.07 horas. La reducción de tiempo operacional en la actividad identificada entre ambos periodos fue de 538.80 horas en la actividad falta de operador. Asimismo, el incremento de horas operacionales en 3,613.04 horas, fue producto de un mayor tonelaje acarrado en mineral y desmonte, como se observa en el presente estudio de 1,285.20 t a 1,351.88 t diarias, con un incremento de 66.88 t/día en mineral, durante los meses de setiembre y octubre.

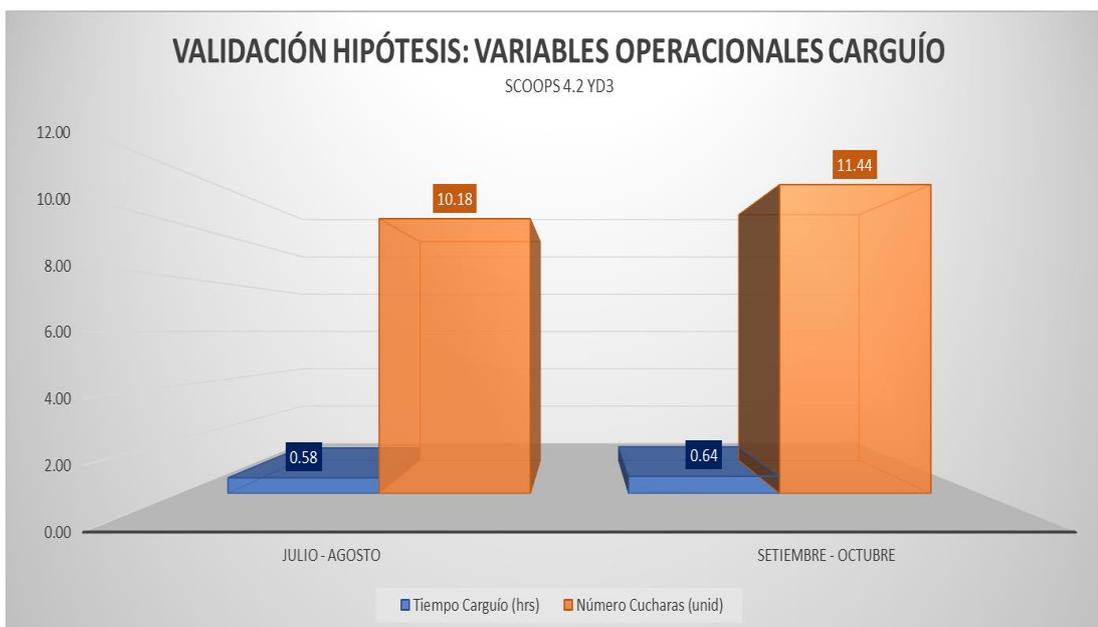
b) Validación de la hipótesis: actividades operacionales de carguío y acarreo

Para el análisis de las variables operacionales, se consideró los procesos de carguío o limpieza (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>) y el de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>), considerando las variables tiempo y número de cucharas en scoops y los parámetros de distancia, tiempo, tonelaje acarreado y número de viajes en volquetes de 12 m<sup>3</sup>, durante los periodos de julio y agosto (periodo inicial) y setiembre y octubre (periodo mejorado), observándose una mejora durante el segundo escenario.

- ✓ Equipos de carguío o limpieza: scoops 4.2 yd<sup>3</sup>

**Tabla 39. Validación de la hipótesis: variables operacionales en scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: VARIABLES OPERACIONALES CARGUÍO				
SCM23 - SCM41 - SCM42				
PERIODO	SCOOPS 4.2 YD3 - TOTAL LABORES		SCOOPS 4.2 YD3 - TAJOS	
	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)	Tiempo promedio (hrs)	Nº Cucharas (unid)
JULIO - AGOSTO	0.97	14.25	0.58	10.18
SETIEMBRE - OCTUBRE	0.91	12.70	0.64	11.44
<b>MEJORA</b>	<b>-0.05</b>	<b>-1.55</b>	<b>0.06</b>	<b>1.26</b>



**Figura 33. Validación variables operacionales en equipos carguío, scoops 4.2 yd<sup>3</sup>**

El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío consideró un promedio diario de números de cucharas durante el periodo inicial (julio y agosto) con 10.18 cucharas, mejorando durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 11.44 cucharas, esta mejora en 1.26 cucharas permitió el incremento del tonelaje acarreado.

El incremento de número de cucharas generó un mayor tiempo de carguío de 0.58 a 0.64 horas con un mayor tiempo de 0.06 horas, esto refleja la mayor producción durante el segundo periodo evaluado (setiembre y octubre).

- ✓ Equipos de acarreo: volquetes 12 m<sup>3</sup>

**Tabla 40. Validación de la hipótesis: variables operacionales en volquetes 12 m<sup>3</sup>**

RESUMEN PARÁMETROS OPERACIONALES - ACARREO (PROMEDIO)				
PERIODOS: JULIO - AGOSTO A SETIEMBRE - OCTUBRE				
PERIODO	DISTANCIA (m)	TIEMPO (hrs)	TONELAJE ACARREADO (ton)	NÚMERO VIAJES
JULIO - AGOSTO	1,310.18	259.93	1,285.20	65.33
SETIEMBRE - OCTUBRE	1,335.35	272.53	1,351.88	68.05
<b>MEJORA</b>	<b>25.17</b>	<b>12.60</b>	<b>66.68</b>	<b>2.72</b>



**Figura 34. Validación variables operacionales en equipos acarreo, volquetes 12 m<sup>3</sup>**

El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo consideró un promedio diario de números de viajes durante el periodo inicial (julio y agosto) con 65.33 viajes, incrementando durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 68.05 viajes, esta mejora en 2.72 viajes/día permitió el incremento del tonelaje acarreado.

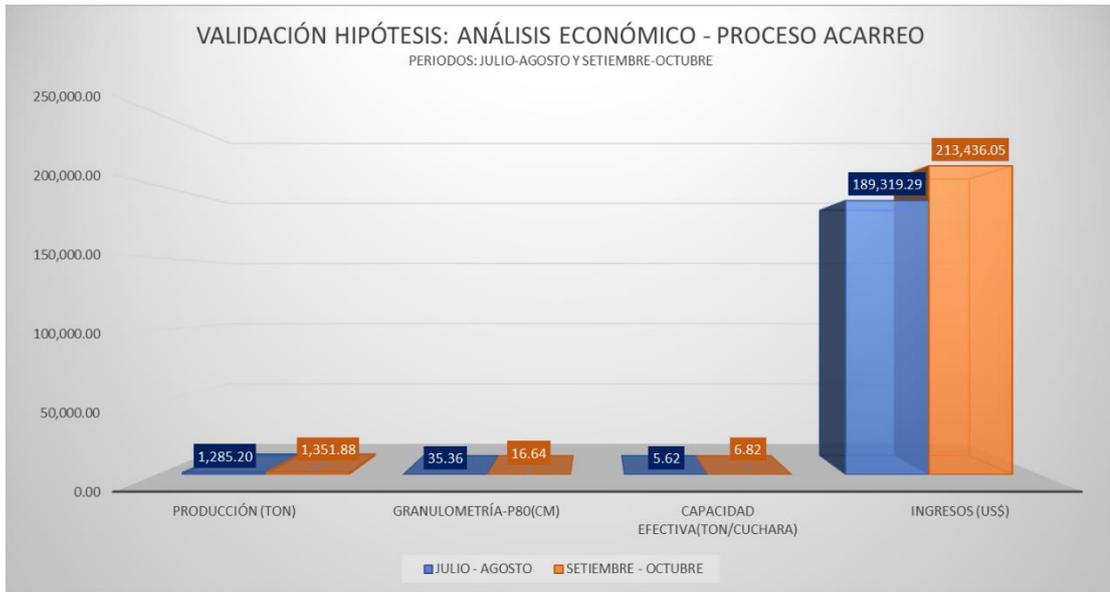
El incremento de número de viajes permitió el incremento del tonelaje acarreado diario de 1,285.20 t/día a 1,351.88 t/día, con un mayor tonelaje diario durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 2.72 t/día.

c) Validación de la hipótesis: análisis económico del proceso de acarreo

Una vez identificado las actividades de pérdida de tiempo operacional y realizar el análisis de las variables operacionales de equipos de carguío y acarreo, para luego ser evaluado económicamente durante los periodos inicial y mejorado.

**Tabla 41. Validación de la hipótesis: análisis económico del proceso de acarreo**

VALIDACIÓN HIPÓTESIS: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO DE ACARREO									
PERIODOS: JULIO - AGOSTO Y SETIEMBRE - OCTUBRE									
PERIODO	REAL - DIARIO								
	Producción (ton)	Granulometría-P80(cm)	Capacidad Efectiva(Ton/cuchara)	Ley Ag (Oz)	Ley Pb (%)	Ley Cu (%)	Ley Zn (%)	VPT (US\$/TM)	INGRESOS (US\$)
JULIO - AGOSTO	1,285.20	35.36	5.62	3.33	3.51	0.21	1.95	147.31	189,319.29
SEPTIEMBRE - OCTUBRE	1,351.88	16.64	6.82	3.60	3.83	0.22	2.01	157.88	213,436.05
<b>MEJORA</b>	<b>66.68</b>	<b>-18.72</b>	<b>1.20</b>	<b>0.27</b>	<b>0.32</b>	<b>0.01</b>	<b>0.06</b>	<b>10.57</b>	<b>24,116.75</b>



**Figura 35. Validación análisis económico, proceso de acarreo**

Para un tonelaje acarreado de 1,285.20 t/día, considerando un NSR de 147.31 \$/t, se generó ingresos por 189,319.29 \$ durante el periodo inicial, para el segundo periodo se incrementó el tonelaje acarreado considerando los ítemes evaluados en párrafos anteriores considerando en 1,351.88 t/día con un NSR de 157.88 \$/t, generando ingresos por 213,436.05 \$.

Finalmente, el incremento de los ingresos durante los periodos evaluados en 10.57 \$/t, con un mayor tonelaje diario de 25.17 t/día, producto de la reducción de la granulometría en 18.72 cm y mejorando la capacidad efectiva de 1.20 t/cuchara en scoops 4.2 yd<sup>3</sup>.

## CONCLUSIONES

1. El desarrollo del trabajo de investigación consiste en identificar las diferentes actividades asociadas a las áreas unitarias de carguío y acarreo para identificar la pérdida de tiempo operacional y luego relacionarlas a los parámetros operacionales y económicos en el proceso de acarreo, durante los periodos de julio a agosto y de setiembre a octubre.
2. Las actividades que influyeron directamente en los procesos de carguío o limpieza, scoops 4.2 yd<sup>3</sup> fueron: falla mecánica, carguío de mineral/desmote, traslado de equipo, limpieza de mineral/desmote de tajo, falta de operador y mantenimiento de vías, los cuales generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 5,652.58 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 5,207.96 horas. La reducción de tiempo operacional en las actividades identificadas entre ambos periodos fue de 444.62 horas, siendo las actividades: falta de operador y mantenimiento de vías, las que tuvieron incidencia y las cuales fueron corregidas.
3. Las actividades que influyeron directamente en los procesos de acarreo, volquetes volvo 12 m<sup>3</sup> fueron: traslado de equipo, falla mecánica, transporte de mineral, transporte de desmote y falta de operador, los cuales generaron pérdidas de tiempo operacional en el periodo inicial (julio y agosto) de 12,450.03 horas y para el periodo mejorado (setiembre y octubre) de 16,063.07 horas. La reducción de tiempo operacional en la actividad identificada entre ambos periodos fue de 538.80 horas en la actividad falta de operador. Asimismo, el incremento de horas operacionales en 3,613.04 horas fue producto de un mayor tonelaje acarrado en mineral y desmote, como se observa en el presente estudio de 1,285.20 t a 1,351.88 t diarias, con un incremento de 66.88 t/día en mineral, durante los meses de setiembre y octubre.
4. El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío consideró un promedio diario de números de cucharas durante el periodo inicial (julio y agosto) con 10.18 cucharas, mejorando durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 11.44 cucharas, esta mejora en 1.26 cucharas permitió el incremento del tonelaje acarreado. El incremento de número de cucharas generó un mayor tiempo de carguío de 0.58 a 0.64 horas con un mayor tiempo de 0.06 horas, esto refleja la mayor producción durante el segundo periodo evaluado (setiembre y octubre).
5. El análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo consideró un promedio diario de números de viajes durante el periodo inicial (julio y agosto) con 65.33 viajes,

incrementando durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 68.05 viajes, esta mejora en 2.72 viajes/día permitió el incremento del tonelaje acarreado. El incremento de número de viajes permitió el incremento del tonelaje acarreado diario de 1,285.20 t/día a 1,351.88 t/día, con un mayor tonelaje diario durante el periodo mejorado (setiembre y octubre) con 2.72 t/día.

6. Para un tonelaje acarreado de 1,285.20 t/día, considerando un NSR de 147.31 \$/t, se generó ingresos por 189,319.29 \$ durante el periodo inicial, para el segundo periodo se incrementó el tonelaje acarreado considerando los ítems evaluados en párrafos anteriores considerando en 1,351.88 t/día con un NSR de 157.88 \$/t, generando ingresos por 213,436.05 \$.
7. Finalmente, el incremento de los ingresos durante los periodos evaluados se dio en 10.57 \$/t, con un mayor tonelaje acarreado diario de 25.17 t/día, producto de la reducción de la granulometría en 18.72 cm y mejora de la capacidad efectiva de 1.20 t/cuchara en scoops 4.2 yd<sup>3</sup>.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar analizando la actividad falla mecánica asociadas a los equipos de carguío o limpieza de material (scoops 4.2 yd<sup>3</sup>), identificando si está asociado al mantenimiento preventivo o correctivo para así considerar realmente la pérdida de tiempo efectivo.
2. Se recomienda continuar analizando las actividades de los equipos de acarreo (volquetes 12 m<sup>3</sup>) como traslado del equipo, teniendo en consideración su distancia asociada y la actividad falla mecánica, definiendo su estado de mantenimiento preventivo o correctivo, para así determinar en forma más certera la pérdida de tiempo operacional en procesos de acarreo.
3. Se recomienda realizar más estudios de granulometría posterior a la voladura, considerando parámetros de diseño de malla de perforación y voladura, así como la densidad, dureza, índice de volabilidad, etc. de acuerdo a los dominios geológicos, geomecánicos y metalúrgicos.
4. Se recomienda realizar un análisis comparativo entre el tonelaje de mineral producido con el tonelaje de mineral procesado, relacionando con el consumo de energía y el cumplimiento del plan de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROJAS, Gonzalo. Introducción de un Lhd híbrido a la industria minera y sus posibilidades en el mercado chileno. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2017, 76 pp.
2. GONZÁLES, Héctor. Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto. Memoria (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2017, 80 pp.
3. BARRIOS, Edwin. Elaboración, ejecución y seguimiento de un plan de minado de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial en Marcona - Ica – Perú. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2023, 84 pp.
4. PAUCAR, Jademier. Eficiencia de equipos scoop en el carguío y transporte en la Unidad Minera Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 101 pp.
5. QUIÑONEZ, Paul y BARRETO, Frank. Análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Chungar – mina Animón, 2023. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2023, 110 pp.
6. DATA DE CARGUÍO Y ACARREO: master de información de los procesos de carguío y acarreo de la empresa MCEISA.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI:				
Mejora del rendimiento operacional en la empresa MCEISA.	Uno de los objetivos en la buena gestión en la empresa MCEISA es controlar los diferentes parámetros operacionales de los equipos de carguío y acarreo.	• Dominios geológicos	Características del Yacimiento	Recursos, leyes, potencia, alteración, etc.
		• Dominios geomecánicos	Características macizo rocoso	Propiedades físicas: RMR, RQD, GSI, etc.
		• Operacionales	Características operacionales	Tonelaje, valor mineral, liquidaciones, etc.
VD:				
Influencia de las variables operacionales en la pérdida de tiempo efectivo en equipos de acarreo.	El análisis de la pérdida de tiempo efectivo en los procesos de carguío y acarreo, considera la mejora del rendimiento de los equipos asociados a estos procesos, mejorando la rentabilidad de la empresa MCEISA.	• Variables de Gestión de carguío y acarreo.	Rendimiento	Tonelaje acarreado, grado fragmentación, densidad, capacidad efectiva, etc.
		• Variables Técnicas	Operacionales y económicos	Análisis actividades carguío y acarreo, costo de acarreo, etc.



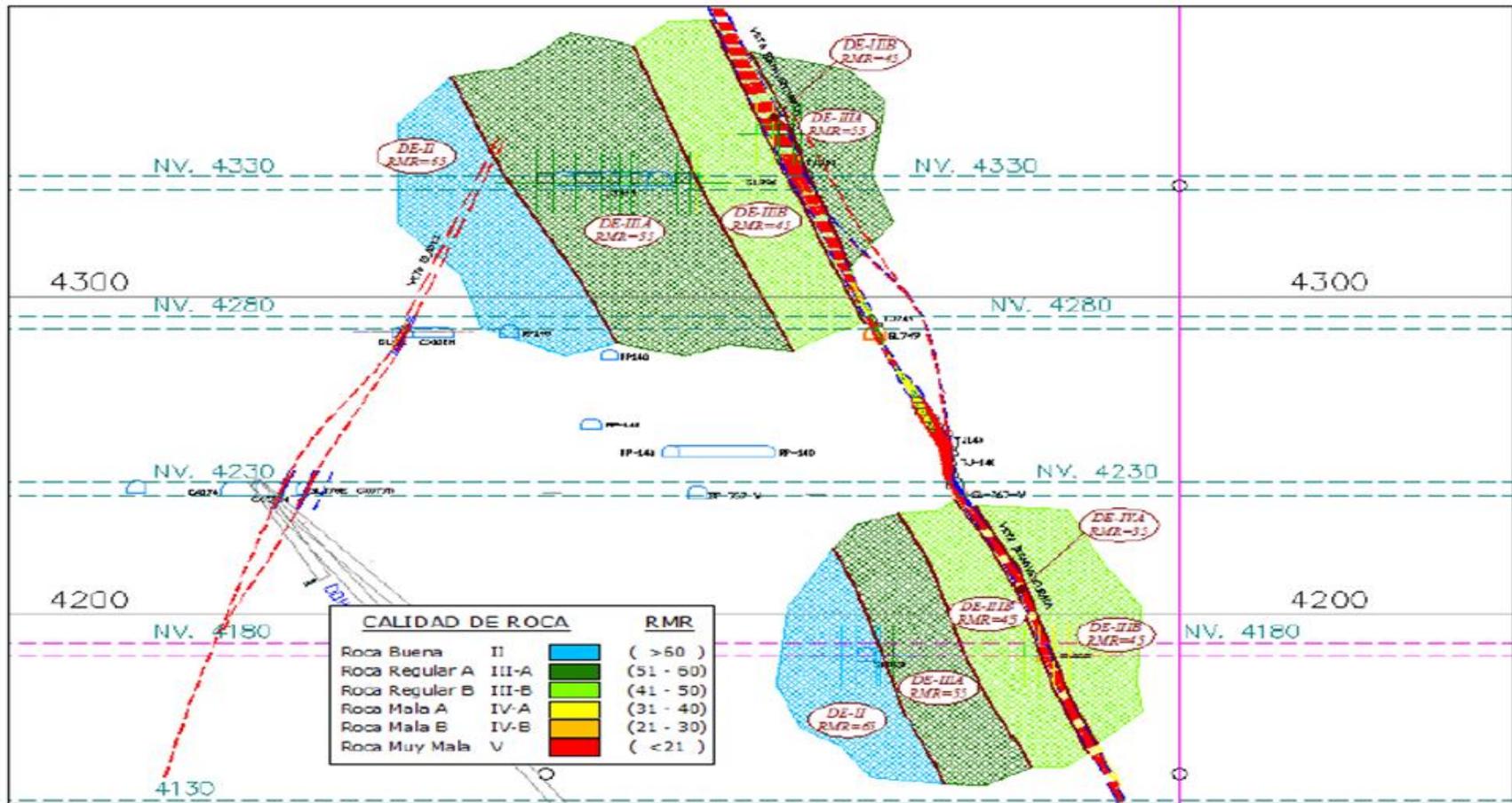
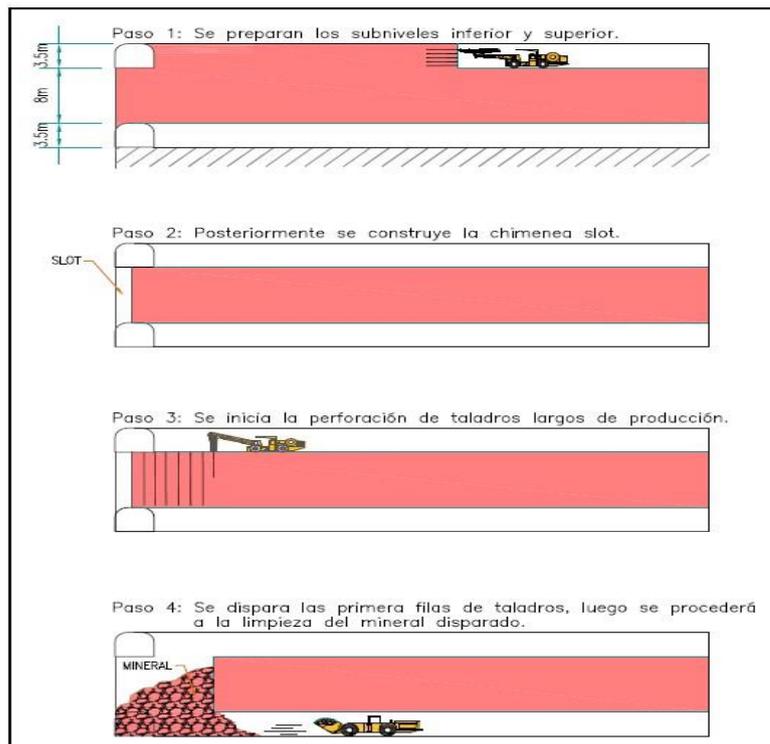
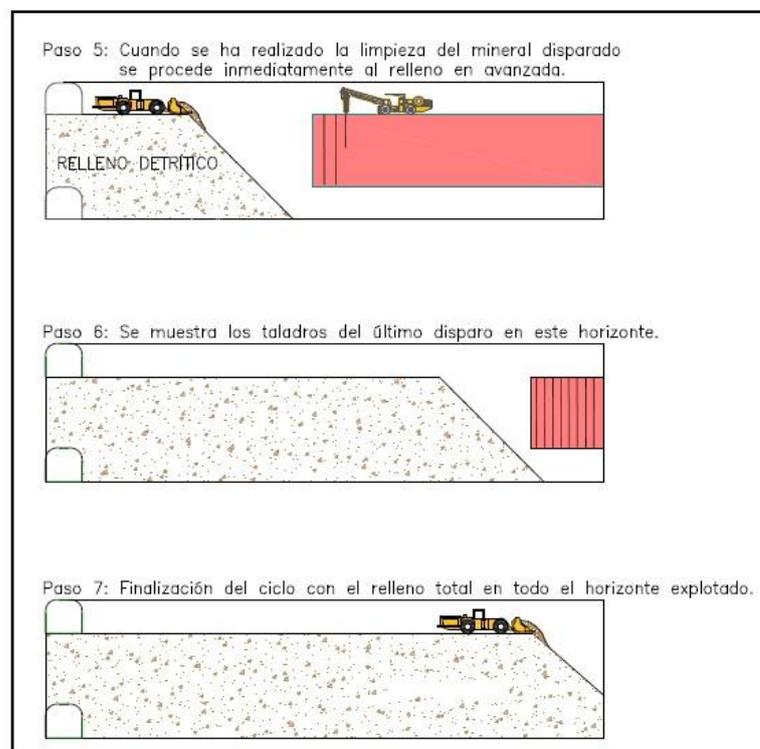


Figura 37. Zonificación geomecánica, zona yessica.  
Tomada del Área de Geomecánica



**Figura 38. Preparación del método bench and fill, etapa 1 a 4. Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 39. Explotación del método bench and fill, etapa 5 a 7. Tomada del Área de Planeamiento**

### Anexo 3

#### Fotos – Procesos carguío y acarreo



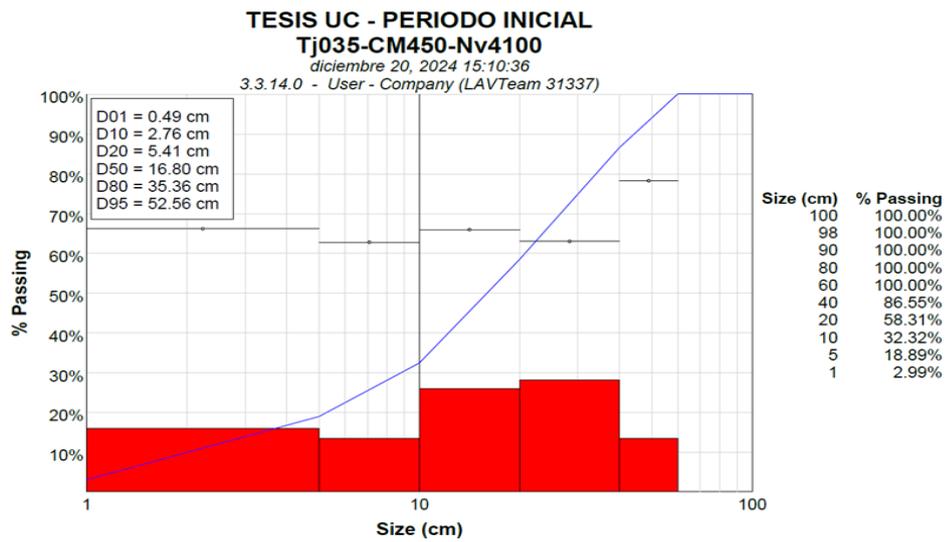
*Figura 9. Cancha de mineral para su mezcla  
Tomada de cancha de mineral*



*Figura 10. Descarga de mineral con volquetes 12 m<sup>3</sup>  
Tomada de cancha de mineral*



**Figura 23. Mineral post voladura, Tj 035-CM450-Nv 4100**



**Figura 40. Perfil de la granulometría, , Tj 035-CM450-Nv 4100, periodo inicial**



Figura 26. Mineral post voladura, Tj075-CM544-Nv4200

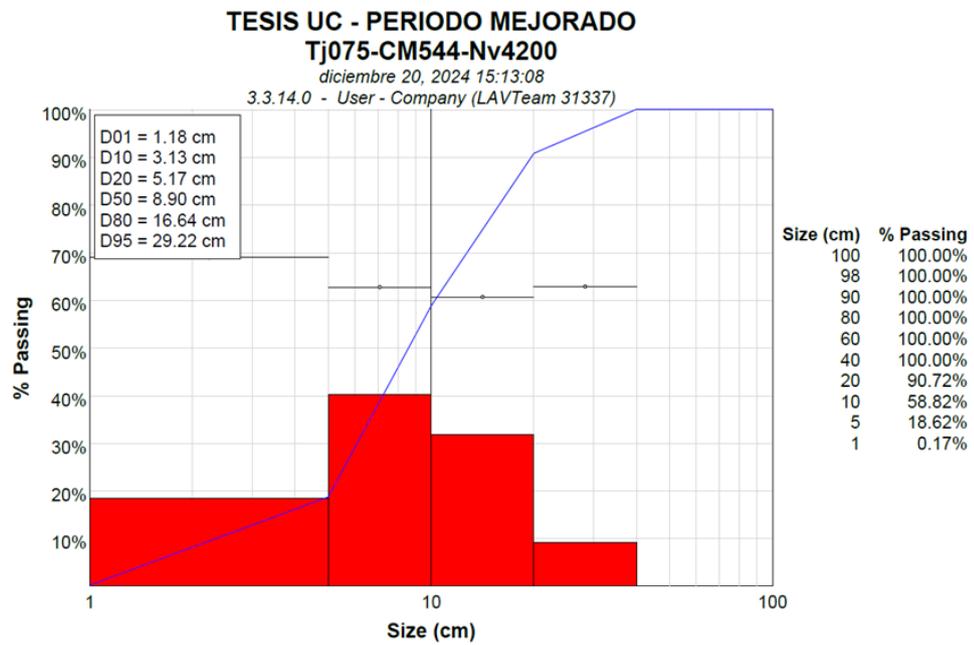


Figura 41. Perfil de la granulometría, Tj 075-CM544-Nv4200