

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**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**

Paul Quiñonez Huayhua  
Frank Daniel Barreto Noa

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

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

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

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

**FECHA** : 28 de Noviembre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN EQUIPOS DE ACARREO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LA UNIDAD MINERA CHUNGAR – MINA ANIMÓN, 2023", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA y FRANK DANIEL BARRETO NOA, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

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

Atentamente,

---

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas  
Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76672427, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

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

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

19 de enero de 2024.

---

PAUL QUIÑONEZ HUAYHUA

DNI. No. 76672427

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, FRANK DANIEL BARRETO NOA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71902459, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

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

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

19 de enero de 2024.

---

FRANK DANIEL BARRETO NOA

DNI. No. 71902459

# 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

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>17%</b>	<b>1%</b>	<b>14%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>12%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to University of Witwatersrand</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Anne Fayma Lopes Chaves, Dayana Da Silva de Amaral, Ana Carolina Maria Araújo Chagas</b>	<b>&lt;1%</b>

Costa Lima, Leilane Barbosa de Sousa et al.  
"Conhecimento das gestantes residentes em  
comunidades rurais sobre o aleitamento  
materno", Enfermagem em Foco, 2022

Publicación

---

9	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la gerencia y personal que conforman la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay por permitir la realización del presente trabajo de investigación en la unidad minera Chungar - Animón.

Asimismo, a toda la plana docente de la EAP Minas de la Universidad Continental por ser parte fundamental en nuestra formación profesional.

También, un agradecimiento especial a nuestro asesor: Ing. Javier Carlos Córdova Blancas, por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a nuestros queridos padres y familiares, quienes estuvieron en todo momento de nuestra vida académica y personal. Muchas gracias por sus consejos y apoyo incondicional en cada momento de nuestras vidas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	24
1.1. Planteamiento y formulación del problema	24
1.1.1. Planteamiento del problema	24
1.1.2. Formulación del problema	25
1.2. Objetivos	25
1.2.1. Objetivo general	25
1.2.2. Objetivos específicos	26
1.3. Justificación e importancia	26
1.3.1. Justificación social - práctica	26
1.3.2. Justificación académica	26
1.4. Hipótesis de la investigación	27
1.4.1. Hipótesis general	27
1.4.2. Hipótesis específicas	27
1.5. Identificación de las variables	27
1.5.1. Variable independiente	27
1.5.2. Variables dependiente	27
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes del problema	29
2.1.1 Antecedentes internacionales	29

2.1.2	Antecedentes nacionales -----	30
2.2	Generalidades de la unidad minera Chungar -----	31
2.2.1	Ubicación de la mina Animón -----	31
2.2.2	Accesibilidad de la mina Animón -----	31
2.3	Geología general -----	32
2.3.1	Geología local -----	33
2.3.2	Geomecánica -----	36
2.4	Metodo de explotacion -----	38
2.4.1	Corte y relleno -----	38
2.4.2	Cámaras y pilares -----	39
2.4.3	Método por subniveles -----	39
2.5	Bases teóricas del estudio -----	39
2.5.1	Parámetros técnicos de acarreo -----	40
2.5.2	Layout o perfil de acarreo -----	41
2.5.3	Consideraciones de productividad en equipos de acarreo -----	44
	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----</b>	<b>53</b>
3.1	Método y alcances de la investigación -----	53
3.1.1	Método de la investigación -----	53
3.1.2	Alcances de la investigación -----	54
3.2	Diseño de la investigación -----	54
3.3	Población y muestra -----	54
3.3.1	Población -----	54
3.3.2	Muestra -----	55
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	55
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	55
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	55
	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>56</b>
4.1	Consideraciones iniciales de acarreo -----	56
4.2	Análisis de tonelaje transportado -----	62
4.3	Análisis de la granulometría en cancha de mineral -----	80
4.4	Análisis de costos y rendimiento de equipos de acarreo -----	89
4.5	Validación de la hipótesis planteada -----	91

CONCLUSIONES-----	98
RECOMENDACIONES-----	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	101
ANEXOS -----	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	28
Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón .....	32
Tabla 3. Estratigrafía de la mina Animón .....	33
Tabla 4. Disponibilidad de los equipos de acarreo, mina Animón .....	44
Tabla 5. Utilización de equipos de acarreo por guardia, mina Animón.....	47
Tabla 6. Utilización de equipos de acarreo por día, mina Animón.....	47
Tabla 7. Utilización de los equipos de acarreo, mina Animón .....	48
Tabla 8. Producción diaria promedio en equipos de acarreo, mina Animón .....	49
Tabla 9. Resumen de disponibilidad, equipos de acarreo, mina Animón .....	57
Tabla 10. Resumen de utilización, equipos de acarreo, mina Animón .....	58
Tabla 11. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo, mina Animón.....	60
Tabla 12. Resumen de tonelaje transportado en equipos de acarreo, mina Animón .....	61
Tabla 13. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero .....	63
Tabla 14. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de mazo .....	65
Tabla 15. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 809 .....	66
Tabla 16. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero .....	68
Tabla 17. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 862, mes de mazo .....	69
Tabla 18. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 862 .....	71
Tabla 19. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de febrero .....	72
Tabla 20. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de mazo .....	73
Tabla 21. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 940 .....	75
Tabla 22. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de febrero .....	76

Tabla 23. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de mazo .....	77
Tabla 24. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 714 .....	79
Tabla 25. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca001 .....	82
Tabla 26. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca002 .....	84
Tabla 27. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca003 .....	86
Tabla 28. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca004 .....	88
Tabla 29. Resumen de la granulometría muestra cancha de mineral .....	88
Tabla 30. Resumen de capacidad efectiva y costos asociados .....	90
Tabla 31. Rendimiento programado y ejecutado equipos de acarreo. ....	92
Tabla 32. Resumen de tonelaje transportado, periodo febrero y marzo .....	94
Tabla 33. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costos de acarreo .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón .....	31
Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón .....	32
Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón .....	34
Figura 4. Principales estructuras mineralizadas en la mina Animón .....	35
Figura 5. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s > 1.30$ .....	36
Figura 6. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con $F_s \geq 1.30$ .....	36
Figura 7. Sección transversal, modelamiento después del minado, Fs 1.0 a 1.33 .....	37
Figura 8. Sección transversal, modelamiento después del relleno, estable .....	37
Figura 9. Especificaciones técnicas, Volvo modelo FMX 8x4 R .....	40
Figura 10. Equipo Volvo modelo FMX 8x4 R, cargando mineral en pique principal .....	41
Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón .....	42
Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timber a planta, mina Animón .....	43
Figura 13. Disponibilidad, equipo Volvo modelo FMX 8x4 R.....	44
Figura 14. Relación de producción, rendimiento y número de viajes en equipos de acarreo .....	49
Figura 15. Granulometría post voladura .....	50
Figura 16. Descarga de mineral, zona acopio planta .....	51
Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta .....	51
Figura 18. Mineral en zona acopio planta .....	52
Figura 19. Resumen de la disponibilidad, equipos acarreo, mina Animón .....	57
Figura 20. Distribución de la disponibilidad de BMV-809 .....	58
Figura 21. Distribución de la disponibilidad de BMV-862 .....	59
Figura 22. Distribución de la disponibilidad de BMV-940 .....	59
Figura 23. Distribución de la disponibilidad de BMV-714 .....	59
Figura 24. Distribución de las horas efectivas, equipos acarreo, mina Animón ...	60
Figura 25. Relación producción, rendimiento y número viajes, mina Animón .....	61

Figura 26. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, febrero .....	64
Figura 27. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809, febrero .....	64
Figura 28. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo .....	65
Figura 29. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo .....	66
Figura 30. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809.....	67
Figura 31. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, febrero .....	68
Figura 32. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862, febrero .....	69
Figura 33. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo .....	70
Figura 34. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo .....	70
Figura 35. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862.....	71
Figura 36. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, febrero .....	72
Figura 37. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940, f ebrero .....	73
Figura 38. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo .....	74
Figura 39. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo .....	74
Figura 40. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940.....	75
Figura 41. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, febrero .....	76
Figura 42. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714, febrero .....	77

Figura 43. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 914, marzo .....	78
Figura 44. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, marzo .....	78
Figura 45. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714.....	79
Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.....	80
Figura 47. Análisis de imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.....	81
Figura 48. Distribución de granulometría muestra Ca001, febrero.....	81
Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero .....	82
Figura 50. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero .....	83
Figura 51. Distribución de granulometría muestra Ca002, febrero.....	83
Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo.....	84
Figura 53. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo .....	85
Figura 54. Distribución de granulometría muestra Ca003, marzo .....	85
Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo.....	87
Figura 56. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo .....	87
Figura 57. Distribución de granulometría muestra Ca004, marzo .....	87
Figura 58. Resumen y análisis de la granulometría (P80) y el factor de llenado.....	89
Figura 59. Granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo .....	90
Figura 60. Granulometría, capacidad efectiva y costos en equipos de acarreo ...	91
Figura 61. Resumen de utilización de equipos de acarreo.....	92
Figura 62. Resumen de disponibilidad de equipos de acarreo.....	93
Figura 63. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo .....	93
Figura 64. Resumen de horas efectivas y números de viajes en equipos de acarreo .....	95
Figura 65. Resumen de granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo .....	96
Figura 66. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costo asociados....	96

## RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación permite realizar el 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. El trabajo de investigación analizó los equipos de acarreo de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, durante los periodos de enero a marzo.

La metodología de investigación aplicada fue el método inductivo – deductivo, donde se observó las variables operacionales de los equipos de acarreo considerando el rendimiento de los equipos de acarreo como la utilización, disponibilidad, horas efectivas, tonelaje transportado, granulometría, capacidad efectiva y costos asociados.

El trabajo de investigación se desarrolló durante los periodos de enero a marzo, analizando el tonelaje transportado, las variables de rendimiento para luego determinar la granulometría del material transportado y ver su influencia con la capacidad efectiva y costos o valorización asociada a los equipos de acarreo.

Los resultados obtenidos en los equipos de acarreo consideran una disponibilidad del 92 %, la utilización del 47.25 % y las horas efectivas operacionales en 10.46 horas diaria.

El tonelaje transportado se incrementó durante el segundo periodo (marzo) en 6,646.09 toneladas, con un promedio de 20 viajes y 2.02 horas efectivas operacionales, con un incremento de la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12.

La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09

cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas (224.13 \$/ciclo) y un máximo de 25.85 toneladas (158.21 \$/ciclo).

Las variabilidades asociadas a la granulometría afectan directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo).

**Palabras clave:** rendimiento, utilización, disponibilidad, horas efectivas, tonelaje transportado, capacidad efectiva, granulometría, costos, etc.

## ABSTRACT

The development of the research allows the analysis of the operational variables in hauling equipment to reduce mineral transportation costs in the Chungar Mining Unit, Animón mine. The research work analyzed the Volvo brand hauling equipment model FMX 8x4 R of 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 and BMV-714, belonging to the San Juan de Huayllay Multiservice Communal Company, during the periods from January to March.

The applied research methodology was the inductive - deductive method, where the operational variables of the hauling equipment were observed considering the performance of the hauling equipment such as utilization, availability, effective hours, transported tonnage, granulometry, effective capacity and associated costs.

The research work was carried out during the periods from January to March, analyzing the transported tonnage, the performance variables to later determine the granulometry of the transported material and see its influence with the effective capacity and costs or valuation associated with the haulage equipment.

The results obtained in the hauling equipment consider an availability of 92 %, the use of 47.25 % and the effective operational hours in 10.46 daily hours.

The transported tonnage increased during the second period (March) by 6,646.09 tons, with an average of 20 trips and 2.02 effective operational hours, with an increase in mineral transportation valuation of US \$41,286.60, considering a unit price of US \$ 6.12.

The granulometry during the study varies from a minimum range of 24.11 cm to a maximum of 190.95 cm, considering an average granulometry of 72.09 cm, this considers fill factors from a minimum of 60% and a maximum of 85%. The granulometries and filling factors consider effective capacities of hauling equipment at a minimum of 36.62 tons (224.13 US\$/cycle) and a maximum of 25.85 tons (158.21 US\$/cycle).

The variabilities associated with the granulometry directly affect the tonnage transported, considering that the higher the granulometry ( $>P80$ ) the transported tonnage is lower and vice versa, the lower the granulometry ( $=P80$ ) the transported tonnage is greater (optimal).

**Keywords:** Performance, utilization, availability, effective hours, transported tonnage, effective capacity, granulometry, costs, etc.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas en operaciones mineras es el incremento de costos operacionales a medida que se va profundizando los diferentes frentes operacionales. Por tal motivo, generar programas de optimización y reducción de costos en equipos de transporte de mineral y desmonte es de vital importancia.

Analizar el grado de fragmentación posvoladura del mineral afectará directamente la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y el tonelaje transportado, y los costos o valorización asociados.

Uno de los grandes problemas en la valorización de transporte de mineral por parte de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay es la variabilidad de tonelaje transportado, producto de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

La capacidad de los equipos de acarreo son dependientes de las variables operacionales como granulometría (P80), densidad y factor de esponjamiento, etc. Todas estas variables varían de acuerdo al resultado posvoladura, por lo que es de vital importancia conocer la variabilidad geológica o modelos geometalúrgicos para generar programas de optimización.

El presente trabajo de investigación analiza 4 equipos de transporte de mineral de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, durante el periodo de enero a marzo. Se analizará el tonelaje transportado, las variables de rendimiento de equipos de acarreo, para luego determinar la granulometría del material transportado y ver su influencia con la capacidad efectiva y costos o valorización asociada.

El trabajo de investigación se desarrolla en los siguientes capítulos: para el capítulo I, se describe el problema, objetivo e hipótesis general, así como los

problemas, objetivos e hipótesis específicas. En el capítulo II, se desarrolla los antecedentes nacionales e internacionales, generalidades de la mina y bases teóricas. En el capítulo III, se desarrolla la metodología de investigación, técnicas de investigación, población y muestra asociadas. En el capítulo IV, se describe el análisis e interpretación de resultados del trabajo de investigación.

Los autores.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

Las empresas mineras en el Perú desarrollan sus actividades operacionales de acuerdo al plan de minado de corto, mediano y largo plazo, durante el cual se establecen planes de producción que se tiene que cumplir durante un tiempo establecido.

Controlar los costos operacionales en minería es de vital importancia, por tal motivo desarrollar programas que optimicen los diferentes procesos unitarios ayudarán a mejorar la rentabilidad operacional.

Los de costos de transporte y acarreo en la industria minera está en el orden de 45 a 50 %, estos representan una gran incidencia en la estructura de los costos operacionales, por tal motivo es indispensable conocer las variables operacionales que inciden dichos costos como: toneladas transportadas, densidad de material, distancia de layout de acarreo, velocidad de acarreo con carga y sin carga, condiciones mecánicas y eléctricas de los equipos de acarreo, etc.

El presente trabajo de investigación permitirá el análisis de los equipos de acarreo de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, permitiendo

analizar las variables operacionales que influyen en el rendimiento de los equipos de acarreo, con la finalidad de reducir los costos operacionales.

Por tal motivo, se analizará el grado de fragmentación posvoladura transportado, el tonelaje transportado y sus costos unitarios asociados, con la finalidad de mejorar la rentabilidad de la empresa comunal.

### **1.1.2. Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cómo se puede reducir los costos de transporte de mineral mediante el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo influye el tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo en la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

b) ¿Cómo influye el grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón 2023?

c) ¿Cómo influye el grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Reducir los costos de transporte de mineral mediante el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia del tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo en la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.
  
- b) Determinar la influencia del grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.
  
- c) Determinar la influencia del grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo para la reducción de costos en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

### **1.3. Justificación e importancia**

Al desarrollar la presente tesis, se analizarán las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral, considerando la granulometría, densidad, factor de esponjamiento, distancias del layout de acarreo, en la unidad minera Chungar.

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

El desarrollo del presente trabajo ayudará a entender el comportamiento de las variables operacionales en equipos de acarreo, cuyos resultados mejorarán la rentabilidad operacional. Dicha mejora ayudará a realizar inversiones en la gestión social y mejorará la relación con las comunidades presentes en el área de la unidad minera. Así mismo, el cumplimiento de los planes de minado involucra el cumplimiento del tonelaje, producido, acarreado y procesado, para maximizar el valor operacional de la unidad minera.

#### **1.3.2. Justificación académica**

El desarrollo del trabajo de investigación establecerá modelos numéricos que permitan optimizar las variables operacionales de acarreo, los resultados obtenidos permitirán ser base comparativo de estudios similares. La mejora en el

comportamiento de las variables analizadas en sistemas de acarreo, ayudarán a entender la optimización del proceso unitario. Así mismo, los profesionales y estudiantes que realicen estudios similares, se ayudarán con los resultados obtenidos, y podrán realizar estudios comparativos (benchmarking) de otras unidades mineras.

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

### **1.4.1. Hipótesis general**

Al analizar las variables operacionales en los equipos de acarreo influirá en la reducción de costos de transporte en la unidad minera Chungar – Mina Animón, 2023.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al determinar la influencia del tonelaje transportado mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.
  
- b) Al determinar la influencia del grado de fragmentación mediante el análisis de las variables operacionales de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.
  
- c) Al determinar la influencia del grado de fragmentación en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo influye en la reducción de costos en la Unidad Minera Chungar – Mina Animón, 2023.

## **1.5. Identificación de las variables**

### **1.5.1. Variable independiente**

Reducción de costos de acarreo

### **1.5.2. Variables dependiente**

Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo como rendimiento de equipos, granulometría, capacidad efectiva, etc.

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Reducción de costos de acarreo	Para garantizar la vida operacional de operaciones mineras es de vital importancia el control de la optimización y reducción de costos de acarreo, producto de las características del material transportado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideraciones Geológicas</li> <li>• Consideraciones Geomecánicas</li> <li>• Consideraciones de Operación</li> </ul>	Geología  Geomecánica  Operación	Tipo roca, alteración hidrotermal, mineralogía, etc.  Propiedades físicas de la roca.  Producción, densidad, costos de acarreo, etc.
VD:  Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo	Para optimizar el proceso unitario de acarreo es de vital importancia conocer las características del material a ser transportado, como la granulometría, la densidad, etc., para el cumplimiento de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de operación en equipos de acarreo.</li> <li>• Parámetros del rendimiento de equipos de acarreo</li> </ul>	Análisis de los parámetros para cumplimiento del material transportado  Análisis de los parámetros de rendimiento de los equipos de acarreo.	Tonelaje transportado, granulometría, densidad de material, costos de acarreo, etc.  Capacidad efectiva, utilización, disponibilidad y horas efectivas, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

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

- ✓ Tesis titulada: "*Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia*". El objetivo fue realizar el análisis del proceso de acarreo, identificando variables operacionales que afectan directamente a la pérdida de tiempos operacionales. El estudio plantea, analizar e identificar la pérdida de tiempo y las diferentes actividades que generan esta pérdida. El resultado del estudio, considera que la actividad asociada a la espera de los equipos de acarreo en los diferentes frentes operacionales es demasiado alto representando el 30 % de las horas operativas, buscando reducir este tiempo, mejorando la disponibilidad hasta en un 85% de disponibilidad mecánica en equipos de acarreo (1).
  
- ✓ Tesis titulada: "*Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo-Sucre*". El objetivo es optimizar los procesos de carguío, transporte y descarga de minerales industriales tipo caliza, considerando las condiciones operacionales. Se realizó el análisis de los ciclos asociados a los procesos unitarios desde los puntos de producción (cantera) hasta la zona de descarga (planta de Toluviejo en Colombia). Dentro del análisis del layout de acarreo, se consideró las pérdidas de tiempo asociado a estas etapas, siendo identificadas

y planteando soluciones para mitigar la pérdida de tiempo operacional. Los resultados obtenidos, plantea la generación de 2 vías alternas que permitan reducir las distancias entre los puntos de producción (layout de acarreo) y por ende la disminución del tiempo asociado al ciclo de acarreo. Así mismo, se plantea la capacitación de los operados de equipos en los procesos de carguío y acarreo reduciendo el tiempo asociado a estas etapas. (2)

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

- ✓ Trabajo titulado: “*Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha*”. El objetivo fue evaluar y realizar una propuesta en el sistema de acarreo. Los resultados consideran el análisis de todas las variables operacionales, como el tiempo asociado a las actividades de carguío y acarreo, considerando la mejora de los indicadores de rendimiento en carguío y acarreo, mejorando la reducción de costos en US\$/t-km, disminuyendo el tiempo de carguío, considerado como valores altos en 10 minutos, producto de una distancia mayor desde los puntos de carguío (3).
  
- ✓ Tesis titulada: “*Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.*” El objetivo del presente trabajo fue identificar la pérdida de tiempo operacional con la finalidad de incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo. Los resultados obtenidos fue la disminución de las pérdidas de tiempos operacionales, mejorando la utilización y el incremento de la producción. Esta reducción de tiempo ayudó a mejorar los índices de productividad en los procesos operativos (4).
  
- ✓ Tesis titulada: “*Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. Minera Ares – U.O. Inmaculada*”. El objetivo del estudio fue identificar las diferentes actividades relacionadas a la pérdida de tiempo operacional en los equipos de acarreo. Al controlar las

diferentes actividades que inciden el proceso de acarreo de mineral hubo una mejora en los resultados disminuyendo la pérdida de tiempo de 3.5 a 2.60 horas, mejorando la rentabilidad operacional de la unidad minera (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera Chungar

### 2.2.1 Ubicación de la mina Animón

La mina Animón se ubica en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco. Se emplaza en el flanco oriental de la cordillera occidental, en las coordenadas UTM.: 8´780,728 N y 344,654 E a una altura promedio de 4,600 m s. n. m.



*Figura 1. Plano de ubicación de la mina Animón  
Tomada del Área de Planeamiento*

### 2.2.2 Accesibilidad de la mina Animón

La accesibilidad principal (carretera central) a la mina Animón es desde la ciudad de Lima – La Oroya – cruce Villa de Pasco – Huayllay – mina Animón con una distancia de 328 kilómetros. Así mismo existen 2 rutas alternas siendo estas: Lima

– Canta – mina Animón con una distancia de 219 kilómetros y Lima – Huaral – mina Animón con una distancia de 225 kilómetros.

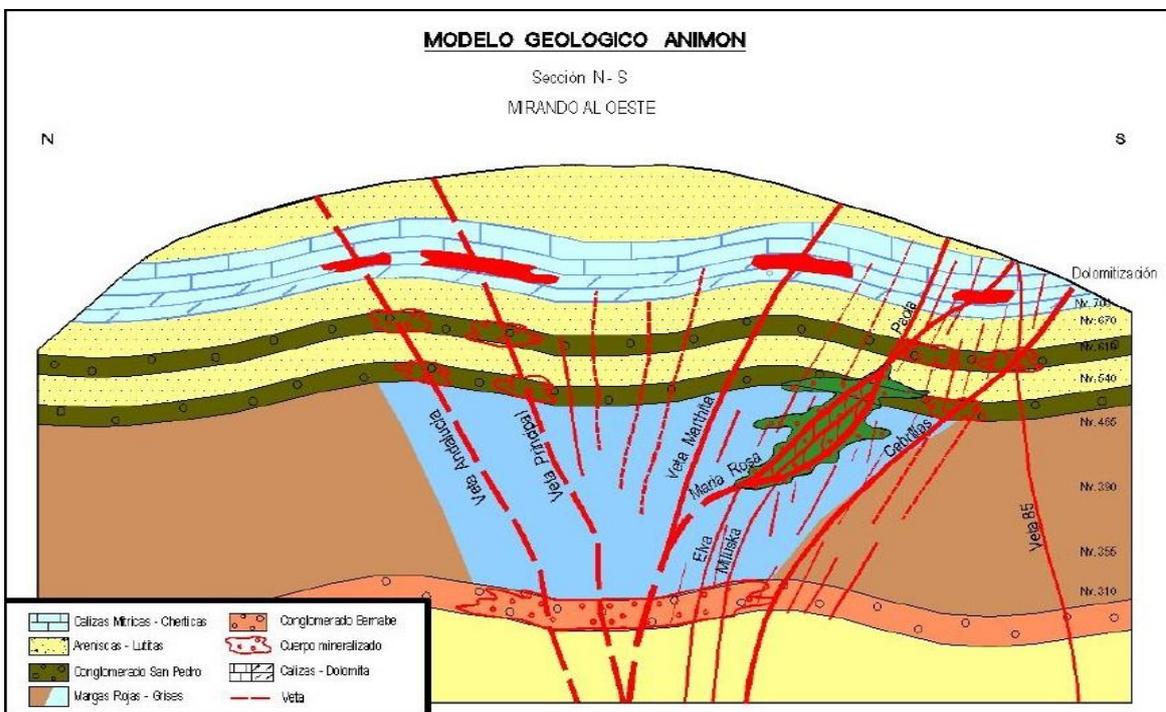
**Tabla 2. Accesibilidad a la mina Animón**

RUTA	DISTANCIA	VÍA
Lima – Oroya - Villa Pasco - Huayllay – mina Animón	328 kilómetros	Asfaltada (principal)
Lima – Canta – mina Animón	219 kilómetros	Afirmada (alterna)
Lima – Huaral – mina Animón	225 kilómetros	Asfaltado (alterna)

*Tomada del Área de Planeamiento*

### 2.3 Geología general

La mina Animón se presentan estructuras mineralizadas hidrotermales tipo veta, manto, brechas y cuerpos metasomáticos, relacionadas a intrusiones y zonas sedimentarias de minerales de Zn, Pb, Ag y Cu, teniendo un control estructural y litológico, asociada a la formación Casapalca.



**Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón**  
*Tomada del Área de Geología*

### 2.3.1 Geología local

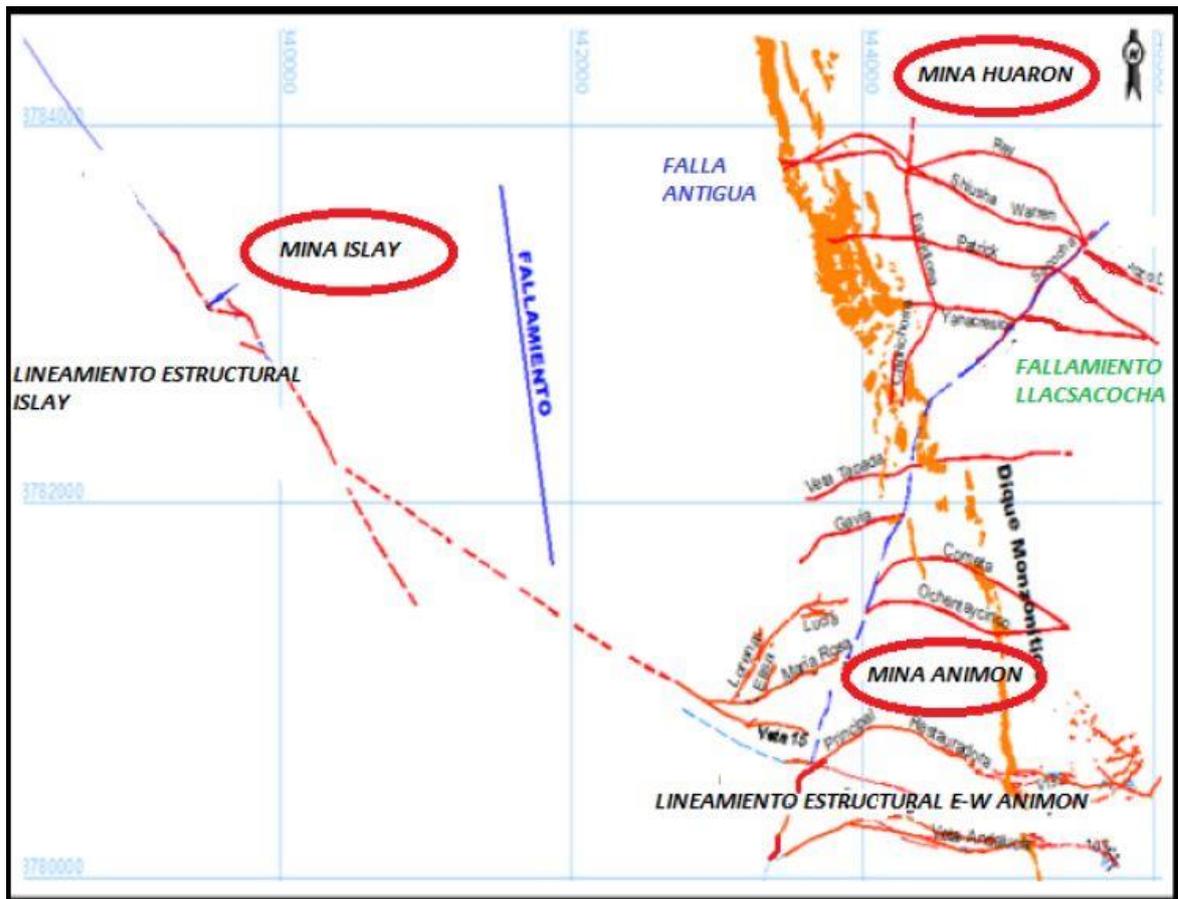
La mina Animón se emplaza en ambientes sedimentarios de la formación Casapalca, compuesta principalmente en los niveles superiores por zonas de margas limoníticas rojizas con diferentes niveles de areniscas, lodolitas, limonitas y calizas con potencias entre 50 y 300 metros, entre estas unidades se intercalan calizas finas con chert irregular con potencias de 175 metros. En los niveles intermedios se observa chert calcáreo con potencias de 175 metros. En los niveles inferiores se observa chert calcáreo y niveles de areniscas calcáreas y chert rojizos con niveles irregulares de conglomerados con potencias hasta 480 metros. Y en los niveles inferiores de la formación Casapalca se observa areniscas calcáreas con limonitas y margas rojizas con potencias de 800 metros, como se observa en la columna estratigráfica.

Tabla 3. Estratigrafía de la mina Animón

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS				UNIDADES LITO ESTRATIGRAFICAS				SUCCESO GEOLOGICO	MILLONES AÑOS	ROCAS INTRUSIVAS				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD	GRUPO	FORMACION	UNIDAD	COLUMNA				SIMBOLO	GROSOR (mts)	LITOLOGÍA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECI-RENT						Q-Dep-R	10	Depósitos neoglaciales Limo-arcilla-granoso	EROSION GLACIAR EL ELEVACION ANDES 4,000	1	ANDESITA	
		PLEIS-TOCENO						Q-Pl.mo	20	morenas con clastos angulosos a subredondos en matriz arenosa.				
	TERCIARIO	MEDIOSUP	PLO-CENO		CALIPUY				Ts-FmsH	200	tasas lignimbricas rivas y arcillas	PLEGAMIENTO QUICHUANO		13
			PLO-CENO						Tm-Vca	1000	volcanicos, piroclasticos, lavas de andesitas y dacitas porfiriticas.	PENETRACION SUPERFICIE PUNA		25
		INFERIOR	EOCENO	PUCARA	CASA PALCA	SUPERIOR				>50	Margas limoniticas y rojizas con niveles de areniscas, lodolitas, limonitas y calizas.	PLEGAMIENTO INCAICO ANTICLINAL DE HURON		36
										175	Calizas finas con chert irregular. Quimo cocha, intercalada con niveles de margas y areniscas			
									200	Margas limoniticas rojizas intercaladas con delgados niveles de areniscas rojizas.	FRACCIÓN INTRUSION	36		
									400	Conglomerado heterolitico "San Pedro" en matriz arenosa, con niveles de areniscas y margas.				
										300	Margas limoniticas y rojizas con delgado nivel de areniscas rojizas.	PERUANA FORMACION DE LOS ANDES		63
									25	Chert calcareo irregular.				
								420	Areniscas de Kamaç y margas rojizas.	90				
								40	Conglomerados Bamabé con clastos de caliza.					
MESOZOICO	JURASICO	MEDIOSUPERIOR	PALEOCENO	CHAMBARA	INFERIOR				800	Areniscas de Kamaç, limonitas y margas rojizas.	FORMACION DE LOS ANDES	90		

Tomada del Área de Geología

El comportamiento estructural está asociado a la orogénesis Incaica, los que fueron afectados por esfuerzos compresivos E – W, haciendo que los sedimentos se plieguen en forma regional de dirección N25°W. La principal expresión tectónica en la zona de chungar es el anticlinal de María Rosa, considerado como un pliegue asimétrico cuyas dimensiones son de 20 x 6 km. El comportamiento estructural asociado a lineamientos NS a NW, asociado a fallas tensionales de rumbo EW, los cuales se observan en la mina Huarón.

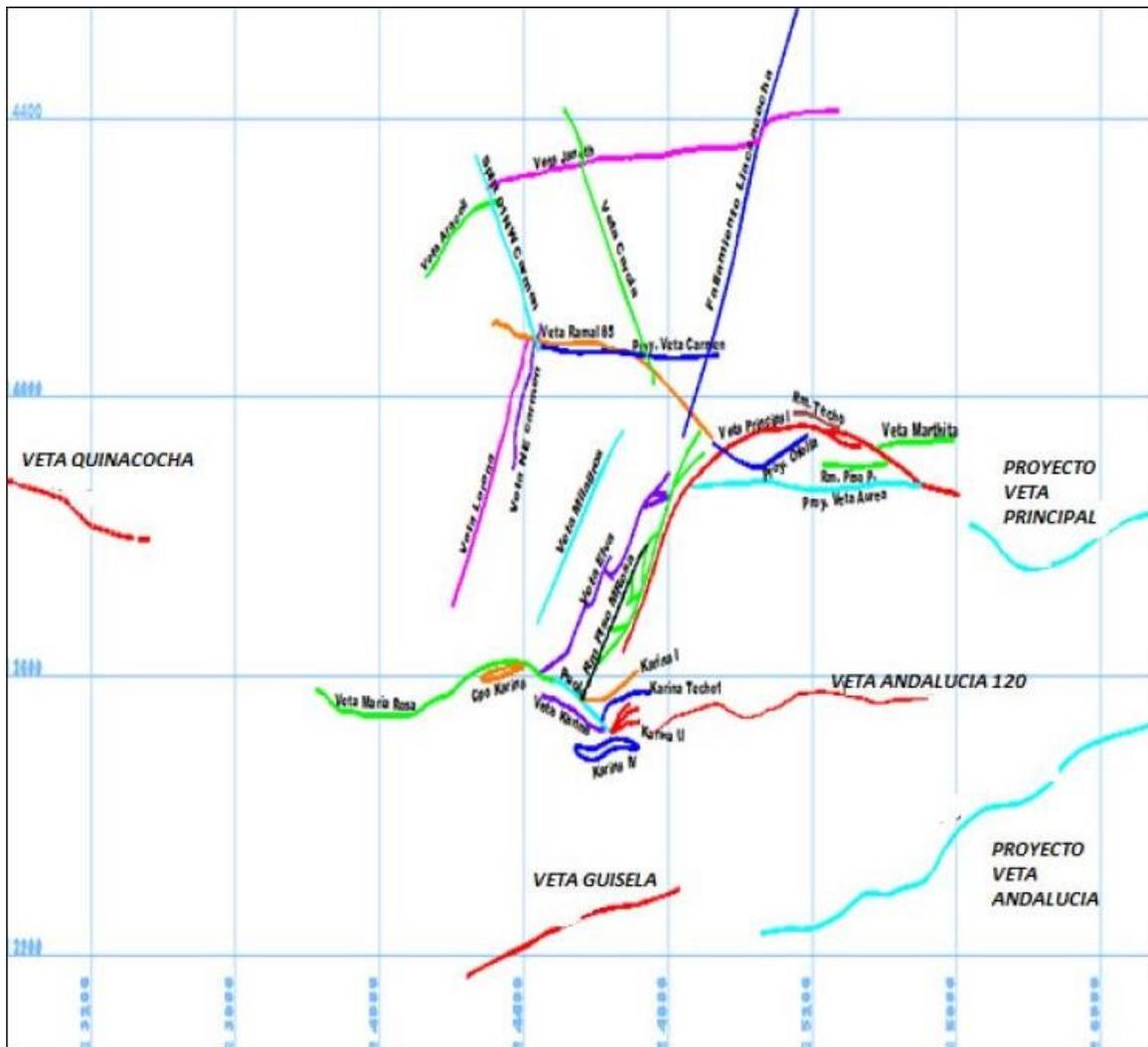


**Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón  
Tomada del Área de Geología**

Las zonas de fuerzas tectónicas compresivas y extensivas en el anticlinal generaron zonas de debilidad para el emplazamiento de flúidos ígneos de composición monzonítico cuarcífero, formando diques longitudinales y transversales. Las dimensiones de los diques longitudinales son en su parte más ancha de 350 metros y se adelgaza en profundidad, los diques transversales tienen potencia de 300 metros en su parte más ancha, uniéndose en la parte central del

anticlinal donde se observa las mayores potencias. Las soluciones hidrotermales post intrusivas generaron alteraciones tipo sericita, caolinita y piritización. Los esfuerzos tectónicos post intrusivos generaron ambientes favorables para la formación de estructuras de dirección EW y NS, generando la mineralización de las principales vetas en la mina Animón como: Andalucía, maría rosa, veta principal piso, Lorena, veta Elba, split Carmen, etc. La densidad promedio para la mineralización es de  $3.28 \text{ kg/m}^3$  y para la roca encajonante de  $2.84 \text{ kg/m}^3$

La mineralización polimetálica presente está compuesta por: esfalerita, galena, calcopirita con trazas de sulfosales de Cu (tenantita y tetraedrita), así como sulfosales de Ag (pirargirita).



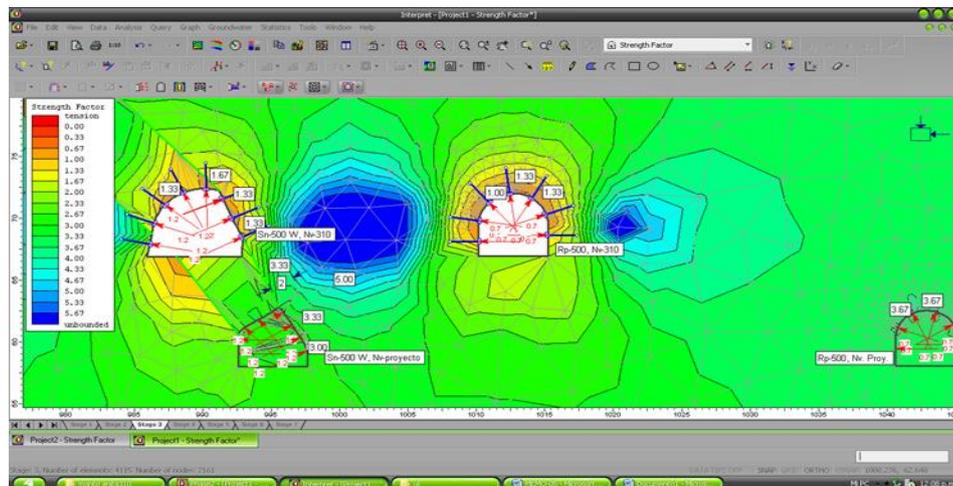
**Figura 4. Principales estructuras mineralizadas en la mina Animón  
Tomada del Área de Geología**

### 2.3.2 Geomecánica

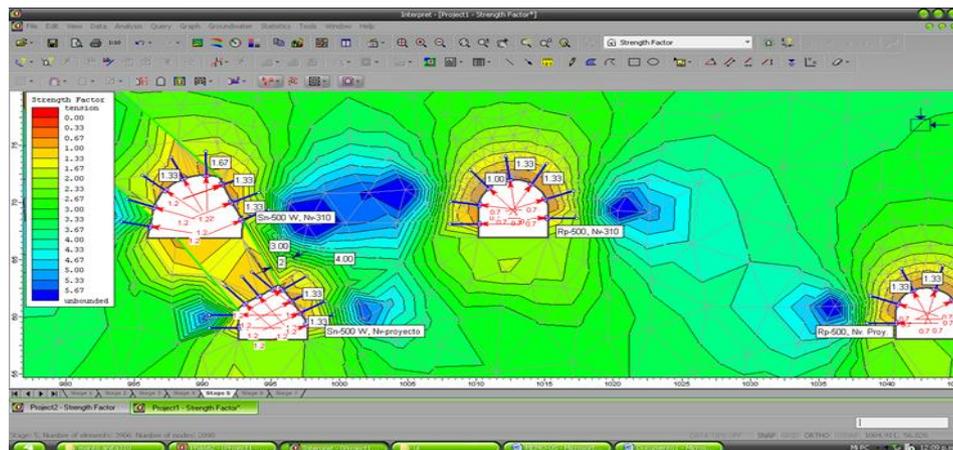
Los estudios realizados para determinar el factor de seguridad en estado tenso deformacional de las excavaciones antes y después del minado, esto ayuda a la toma de decisiones para el adecuado dimensionamiento.

#### a) Modelamiento tenso deformacional del subnivel 500 Nv 310

Considera el factor de seguridad  $> 1.30$  con sostenimiento, considerando una condición estable.



**Figura 5. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con  $F_s > 1.30$   
Tomada del Área de Geomecánica**

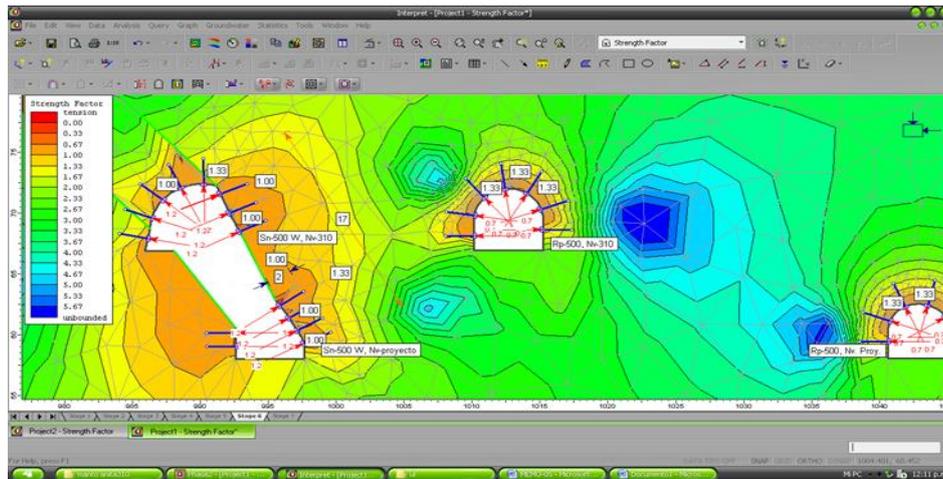


**Figura 6. Sección transversal, modelamiento subnivel 500, Nv 310, con  $F_s \geq 1.30$   
Tomada del Área de Geomecánica**

El tipo de sostenimiento en subniveles son con malla + Hydrabolt de 7' de longitud, espaciados a 1.2 x 1.2 metros, con condiciones estables y un factor de seguridad  $\geq$  a 1.30.

b) Modelamiento tenso deformacional después del minado de 8.0mts de altura de banco.

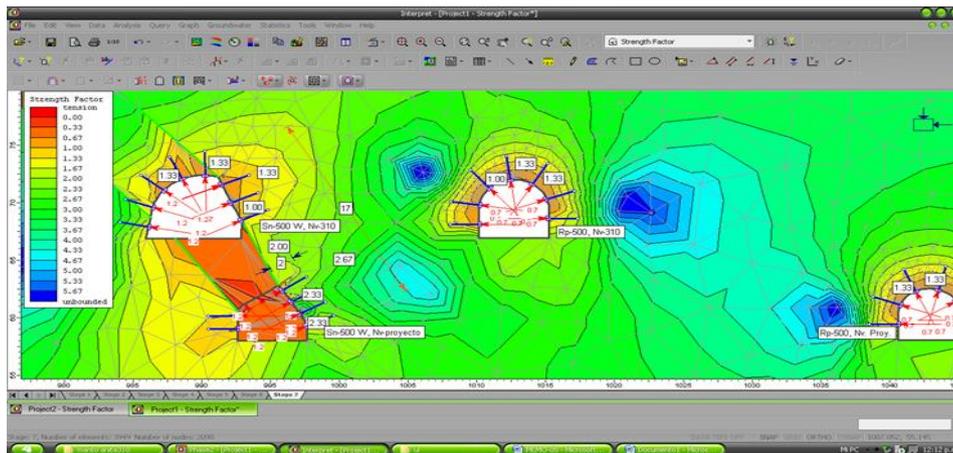
Las consideraciones del factor de seguridad, luego del minado con alturas de 8 metros y una abertura total de altura del tajo de 18 metros, con un factor de seguridad de 1.0 a 1.33, considerado como zona inestable a estable.



**Figura 7. Sección transversal, modelamiento después del minado,  $F_s$  1.0 a 1.33  
Tomada del Área de Geomecánica**

c) Simulación después del relleno detrítico.

Factor de seguridad incrementa luego del relleno detrítico oportuno, generando una condición Estable



**Figura 8. Sección transversal, modelamiento después del relleno, estable  
Tomada del Área de Geomecánica**

De acuerdo a las diferentes estructuras mineralizadas presentes en la mina Animón, consideradas como vetas, mantos y cuerpos, los cuales de acuerdo a las propiedades del macizo rocoso se considera métodos con relleno.

Los métodos seleccionados, consideran las propiedades geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas para la selección del método de minado.

Las consideraciones geológicas en la mina Animón, considera una mineralogía polimetálica con leyes promedio de Zn@5.66 %, Pb@1.59 %, Ag@1.86 Oz y Cu@0.15 %.

## **2.4 Metodo de explotacion**

De acuerdo a las características geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas de las diferentes estructuras mineralizadas se aplican los métodos de explotación como corte y relleno ascendente, cámaras y pilares y métodos por subniveles o *sublevel stoping*.

### **2.4.1 Corte y relleno**

El método de explotación de corte y relleno es minado por niveles horizontales desde el nivel inferior, siguiendo en forma vertical. El relleno se realiza de acuerdo como se va explotando los diferentes niveles horizontales con relleno detrítico y relleno hidráulico, lo cual permite la estabilidad del macizo rocoso del tajo minado.

La aplicación del método corte y relleno ascendente ofrece una buena recuperación de mineral cercana al 100 %, es muy selectivo considerando zonas de alta ley y descartando zonas de baja ley, es muy seguro, consigue un alto grado de mecanización y aplicados a estructuras con propiedades del macizo rocoso incompetentes. Las desventajas consideran un alto costo de minado, un bajo rendimiento en el ciclo de minado por el uso del relleno y un alto consumo de materiales de fortificación.

### **2.4.2 Cámaras y pilares**

Aplicado a estructuras con bajo buzamiento o sub horizontales, dejando pilares de mineral en el techo para su sostenimiento, siendo su recuperación en forma parcial o total. Es parcialmente selectivo, la mecanización es bien completa, reduciendo los costos operacionales, con recuperaciones de mineral entre el 80 al 90 %. Si la mineralización es irregular hay baja productividad en los procesos unitarios del ciclo de minado y generando diluciones importantes.

### **2.4.3 Método por subniveles**

Aplicado principalmente a estructuras mineralizadas verticales o sub verticales de potencias mayores y angostas. Así mismo, considerar que los contactos de la estructura mineralizada con las cajas asociadas. También es aplicable a cuerpos mineralizados generando alta productividad, aplicado a una roca competente

La aplicación del método es por tajadas verticales (taladros largos), generando grandes dimensiones a ser rellenadas, la expresión de subniveles, es porque se aplica galerías de extracción y subniveles de explotación en los diferentes frentes de producción. Las labores de desarrollo y preparación consideran galerías de transporte, estocadas de carguío, embudos o zanjas recolectoras de mineral y chimenea slot. Es muy favorable a la mecanización, alto ritmo de producción, recuperaciones hasta el 90%, bajo control de la dilución con estructuras irregulares, altas inversiones en las preparaciones antes de iniciar la explotación, no es selectivo.

## **2.5 Bases teóricas del estudio**

La presente tesis realiza el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para determinar la reducción de costos de transporte de mineral en la mina Animón. Las variables operacionales estarán relacionados a la densidad de material, granulometría, capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo, así como el layout de acarreo desde los puntos de carguío hacia la zona de acopio en planta concentradora. Es de vital importancia medir el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, para entender y generar programas de optimización

y reducción de costos. La producción de la Unidad Minera Chungar es de 5500 tpd, provenientes de las minas Animón e Islay.

### 2.5.1 Parámetros técnicos de acarreo

Los equipos de acarreo son de marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup> o de 31,006 kg de capacidad nominal, se analizarán 4 equipos de año de fabricación del 2021 y la fecha de puesta en servicio en la unidad minera el 05/01/22



**VOLVO FMX 8x4R**  
**VOCACIONAL**  
**380/420/460/500 CV**



Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

- ✓ 13 LITROS
- ✓ CABINA EXTENDIDA  
TECHO NORMAL
- ✓ CAJA I-SHIFT CON SOFT HD
- ✓ AIRBAG
- ✓ EJE CON REDUCTOR  
DE CUBOS

#### DATOS TÉCNICOS

**MOTOR**  
**Modelo:** VOLVO D13C Euro 5  
**Características:** 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro.  
**Unidades individuales de inyector bomba.** Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.  
**Potencia:** 380 / 420 / 460 / 500 CV (1.400 a 1.900 rpm)  
**Torques:** 1.900 / 2.100 / 2.300 / 2.500 Nm (1.000 a 1.400 rpm)

**CAJA DE VELOCIDADES**  
**Modelo:** Volvo AT2612F  
**Tipo:** Automatizada sin sincronizados  
**Sistema:** I-Shift con soft HD  
**Marchas:** 12 Velocidades (14,94:1 - 1:1)  
**Opcional:** I-Shift de 14 marchas, 12 + 2 super reducidas (32,04:1 / 19,38:1)

**SUSPENSIÓN DELANTERA**  
**Tipo:** Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** 16.000 a 20.000 kg

**FRENOS**  
**Tipo:** A tambor con ABS, EBS y control de tracción.  
**Freno auxiliar:** Freno de motor VEB a través de válvulas de 410 CV (para 380/420) o VEB+ de 510 CV (para 460/500)  
**Opcional:** Retardador Hidráulico

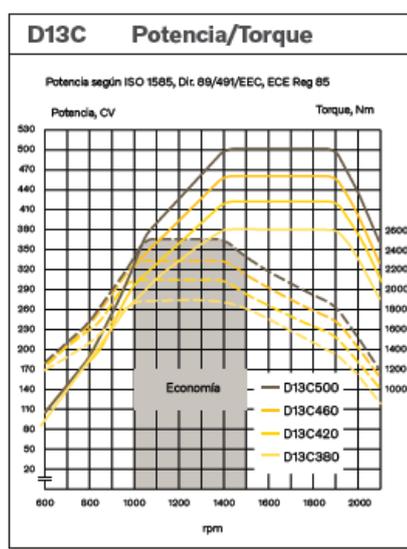
**TANQUES DE COMBUSTIBLE**  
**Tipo:** Rectangular plástico.  
**Capacidad:** 400 lts (entre ejes 4.350 mm)  
**Aditivo SCR:** Capacidad 32 lts

**DIFERENCIAL**  
**Modelo:** RTH3210F con red. de cubos.  
**Relación de reducción:** 3,33 / 3,46 / 3,61 / 3,76 / 3,97 / 4,12 / 4,55 / 5,41 / 6,18 / 7,21  
**Capacidad de arrastre:** 100 Ton\*  
 \*(consultar para mayores capacidades)  
**Opcional:** RTS2370 sin red. de cubos

**SUSPENSIÓN TRASERA**  
**Tipo:** Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** 26.000 a 32.000 kg  
**Opcional:** Parabólica o neumática de 8 fuelles (21.000 a 26.000 kg)

**CHASIS**  
**Material:** Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.  
**Altura:** 300 mm / Ala: 90 mm  
**Espesor + refuerzo:** 9 + 5 mm  
**Gancho delantero para remolque:** de 32 Ton.

**NEUMÁTICOS Y LLANTAS**  
**Neumáticos:** 12R20  
**Llantas:** Acero  
**Opcional:** 315/80R22,5 - 325/95R24 - 295/80R22,5



**PESOS Y CAPACIDADES (Kg)**

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capac. técnica	16.000 a 20.000	21.000 a 32.000	37.000 a 52.000
Limite legal	10.000	18.000	28.000
Peso del chasis*	7.133	3.772	10.905

\* Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. llantas de acero, frenos a tambor, cabina extendida techo normal y eje RTH 3210F. Distancia entre ejes 4.350 mm. Para eje sin reductor RTS 2370 restar 150 Kg.

Figura 9. Especificaciones técnicas, Volvo modelo FMX 8x4 R

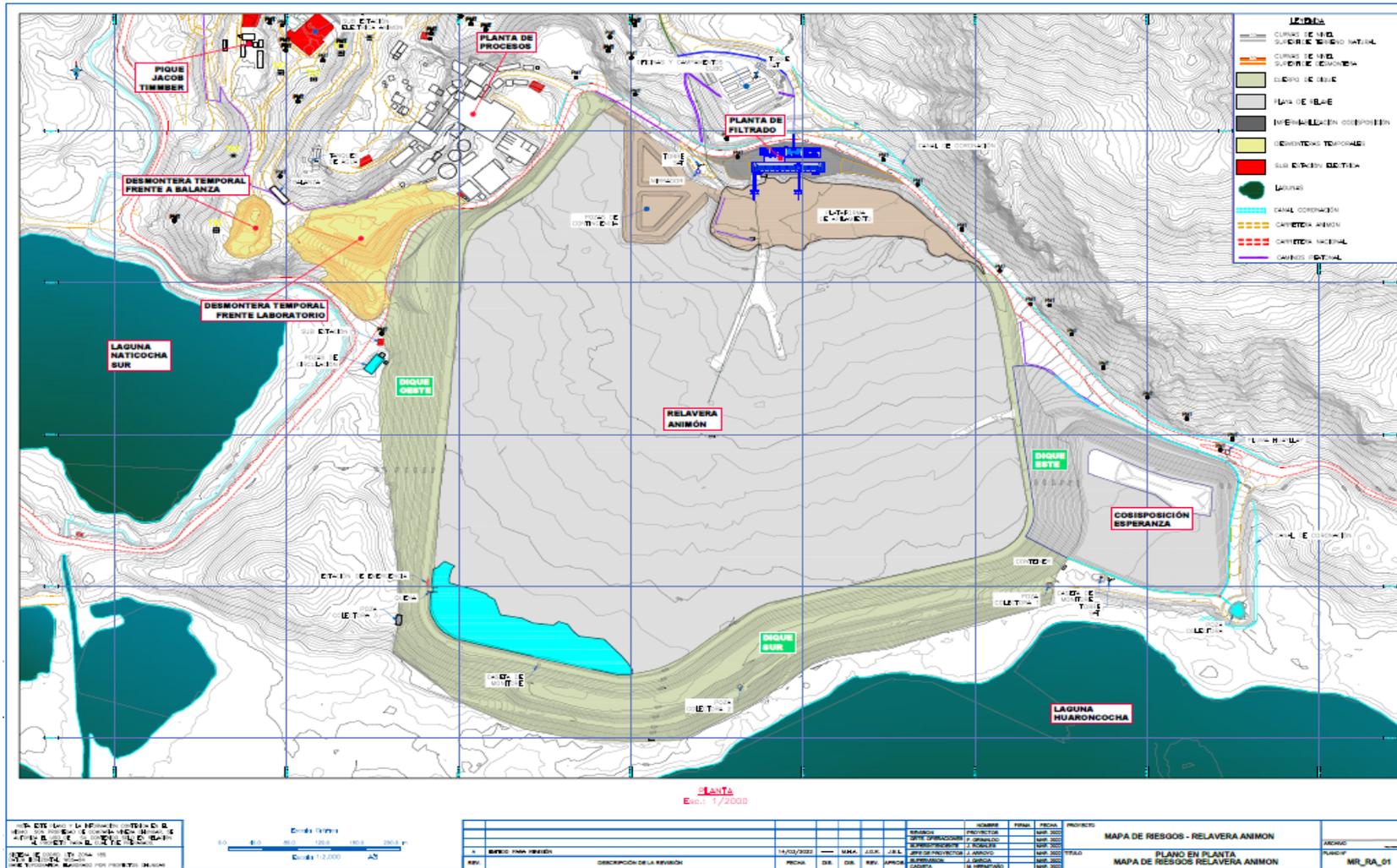
Los equipos de acarreo cargan mineral desde los puntos de carguío (pique principal), para luego ser transportada a la zona de acopio en planta concentradora. La densidad promedio para el mineral es de  $3.28 \text{ kg/m}^3$  y para el desmote es de  $2.84 \text{ kg/m}^3$



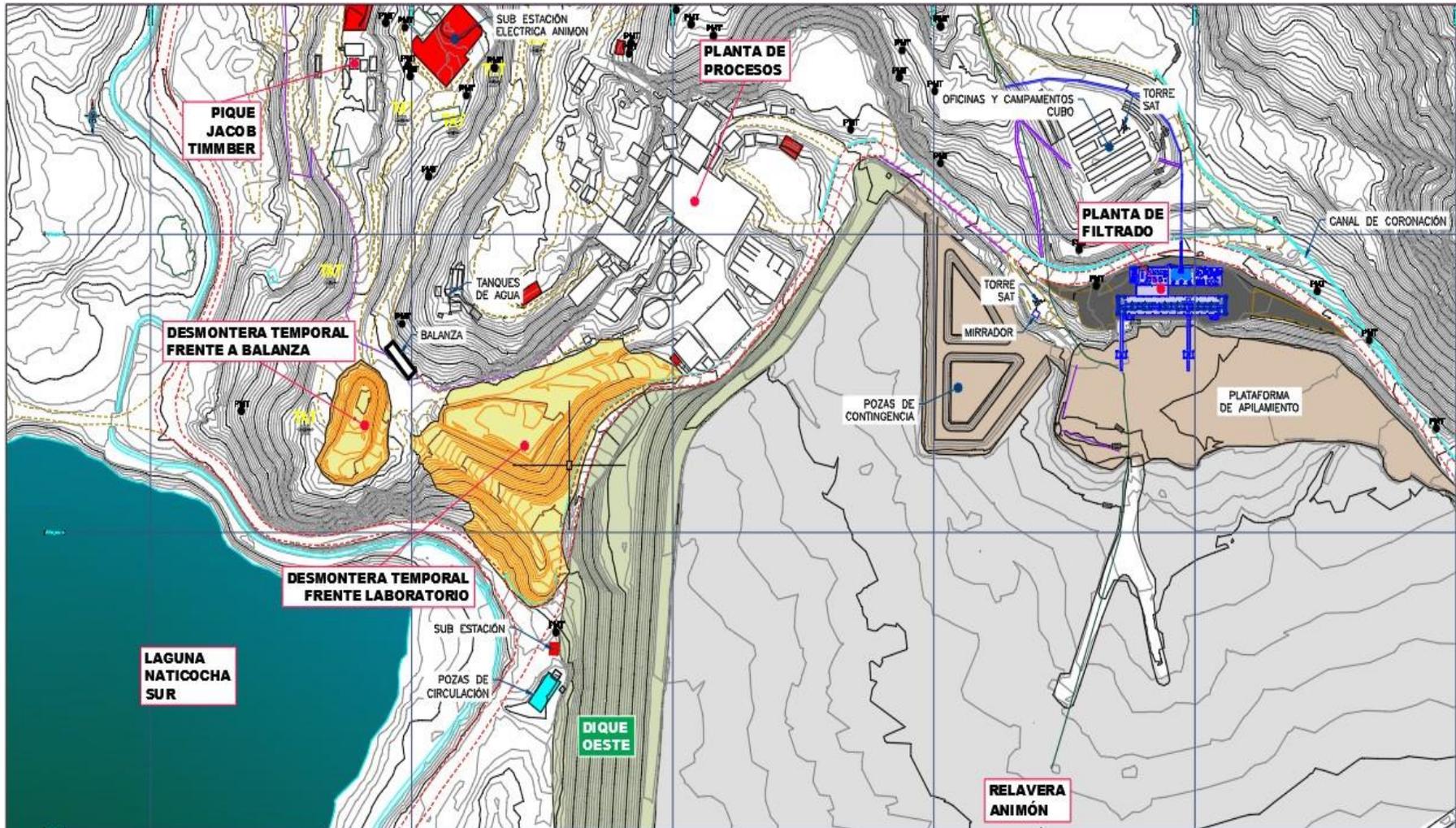
**Figura 10. Equipo Volvo modelo FMX 8x4 R, cargando mineral en pique principal**

### **2.5.2 Layout o perfil de acarreo**

Uno de los parámetros que inciden directamente en el proceso de acarreo es la distancia asociada, desde el pique hacia la zona de acopio en planta concentradora, los parámetros que inciden directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo son: la densidad de material, el grado de fragmentación y el factor de esponjamiento, estos parámetros afectarán directamente al tonelaje transportado y por ende al costo unitario de acarreo.



**Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón  
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timmber a planta, mina Animón  
Tomada del Área de Planeamiento**

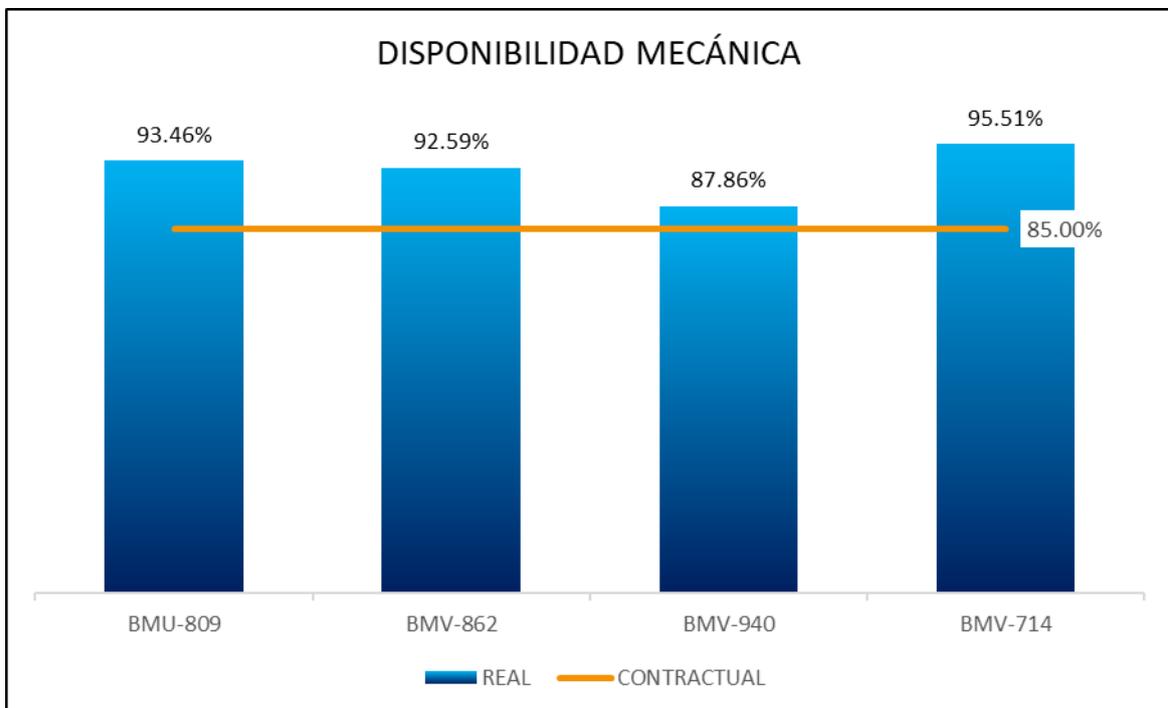
### 2.5.3 Consideraciones de productividad en equipos de acarreo

Durante el periodo de estudio, se considerará parámetros base para poder analizar las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la mina Animón. Dentro de las variables analizadas se analizó la disponibilidad de los equipos de acarreo y tonelaje de material acarreado.

#### a) Disponibilidad de equipos acarreo

**Tabla 4. Disponibilidad de los equipos de acarreo, mina Animón**

	DISPONIBILIDAD		
	CONTRACTUAL	REAL	VARIACIÓN
<b>BMU-809</b>	85.00%	93.46%	8.46%
<b>BMV-862</b>	85.00%	92.59%	7.59%
<b>BMV-940</b>	85.00%	87.86%	2.86%
<b>BMV-714</b>	85.00%	95.51%	10.51%



**Figura 13. Disponibilidad, equipo Volvo modelo FMX 8x4 R**

De acuerdo a las condiciones contractuales entre la compañía y las empresas contratistas de servicios de acarreo, se considera un mínimo de 85 % de disponibilidad.

De acuerdo a los trabajos realizados en la mina Animón por parte de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, los informes realizados reportan la disponibilidad de los equipos de acarreo: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, considera disponibilidades promedio de 93.46 %, 92.59 %, 87.86 % y 95.51 % respectivamente.

b) Utilización de equipos de acarreo

La utilización asociada a los equipos de acarreo considera las horas efectivas operacionales asociadas a la etapa de acarreo, considerado en cada guardia durante una semana, descrita entre el 14 al 20 de enero.

De acuerdo al comportamiento de la disponibilidad y utilización de equipos de acarreo se considera las horas efectivas operacionales, siendo el formulismo:

$$\text{HRS EFECTIVAS OPERACIONALES} = (24 \times D \times U)$$

Donde:

Disponibilidad (%)     D

Utilización (%)         U

Se considera las horas cronológicas que los equipos han sido diseñados y probados para trabajar.

De acuerdo a las condiciones contractuales de compañía con las empresas de servicios en equipos de acarreo, se considera la disponibilidad programada del 85 % y el uso de equipos de acarreo se programará, en 9 horas por guardia (18 horas por día).

Por lo tanto:

Utilización =  $\frac{\text{Hrs. Efect. Operac.}}{24 \times \text{Disponibilidad}}$

Utilización programada = 88%

**Tabla 5. Utilización de equipos de acarreo por guardia, mina Animón**

<b>UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO</b>															
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R															
EQUIPO/FECHA	14-Ene		15-Ene		16-Ene		17-Ene		18-Ene		19-Ene		20-Ene		PROMEDIO HRS/gdia
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
BMV - 809	6	6	4	9	4	6	6	5	0	8	6	5	6	6	5.50
BMV - 862	5	6	4	5	4	5	5	5	4	6	5	6	7	6	5.21
BMV - 940	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	7	7	6	5.14
BMV - 714	7	5	4	5	4	4	5	5	3	5	6	5	6	7	5.07
<b>PROMEDIO</b>	5.75	5.50	4.25	6.00	4.00	5.00	5.25	4.75	2.75	6.00	5.50	5.75	6.50	6.25	5.23

**Tabla 6. Utilización de equipos de acarreo por día, mina Animón**

<b>UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO</b>								
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R								
EQUIPO/FECHA	14-Ene Hrs Dia	15-Ene Hrs Dia	16-Ene Hrs Dia	17-Ene Hrs Dia	18-Ene Hrs Dia	19-Ene Hrs Dia	20-Ene Hrs Dia	PROMEDIO Hrs
BMV - 809	12	13	10	11	8	11	12	11.00
BMV - 862	11	9	9	10	10	11	13	10.43
BMV - 940	10	10	9	9	9	12	13	10.29
BMV - 714	12	9	8	10	8	11	13	10.14
<b>PROMEDIO</b>	11.25	10.25	9	10	8.75	11.25	12.75	10.46

Durante el estudio preliminar a ser comparado con los periodos de estudio, considera la utilización durante el turno día de 4.86 horas y la utilización durante el turno noche fue de 5.61 horas, considerando el uso diario promedio de 10.46 horas. El cálculo de la utilización ejecutado durante el periodo preliminar considerando el formulismo de rendimiento como:

$$\text{UTILIZACIÓN (\%)} = (\text{HORAS EFECTIVAS}) / (24 \times \text{DISPONIBILIDAD (\%)})$$

Los resultados generados fueron de:

**Tabla 7. Utilización de los equipos de acarreo, mina Animón**

<b>UTILIZACIÓN EQUIPOS DE ACARREO</b>			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO/FECHA	DISPONIBILIDAD %	UTILIZACIÓN Hrs	UTILIZACIÓN %
BMV - 809	93.46%	11.00	49.04%
BMV - 862	92.59%	10.43	46.93%
BMV - 940	87.86%	10.29	48.78%
BMV - 714	95.51%	10.14	44.25%
<b>PROMEDIO</b>	<b>92.36%</b>	<b>10.46</b>	<b>47.25%</b>

De acuerdo a los resultados obtenidos en los equipos de acarreo se considera una disponibilidad promedio de 92.36 %, la utilización de 47.25 % y las horas efectivas operacionales de 10.46 horas.

c) Tonelaje acarreado mineral

Las consideraciones asociadas al tonelaje acarreado en la mina Animón, para determinar la capacidad efectiva y número de viajes, considera los siguientes parámetros:

CAPACIDAD VOLQUETE (m3)	20 o (31 ton)	Capacidad Efectiva Volq. =	<b>39.32 ton</b>
densidad mineral(kg/m3)	2.84		
densidad desmonte (kg/m3)	2.60	SOBRECARGA:	126.85
factor esponjamiento (%)	30%		<b>26.85 %</b>
factor de llenado (%)	90%		

Tabla 8. Producción diaria promedio en equipos de acarreo, mina Animón

## PRODUCCIÓN DIARIA - MINERAL

Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R

EQUIPO/FECHA	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	PROMEDIO/DÍA
PRODUCCIÓN (Ton)	3,283.51	3,833.73	3,494.15	3,170.35	3,320.80	3,718.84	3,630.77	3,493.16
HORAS EFECT	11.25	10.25	9.00	10.00	8.75	11.25	12.75	10.46
TON/HR	291.87	374.02	388.24	317.04	379.52	330.56	284.77	338.00
NÚMERO EQU.	4	4	4	4	4	4	4	4
TON/EQU.DIA	820.88	958.43	873.54	792.59	830.20	929.71	907.69	873.29
NÚMERO VIAJES DIA	20.88	24.37	22.21	20.16	21.11	23.64	23.08	22.21

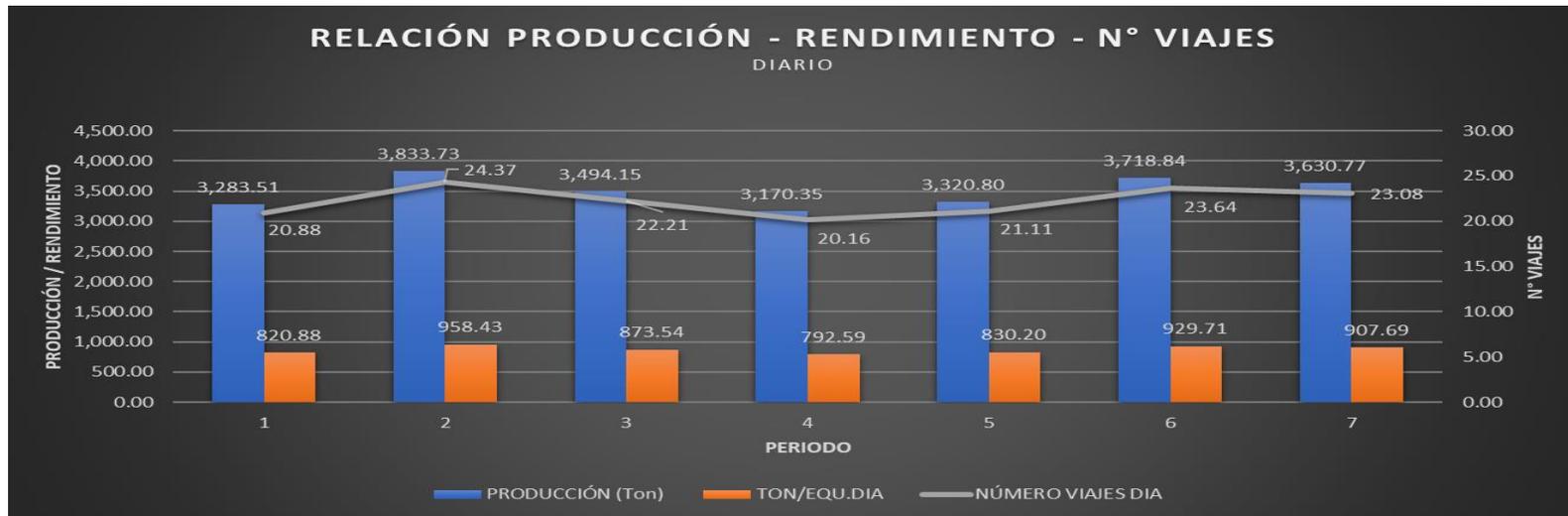


Figura 14. Relación de producción, rendimiento y número de viajes en equipos de acarreo

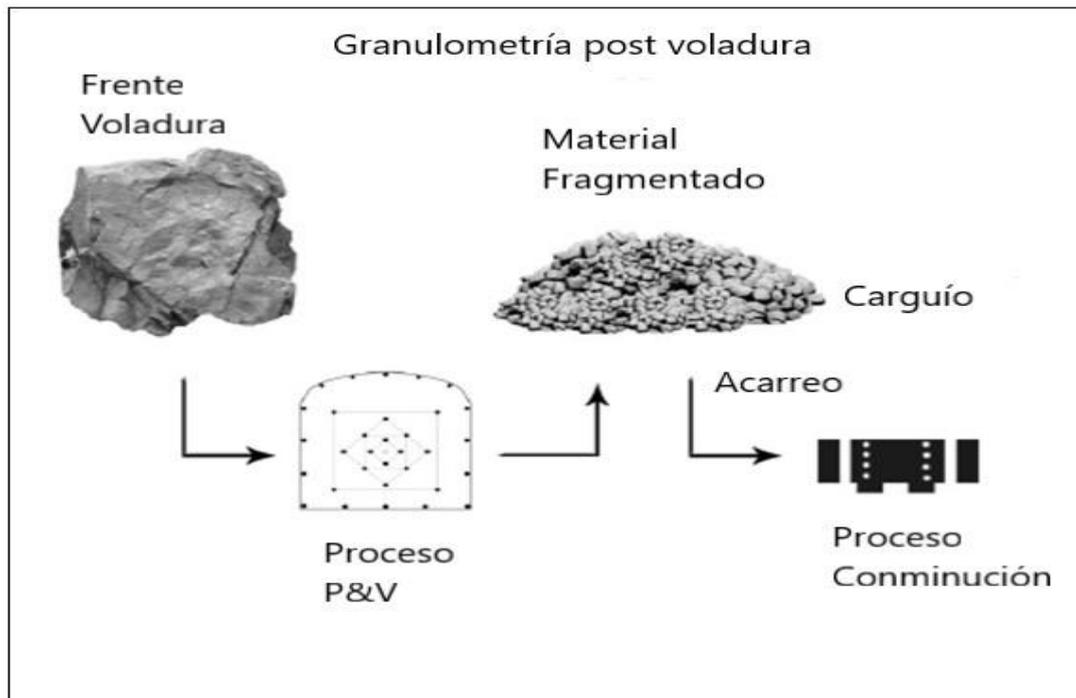
El tonelaje promedio acarreado fue de 3,493.16 toneladas, considerando un promedio de 10.46 horas efectivas promedio y 4 unidades de acarreo. El rendimiento horario promedio fue de 338.0 ton/hr y un promedio de 22.21 viajes por día.

Estos resultados, asume granulometrías óptimas post voladuras, considerando un factor de llenado del 90 % y una densidad de 2.84.

d) Granulometría asociada a los equipos de acarreo

Uno de los parámetros asociados al grado de fragmentación es producto del resultado de la voladura, este resultado es influido directamente por la variabilidad geológica del yacimiento considerando diferentes tipos de roca, diferentes densidades, diferentes durezas, diferentes índices de volabilidad, etc.

Es por tal motivo, el desarrollo del presente trabajo de investigación podrá definir la influencia que genera la granulometría post voladura en el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando el factor de llenado y su influencia económica.



**Figura 15. Granulometría post voladura**



**Figura 16. Descarga de mineral, zona acopio planta**



**Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta**



***Figura 18. Mineral en zona acopio planta***

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

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

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

El trabajo desarrollado es de carácter aplicado con un alcance explicativo, llegando a la mejora del rendimiento en la gestión de equipos de acarreo en la unidad minera Chungar. Se aplica el método inductivo - deductivo, donde iniciamos el análisis del caso particular, considerando las variables operacionales de equipos de acarreo donde luego son interpretadas en la reducción de costos de transporte, considerando los siguientes procesos:

##### **A. Método general**

El método aplicado es el método inductivo – deductivo, donde se observa, investiga y analiza las variables operacionales en el proceso de acarreo de la unidad minera Chungar para la reducción de costos de transporte.

##### **B. Métodos específicos**

Durante el proceso de métodos específicos, se recopila información para analizar los diferentes indicadores de productividad, para la relación en la reducción de costos, considerando la observación directa para la realización del presente trabajo.

- **Recopilación de informes previos.** Para determinar el comportamiento de las variables operacionales en el proceso de acarreo, se solicita la información de periodos anteriores de las áreas de mina, servicios, geología y geomecánica.
- **Trabajo de campo.** Durante el desarrollo del trabajo, se considera la observación presencial en la etapa de acarreo, midiendo las diferentes variables asociadas al *layout* de acarreo, en la unidad minera.
- **Trabajo de gabinete:** Durante el desarrollo de la presente investigación, se considera el procesamiento de la información obtenida del trabajo realizado en el proceso unitario de acarreo, considerando el ciclo de acarreo, tiempo, tonelaje y el análisis granulométrico de material acarreado, y relacionarlo a las variables económicas.
- **Resultados.** Los resultados obtenidos, permitieron validar la hipótesis general y específicas planteadas en el presente trabajo de investigación, considerando 2 etapas de comparación.

### 3.1.2 Alcances de la investigación

El presente trabajo es del tipo aplicada, relacionando las variables operacionales como tonelaje transportado, granulometría y capacidad efectiva de los equipos de acarreo.

## 3.2 Diseño de la investigación

El trabajo es de carácter descriptivo donde se identifica, analiza y evalúa, los parámetros operacionales como tonelaje, grado de fragmentación acarreada, para determinar la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y definir la reducción de costos de transporte.

## 3.3 Población y muestra

### 3.3.1 Población

Pertenece a los diferentes frentes operacionales de la unidad minera Chungar, mediante la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay.

### **3.3.2 Muestra**

Considera el análisis de los equipos acarreo Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714.

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

Se relaciona al método y tipo de investigación aplicado en el presente trabajo.

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

- ✓ Observación en *layout* de acarreo
- ✓ Observación del *master* de acarreo del pique principal a zona acopio de planta.
- ✓ Plantillas en el proceso unitario de acarreo

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

- ✓ Fichas de recolección de información
- ✓ Observaciones
- ✓ Documentos de archivo
- ✓ Uso de software de granulometría
- ✓ Páginas web, etc.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente capítulo se realizó un análisis e interpretación de resultados, relacionados a entender las variables operacionales en equipos de acarreo de la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Chungar.

#### **4.1 Consideraciones iniciales de acarreo**

Las consideraciones de acarreo inicial en el presente trabajo de investigación se relacionan a los siguientes parámetros: la utilización, disponibilidad y horas efectivas operacionales, considerados por compañía:

##### **Programado:**

Horas efectivas =  $24 \times D \times U$

Disponibilidad (%)	85%
Horas efectivas (h)	18
Utilización (%) =	88%

##### a) Consideraciones iniciales de acarreo

Para la realización del presente trabajo de investigación se realizó un análisis previo de 7 días (del 14 al 20 enero) para determinar los parámetros de utilización, disponibilidad y horas efectivas operacionales en los equipos de acarreo, los cuales

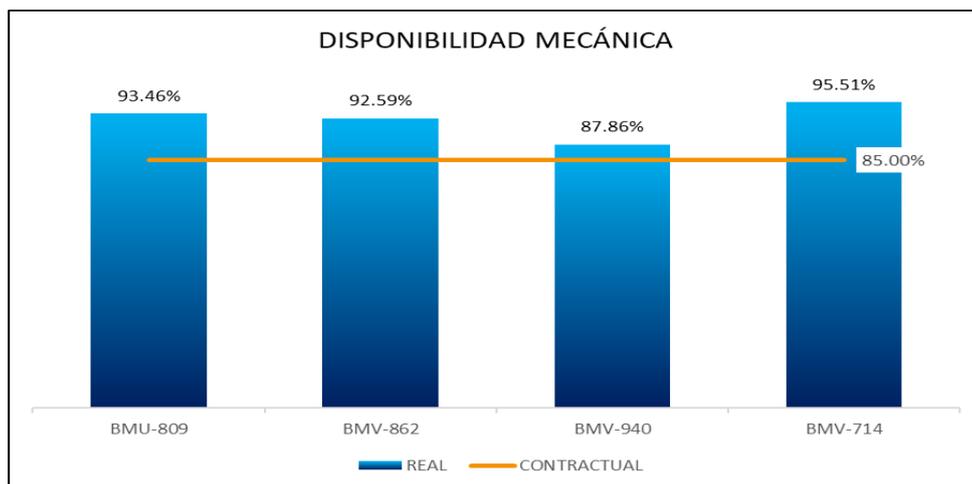
serán base comparativa para el análisis de periodos posteriores. Durante el periodo del 14 al 20 de enero, se analizó 4 equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay.

✓ Disponibilidad de equipos de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de disponibilidad de 93.46 %, 92.59 %, 87.86 % y 95.51 % respectivamente.

**Tabla 9. Resumen de disponibilidad, equipos de acarreo, mina Animón**

<b>DISPONIBILIDAD</b>			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
<b>EQUIPO</b>	<b>PROGRAMADO</b>	<b>REAL</b>	<b>VARIACIÓN</b>
BMV - 809	85%	93.46%	8.46%
BMV - 862	85%	92.59%	7.59%
BMV - 940	85%	87.86%	2.86%
BMV - 714	85%	95.51%	10.51%
<b>PROMEDIO</b>	<b>85%</b>	<b>92.36%</b>	<b>7.36%</b>



**Figura 19. Resumen de la disponibilidad, equipos acarreo, mina Animón**

La disponibilidad de los equipos de acarreo programado es del 85 % y la disponibilidad promedio ejecutada fue del 92.36 %

La variación de la disponibilidad, en los equipos de acarreo fueron positivos de acuerdo con 8.46 % en BMV-809, 7.59 % en BMV-862, 2.86 % en BMV-940 y de 10.51 % en BMV-714, con un promedio del 7.36 %.

✓ Utilización de equipos de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de utilización de 49.04 %, 46.93 %, 48.78 % y 44.25 % respectivamente.

**Tabla 10. Resumen de utilización, equipos de acarreo, mina Animón**

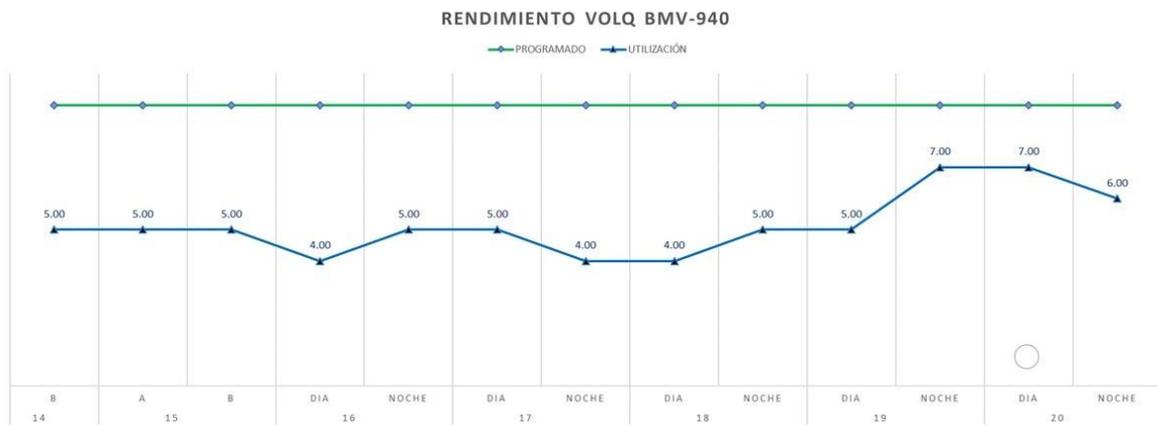
<b>UTILIZACIÓN</b>			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
<b>EQUIPO</b>	<b>PROGRAMADO</b>	<b>REAL</b>	<b>VARIACIÓN</b>
BMV - 809	88%	49.04%	-38.96%
BMV - 862	88%	46.93%	-41.07%
BMV - 940	88%	48.78%	-39.22%
BMV - 714	88%	44.25%	-43.75%
<b>PROMEDIO</b>	<b>88%</b>	<b>47.25%</b>	<b>-40.75%</b>



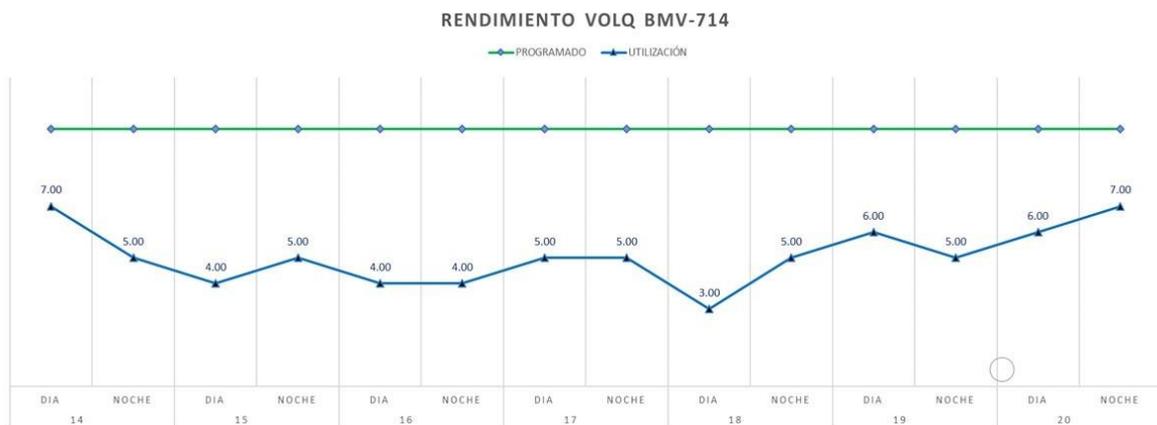
**Figura 20. Distribución de la disponibilidad de BMV-809**



**Figura 21. Distribución de la disponibilidad de BMV-862**



**Figura 22. Distribución de la disponibilidad de BMV-940**



**Figura 23. Distribución de la disponibilidad de BMV-714**

La utilización de los equipos de acarreo programado es del 88 % y la utilización promedio ejecutada fue del 47.25 %

La variación de la disponibilidad, en los equipos de acarreo fueron negativos siendo estos en – 38.96 % en BMV-809, de - 41.07 % en BMV-862, de – 39.22 % en BMV-940 y de – 43.75 % en BMV-714, con un promedio deficiente de -40.75 %.

✓ Horas efectivas operacionales de acarreo – periodo base

El estudio de los equipos de acarreo BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportó valores promedio de horas efectivas de 11.00 horas, 10.43 horas, 10.29 horas y de 10.14 horas respectivamente.

**Tabla 11. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo, mina Animón**

HORAS EFECTIVAS OPERACIONALES			
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R			
EQUIPO	PROGRAMADO	EJECUTADO	DIFERENCIA
BMV - 809	18.00	11.00	-7.00
BMV - 862	18.00	10.43	-7.57
BMV - 940	18.00	10.29	-7.71
BMV - 714	18.00	10.14	-7.86
PROMEDIO	18.00	10.46	-7.54



**Figura 24. Distribución de las horas efectivas, equipos acarreo, mina Animón**

Las horas efectivas de los equipos de acarreo programado fue de 18 horas diarias y las horas efectivas promedio ejecutadas fueron del 10.46 horas.

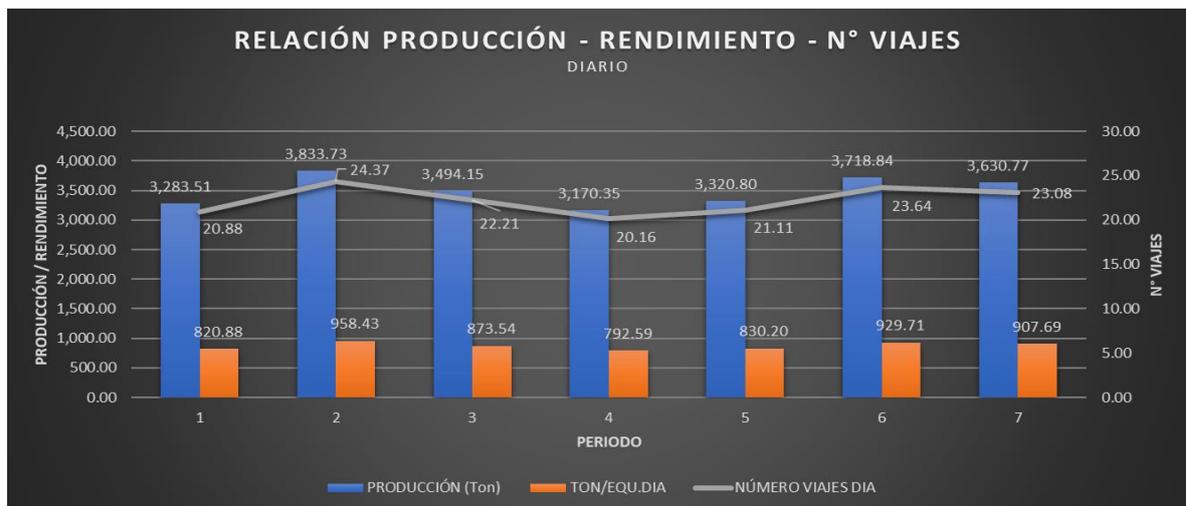
La variación de las horas efectivas, en los equipos de acarreo fueron negativos siendo estos en – 7.00 horas en BMV-809, de – 7.57 horas en BMV-862, de – 7.71 horas en BMV-940 y de – 7.86 horas en BMV-714, con un promedio deficiente de – 7.54 horas.

✓ Tonelaje transportado – periodo base

El tonelaje acarreado en los equipos BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 reportando tonelajes promedio diario de 3,283.51 toneladas, 3,833.73 toneladas, 3,494.15 toneladas, 3,170.35 toneladas, 3,320.80 toneladas, 3,718.84 toneladas y 3,630.77 toneladas respectivamente.

**Tabla 12. Resumen de tonelaje transportado en equipos de acarreo, mina Animón**

TONELAJE TRANSPORTADO DIARIO - MINERAL								
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R								
EQUIPO/FECHA	14-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	PROMEDIO/DÍA
PRODUCCIÓN (Ton)	3,283.51	3,833.73	3,494.15	3,170.35	3,320.80	3,718.84	3,630.77	3,493.16
HORAS EFECT	11.25	10.25	9.00	10.00	8.75	11.25	12.75	10.46
TON/HR	291.87	374.02	388.24	317.04	379.52	330.56	284.77	338.00
NÚMERO EQU.	4	4	4	4	4	4	4	4
TON/EQU.DIA	820.88	958.43	873.54	792.59	830.20	929.71	907.69	873.29
NÚMERO VIAJES DIA	20.88	24.37	22.21	20.16	21.11	23.64	23.08	22.21



**Figura 25. Relación producción, rendimiento y número viajes, mina Animón**

El tonelaje transportado con los equipos de acarreo promedio fue de 3,493.16 toneladas considerando un total de 10.46 horas diarias promedio.

El tonelaje diario por equipo promedio fue de 873.29 toneladas considerando el uso de 4 equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup> de capacidad nominal.

El tonelaje transportado por hora promedio fue de 338 toneladas considerando un promedio diario de 22.21 viajes.

La capacidad efectiva de los equipos de carguío considerando una densidad de 2.84, un factor de esponjamiento del 30 % y un factor de llenado del 90 % (\*) producto de la granulometría (resultado post voladura), es de 39.32 toneladas por viaje.

Finalmente, el efecto de la sobrecarga en 26.85% afectará directamente en los componentes mecánicos y eléctricos, generando un desgaste prematuro y disminuyendo la vida operacional de los equipos de acarreo.

(\*) Para el cálculo de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se consideró los siguientes parámetros:

CAPACIDAD VOLQUETE (m <sup>3</sup> )	20 o (31 ton)	Capacidad Efectiva Volq. =	<b>39.32 ton</b>
densidad mineral(kg/m <sup>3</sup> )	2.84		
densidad desmonte (kg/m <sup>3</sup> )	2.60	SOBRECARGA:	126.85
factor esponjamiento (%)	30%		<b>26.85 %</b>
factor de llenado (%)	90%		

#### 4.2 Análisis de tonelaje transportado

El análisis de los equipos de acarreo durante el periodo febrero y marzo incluye el tonelaje transportado, las horas efectivas, el número de viajes y su valorización respectiva en los equipos: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714 de 20 m<sup>3</sup> de capacidad.

Las variables que influyen directamente en el tonelaje transportado son: la granulometría (post voladura), densidad del material y factor de esponjamiento.

Estas variables influyen directamente en el factor de llenado de los equipos de acarreo considerando su capacidad efectiva.

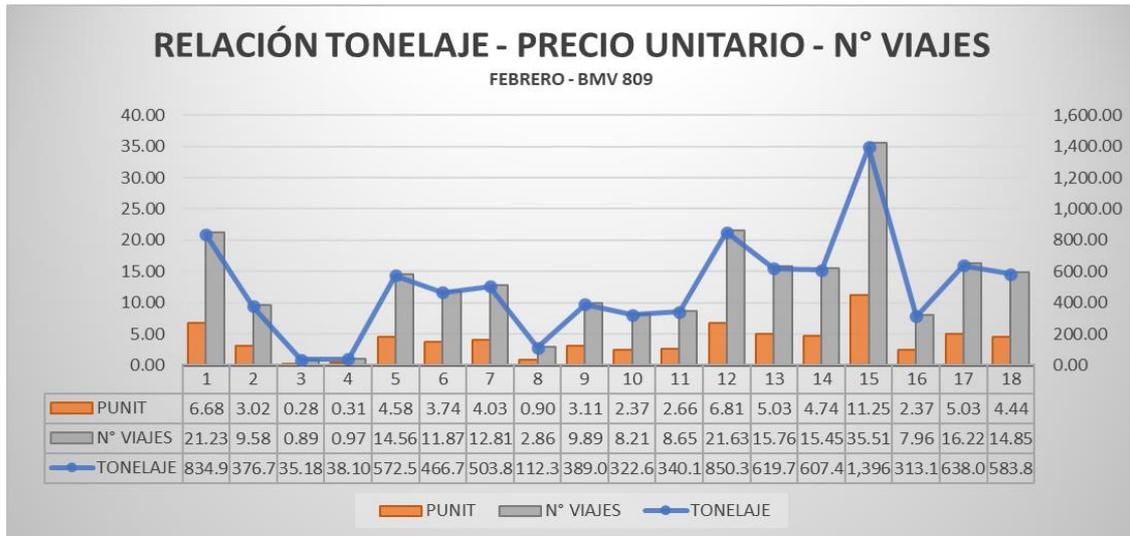
Asimismo, el grado de fragmentación post voladura está asociado a los diferentes modelos geometalúrgicos presentes en la mina Animón, para poder controlar la granulometría es importante conocer la variabilidad geológica presente en el yacimiento.

a) Análisis de tonelaje transportado – BMV-809

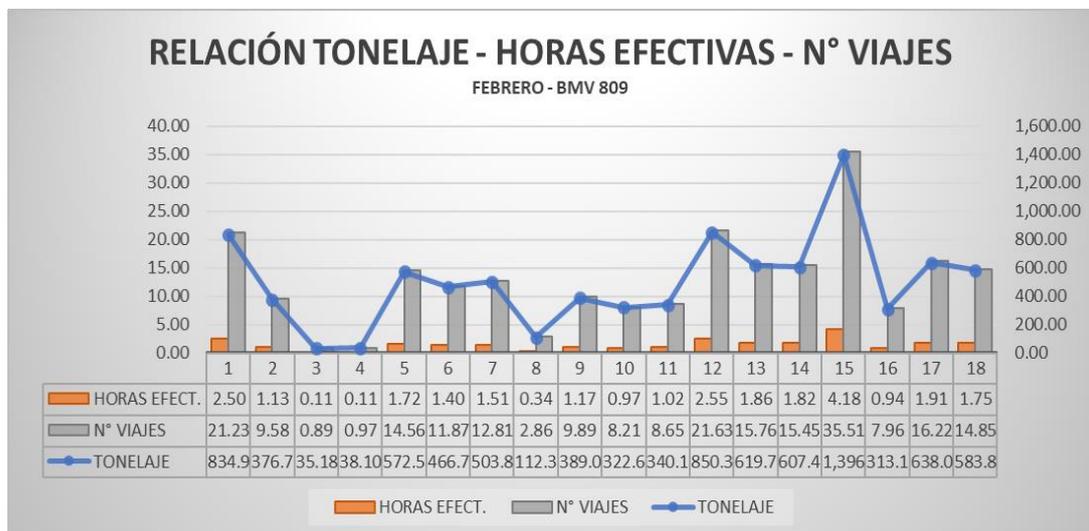
✓ Periodo febrero

**Tabla 13. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero**

<b>TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 809					
<b>FECHA</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>PUNIT</b>	<b>HORAS EFECT.</b>	<b>Nº VIAJES</b>	<b>VALORIZACIÓN (US \$)</b>
01-Feb	834.94	6.68	2.50	21.23	5,581.13
02-Feb	376.75	3.02	1.13	9.58	1,136.37
03-Feb	35.18	0.28	0.11	0.89	9.91
04-Feb	38.10	0.31	0.11	0.97	11.62
05-Feb	572.55	4.58	1.72	14.56	2,624.45
06-Feb	466.79	3.74	1.40	11.87	1,744.43
07-Feb	503.84	4.03	1.51	12.81	2,032.34
09-Feb	112.37	0.90	0.34	2.86	101.09
10-Feb	389.02	3.11	1.17	9.89	1,211.59
19-Feb	322.68	2.37	0.97	8.21	764.11
20-Feb	340.13	2.66	1.02	8.65	906.11
21-Feb	850.37	6.81	2.55	21.63	5,789.32
22-Feb	619.79	5.03	1.86	15.76	3,118.78
24-Feb	607.44	4.74	1.82	15.45	2,876.84
25-Feb	1,396.22	11.25	4.18	35.51	15,704.68
26-Feb	313.13	2.37	0.94	7.96	741.49
27-Feb	638.00	5.03	1.91	16.22	3,210.42
28-Feb	583.87	4.44	1.75	14.85	2,592.38
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>9,001.17</b>	<b>3.96</b>	<b>2.10</b>	<b>12.72</b>	<b>50,157.06</b>
<b>Promedio</b>	500.07	3.96	2.10	12.72	2,786.50



**Figura 26. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, febrero**



**Figura 27. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809, febrero**

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 809 transportó un total de 9,001.17 toneladas, con un promedio diario de 500.07 toneladas y 2.10 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 12.72 viajes, considerando un precio unitario de US \$ 3.96 y un valor diario de US \$ 2,876.50.

✓ Periodo marzo

Tabla 14. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de marzo

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 809					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	501.92	3.85	1.50	12.76	1,931.39
02-Mar	547.85	4.44	1.64	13.93	2,432.45
04-Mar	834.08	6.51	2.50	21.21	5,431.53
05-Mar	865.63	6.81	2.59	22.01	5,893.21
06-Mar	570.37	4.44	1.71	14.50	2,532.44
07-Mar	37.72	0.30	0.11	0.96	11.17
08-Mar	770.38	5.92	2.31	19.59	4,560.65
09-Mar	940.22	7.10	2.82	23.91	6,679.32
10-Mar	112.19	0.89	0.34	2.85	99.62
11-Mar	746.42	5.62	2.24	18.98	4,197.87
12-Mar	792.34	5.92	2.37	20.15	4,690.65
13-Mar	832.46	6.51	2.49	21.17	5,420.98
14-Mar	771.91	5.92	2.31	19.63	4,569.71
15-Mar	881.69	6.81	2.64	22.42	6,002.55
16-Mar	383.18	2.96	1.15	9.74	1,134.21
17-Mar	853.77	6.22	2.56	21.71	5,307.03
18-Mar	568.61	4.44	1.70	14.46	2,524.63
19-Mar	1,238.40	9.47	3.71	31.49	11,730.12
20-Mar	121.51	0.89	0.36	3.09	107.90
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>12,370.65</b>	<b>5.00</b>	<b>2.38</b>	<b>16.56</b>	<b>75,257.44</b>
<b>Promedio</b>	651.09	5.00	2.38	16.56	3,960.92

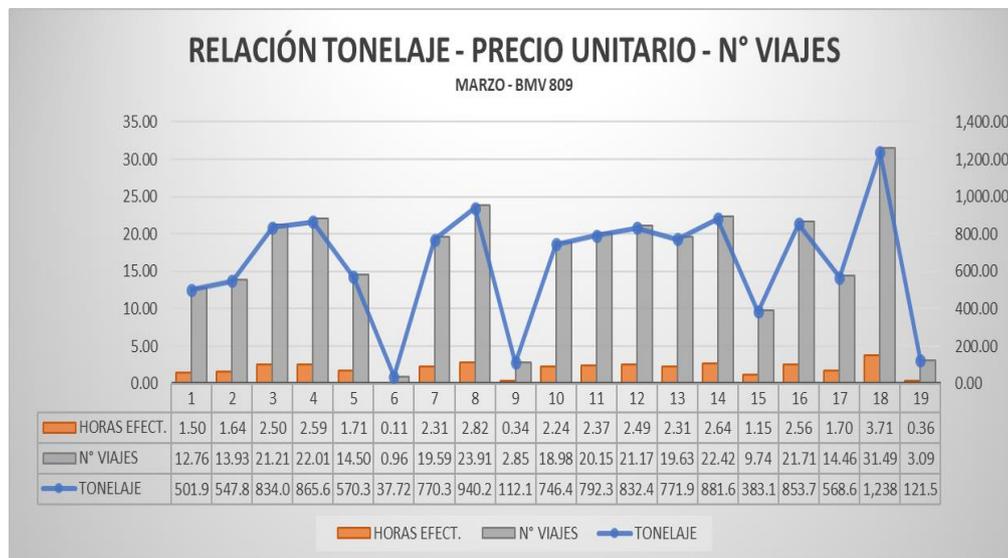
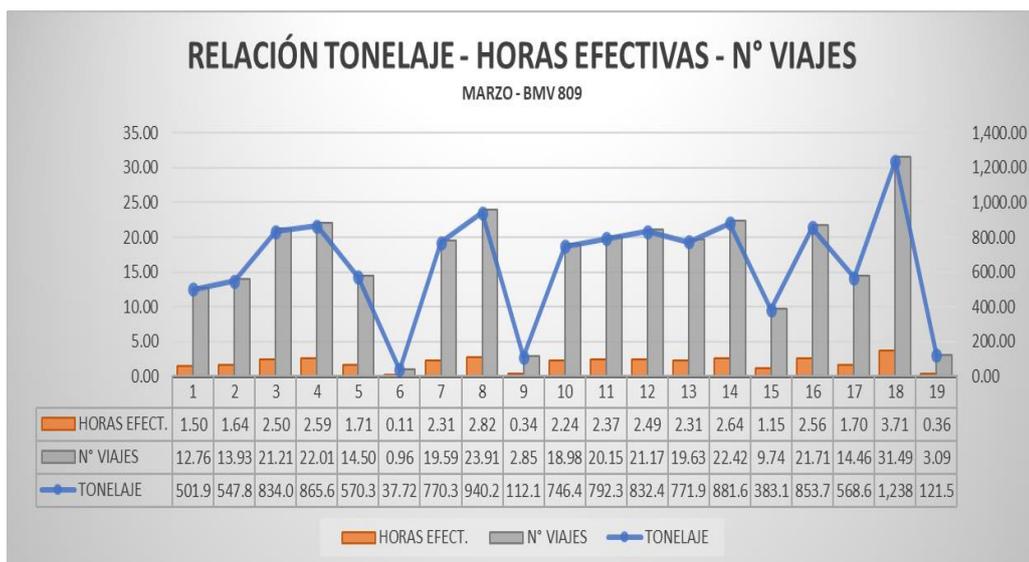


Figura 28. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo



**Figura 29. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 809, marzo**

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 809 transportó un total de 12,370.65 toneladas, con un promedio diario de 651.09 toneladas y 2.38 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 16.56 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.00 y un valor diario de \$ 3,960.92.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 809

**Tabla 15. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 809**

<b>RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 809					
FECHA	TONELAJE	P.UNIT.	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	500.07	3.96	2.10	12.72	2,786.50
MARZO	651.09	5.00	2.38	16.56	3,960.92
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>1,151.15</b>	<b>4.55</b>	<b>2.25</b>	<b>14.89</b>	<b>6,747.42</b>
Diferencia	151.02	1.04	0.28	3.84	1,174.41



**Figura 30. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 809**

El resumen diario promedio para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 809, se transportó de 500.07 y 651.09 toneladas respectivamente, las horas efectivas se incrementaron de 2.10 a 2.38 horas y el número de viajes se incrementó de 12.72 a 16.56 viajes.

La mejora durante el segundo periodo en tonelaje transportado, horas efectivas y número de viajes fueron de: 151.02 toneladas, 0.28 horas y 3.84 viajes respectivamente.

Finalmente, el valor unitario de acarreo se incrementó de 3.96 a 5.00 \$ con un incremento de \$ 1.04.

b) Análisis de tonelaje transportado – BMV 862

- ✓ Periodo febrero

Tabla 16. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 809, mes de febrero

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 862					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	1,029.29	8.15	3.08	26.18	8,390.67
02-Feb	977.41	7.74	2.93	24.86	7,566.14
03-Feb	46.33	0.37	0.14	1.18	17.00
04-Feb	839.61	6.65	2.52	21.35	5,583.11
05-Feb	1,384.97	10.97	4.15	35.22	15,191.54
06-Feb	922.35	7.30	2.76	23.46	6,737.71
07-Feb	302.85	2.40	0.91	7.70	726.40
08-Feb	745.67	5.91	2.23	18.96	4,403.67
09-Feb	881.50	6.98	2.64	22.42	6,154.12
10-Feb	216.09	1.71	0.65	5.50	369.82
20-Feb	560.54	4.44	1.68	14.25	2,488.80
21-Feb	875.59	7.10	2.62	22.27	6,220.19
22-Feb	831.65	6.81	2.49	21.15	5,661.87
23-Feb	477.99	3.85	1.43	12.16	1,839.31
24-Feb	618.80	4.74	1.85	15.74	2,930.64
25-Feb	431.62	3.55	1.29	10.98	1,533.11
26-Feb	822.23	6.51	2.46	20.91	5,354.36
27-Feb	325.33	2.66	0.97	8.27	866.68
28-Feb	559.93	4.44	1.68	14.24	2,486.09
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>12,849.75</b>	<b>5.38</b>	<b>2.03</b>	<b>17.20</b>	<b>84,521.23</b>
Promedio	676.30	5.38	2.03	17.20	4,448.49

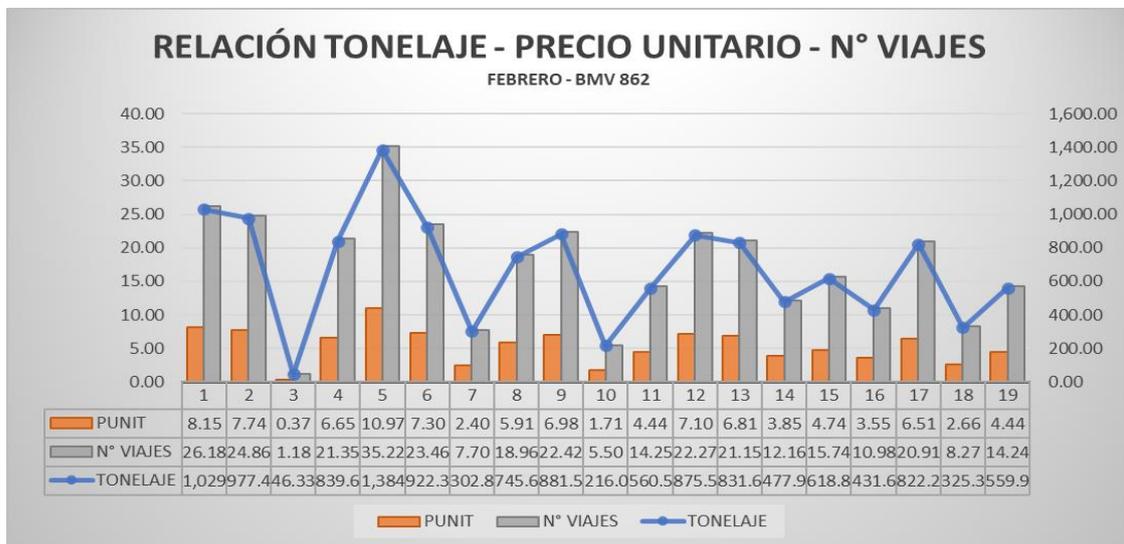
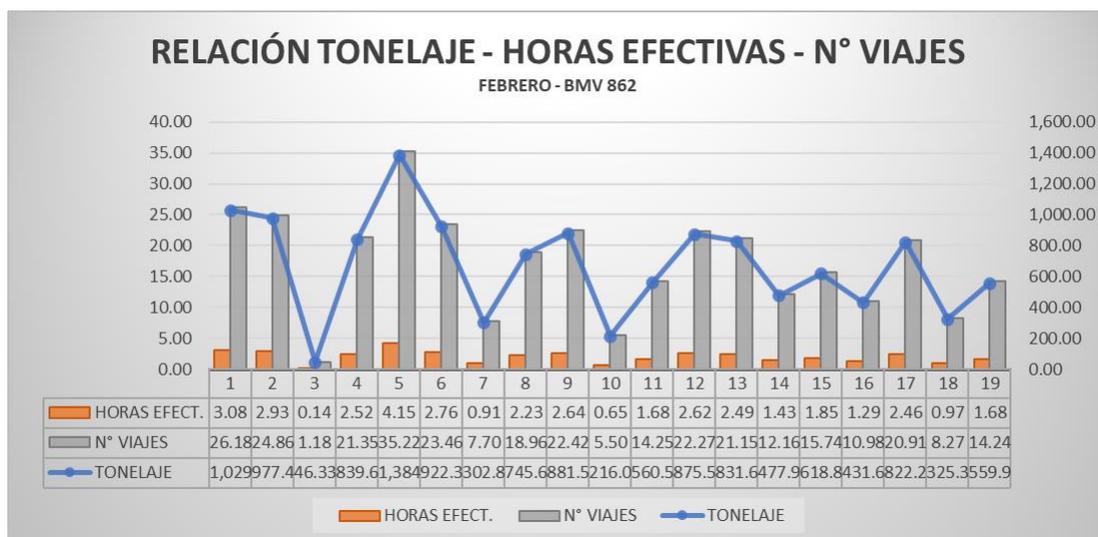


Figura 31. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, febrero



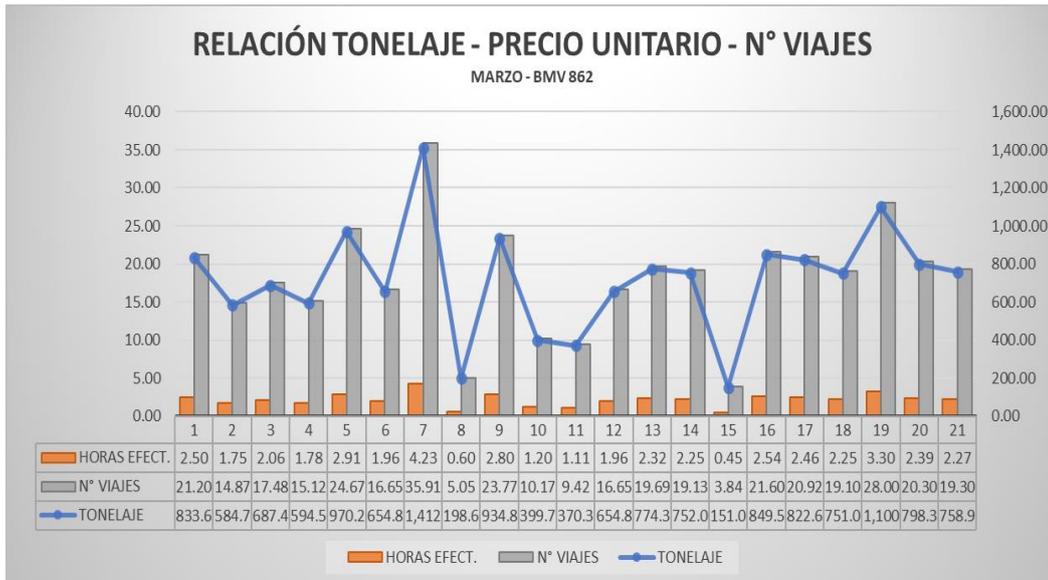
**Figura 32. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862, febrero**

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 862 transportó un total de 12,849.75 toneladas, con un promedio diario de 676.30 toneladas y 2.03 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.20 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.38 y un valor diario de \$ 4,448.49.

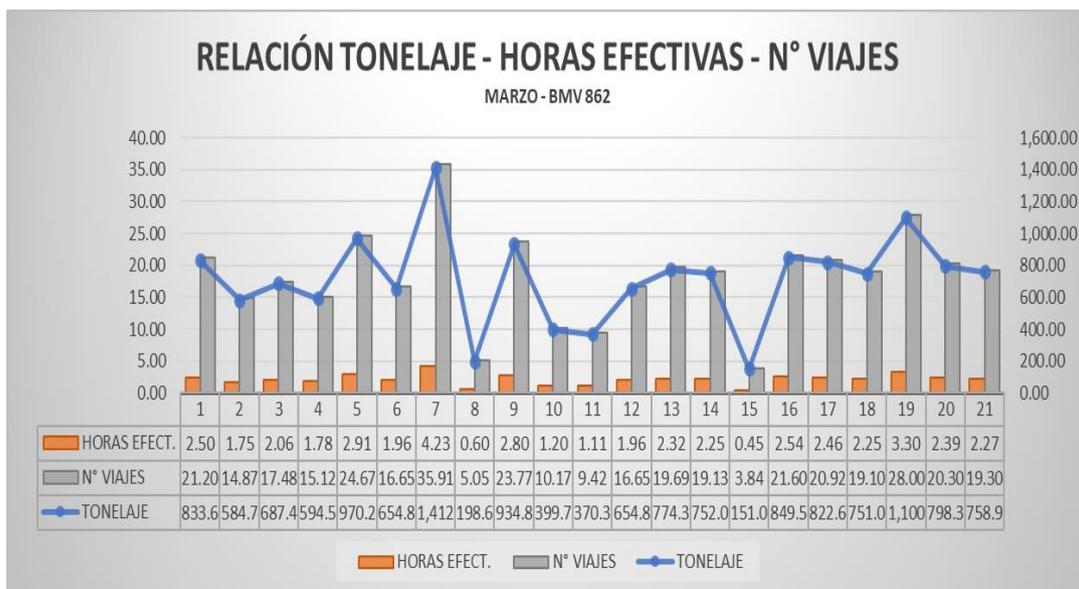
✓ Periodo marzo

**Tabla 17. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 862, mes de marzo**

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 862					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	833.65	6.51	2.50	21.20	5,428.73
02-Mar	584.78	4.74	1.75	14.87	2,769.52
03-Mar	687.45	5.62	2.06	17.48	3,866.22
04-Mar	594.59	4.74	1.78	15.12	2,815.98
05-Mar	970.29	7.70	2.91	24.67	7,467.35
06-Mar	654.84	5.33	1.96	16.65	3,488.99
07-Mar	1,412.06	11.25	4.23	35.91	15,882.85
08-Mar	198.65	1.48	0.60	5.05	294.00
09-Mar	934.88	7.40	2.80	23.77	6,918.11
10-Mar	399.74	3.26	1.20	10.17	1,301.55
11-Mar	370.32	2.96	1.11	9.42	1,096.15
12-Mar	654.83	5.03	1.96	16.65	3,295.10
13-Mar	774.32	6.22	2.32	19.69	4,813.17
14-Mar	752.07	5.92	2.25	19.13	4,452.25
15-Mar	151.05	1.18	0.45	3.84	178.84
16-Mar	849.52	6.81	2.54	21.60	5,783.53
17-Mar	822.63	6.51	2.46	20.92	5,356.97
18-Mar	751.09	5.92	2.25	19.10	4,446.45
20-Mar	1,100.97	8.88	3.30	28.00	9,776.61
21-Mar	798.30	6.51	2.39	20.30	5,198.53
22-Mar	758.90	5.92	2.27	19.30	4,492.69
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>15,054.93</b>	<b>5.71</b>	<b>2.15</b>	<b>18.23</b>	<b>99,123.61</b>
Promedio	716.90	5.71	2.15	18.23	4,720.17



**Figura 33. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo**



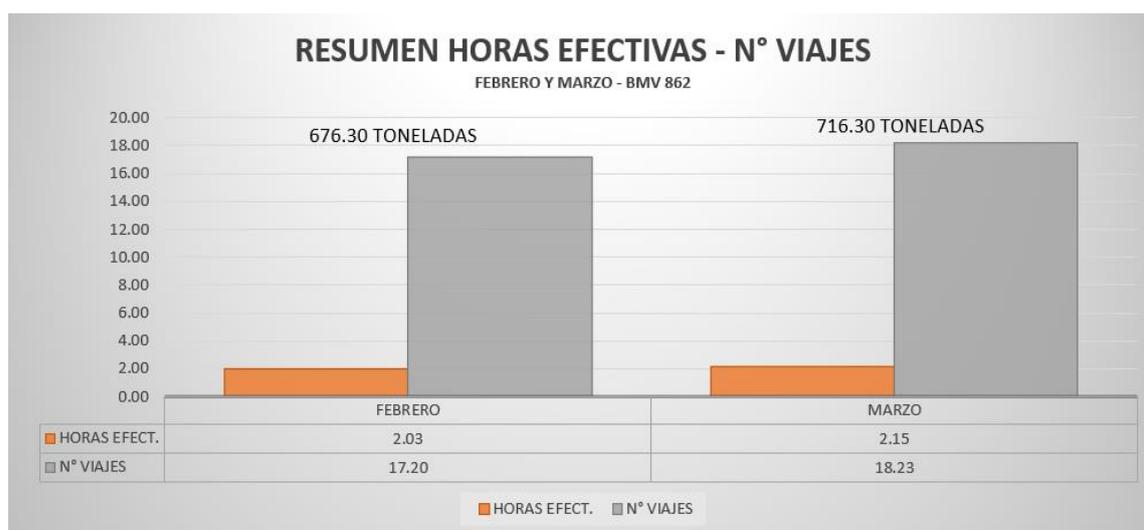
**Figura 34. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 862, marzo**

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 862 transportó un total de 15,054.93 toneladas, con un promedio diario de 716.90 toneladas y 2.15 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 18.23 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.71 y un valor diario de \$ 4,720.17.

- ✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 862

**Tabla 18. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 862**

<b>RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO: FEBRERO y MARZO - BMV 862					
<b>FECHA</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>PUNIT</b>	<b>HORAS EFECT.</b>	<b>N° VIAJES</b>	<b>VALORIZACIÓN (US \$)</b>
FEBRERO	676.30	5.38	2.03	17.20	4,448.49
MARZO	716.90	5.71	2.15	18.23	4,720.17
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>1,393.20</b>	<b>5.55</b>	<b>2.09</b>	<b>17.73</b>	<b>9,168.66</b>
Diferencia	40.60	0.33	0.12	1.03	271.69



**Figura 35. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 862.**

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 862, se transportó un promedio de 767.30 y 716.90 toneladas respectivamente, las horas efectivas se incrementaron de 2.03 a 2.15 horas y el número de viajes se incrementó de 17.20 a 18.23 viajes.

La mejora durante el segundo periodo en tonelaje transportado, horas efectivas y número de viajes fueron de: 40.60 toneladas, 0.12 horas y 1.03 viajes respectivamente.

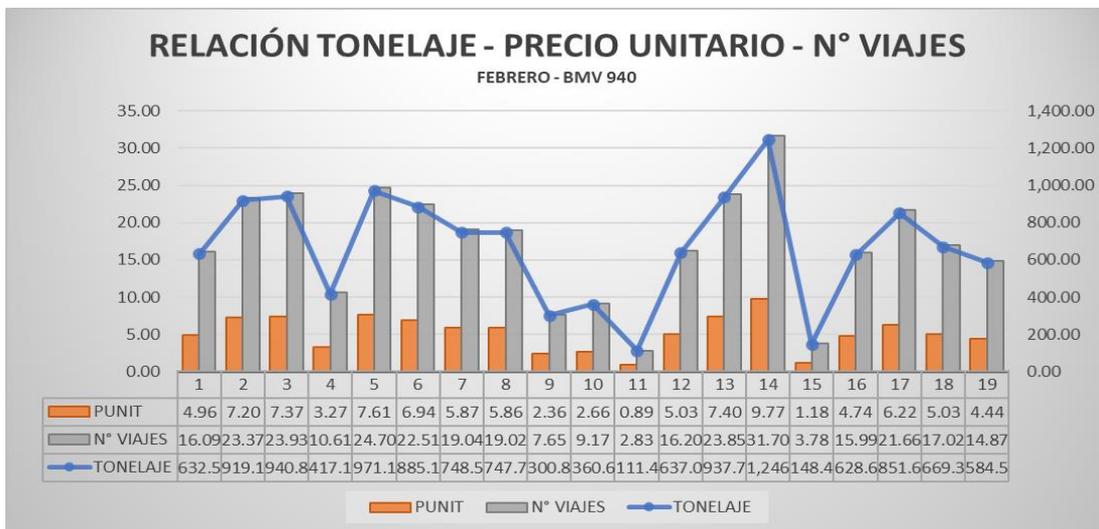
Finalmente, el valor unitario de acarreo se incrementó de 5.38 a 5.71 \$ con un incremento de \$ 0.33.

c) Análisis de tonelaje transportado – BMV 940

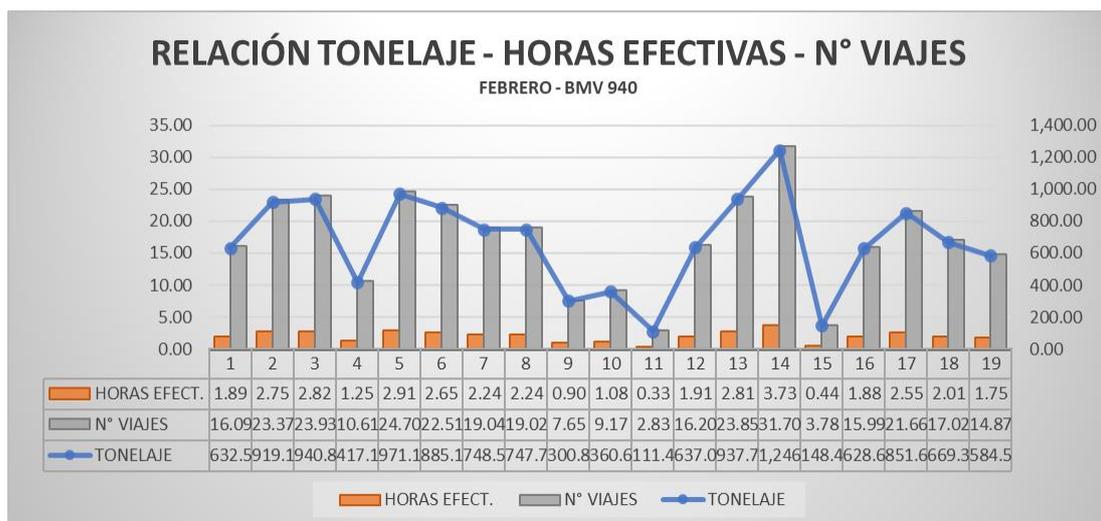
✓ Periodo febrero

**Tabla 19. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de febrero**

<b>TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	632.55	4.96	1.89	16.09	3,135.57
02-Feb	919.11	7.20	2.75	23.37	6,620.07
03-Feb	940.81	7.37	2.82	23.93	6,936.35
04-Feb	417.19	3.27	1.25	10.61	1,363.94
06-Feb	971.13	7.61	2.91	24.70	7,390.64
07-Feb	885.13	6.94	2.65	22.51	6,139.62
08-Feb	748.57	5.87	2.24	19.04	4,391.29
09-Feb	747.76	5.86	2.24	19.02	4,381.79
10-Feb	300.87	2.36	0.90	7.65	709.39
19-Feb	360.65	2.66	1.08	9.17	960.77
20-Feb	111.40	0.89	0.33	2.83	98.92
21-Feb	637.06	5.03	1.91	16.20	3,205.69
22-Feb	937.77	7.40	2.81	23.85	6,939.50
23-Feb	1,246.46	9.77	3.73	31.70	12,175.42
24-Feb	148.48	1.18	0.44	3.78	175.80
25-Feb	628.60	4.74	1.88	15.99	2,977.05
26-Feb	851.60	6.22	2.55	21.66	5,293.55
27-Feb	669.36	5.03	2.01	17.02	3,368.22
28-Feb	584.59	4.44	1.75	14.87	2,595.58
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>12,739.09</b>	<b>5.20</b>	<b>2.01</b>	<b>17.05</b>	<b>78,859.16</b>
Promedio	670.48	5.20	2.01	17.05	4,150.48



**Figura 36. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, febrero**



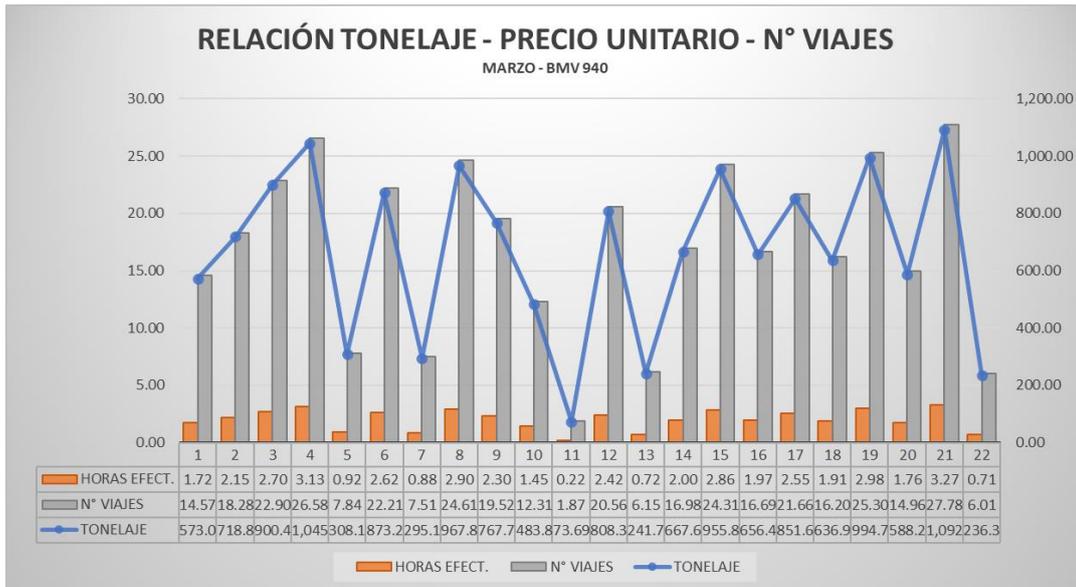
**Figura 37. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940, febrero**

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 940 transportó un total de 12,739.09 toneladas, con un promedio diario de 670.48 toneladas y 2.01 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.05 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.20 y un valor diario de \$ 4,150.48.

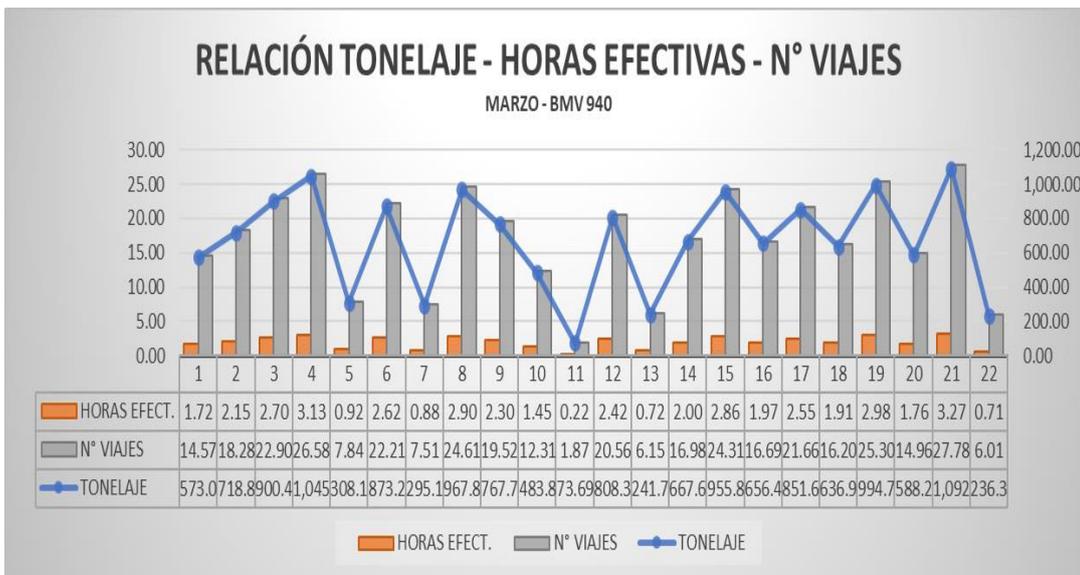
✓ **Periodo marzo**

**Tabla 20. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 940, mes de marzo**

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	573.00	4.14	1.72	14.57	2,374.51
02-Mar	718.83	5.62	2.15	18.28	4,042.70
03-Mar	900.49	7.10	2.70	22.90	6,397.08
04-Mar	1,045.24	7.99	3.13	26.58	8,353.56
05-Mar	308.10	2.37	0.92	7.84	729.58
06-Mar	873.29	6.81	2.62	22.21	5,945.36
07-Mar	295.13	2.37	0.88	7.51	698.87
08-Mar	967.84	7.40	2.90	24.61	7,162.02
09-Mar	767.72	5.92	2.30	19.52	4,544.90
10-Mar	483.89	3.85	1.45	12.31	1,862.01
10-Mar	73.69	0.59	0.22	1.87	43.62
11-Mar	808.36	6.22	2.42	20.56	5,024.77
12-Mar	241.76	1.78	0.72	6.15	429.37
13-Mar	667.69	5.33	2.00	16.98	3,557.45
14-Mar	955.81	7.40	2.86	24.31	7,072.99
15-Mar	656.40	5.03	1.97	16.69	3,303.00
17-Mar	851.67	6.51	2.55	21.66	5,546.08
18-Mar	636.90	4.74	1.91	16.20	3,016.36
19-Mar	994.77	7.40	2.98	25.30	7,361.30
20-Mar	588.21	4.44	1.76	14.96	2,611.65
21-Mar	1,092.29	8.29	3.27	27.78	9,052.90
22-Mar	236.37	1.78	0.71	6.01	419.79
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>14,737.45</b>	<b>5.14</b>	<b>2.01</b>	<b>17.04</b>	<b>89,549.87</b>
Promedio	669.88	5.14	2.01	17.04	4,070.45



**Figura 38. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo**



**Figura 39. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 940, marzo**

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 940 transportó un total de 14,737.45 toneladas, con un promedio diario de 669.88 toneladas y 2.01 horas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.04 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.14 y un valor diario de \$ 4,070.45.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 940

**Tabla 21. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 940**

<b>TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 940					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
FEBRERO	670.48	5.20	2.01	17.05	4,150.48
MARZO	669.88	5.14	2.01	17.04	4,070.45
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>1,340.36</b>	<b>5.17</b>	<b>2.01</b>	<b>17.04</b>	<b>8,220.93</b>
Diferencia	-0.59	-0.06	0.00	-0.02	-80.03



**Figura 40. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 940**

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 940, se transportó un promedio de 670.48 y 669.88 toneladas respectivamente, las horas efectivas se mantuvieron en 2.01 horas y el número de viajes disminuyó de 17.05 a 17.04 viajes.

La disminución de tonelaje transportado afectó directamente en los otros parámetros evaluados, manteniéndolos en valor o disminuyendo en valores mínimos.

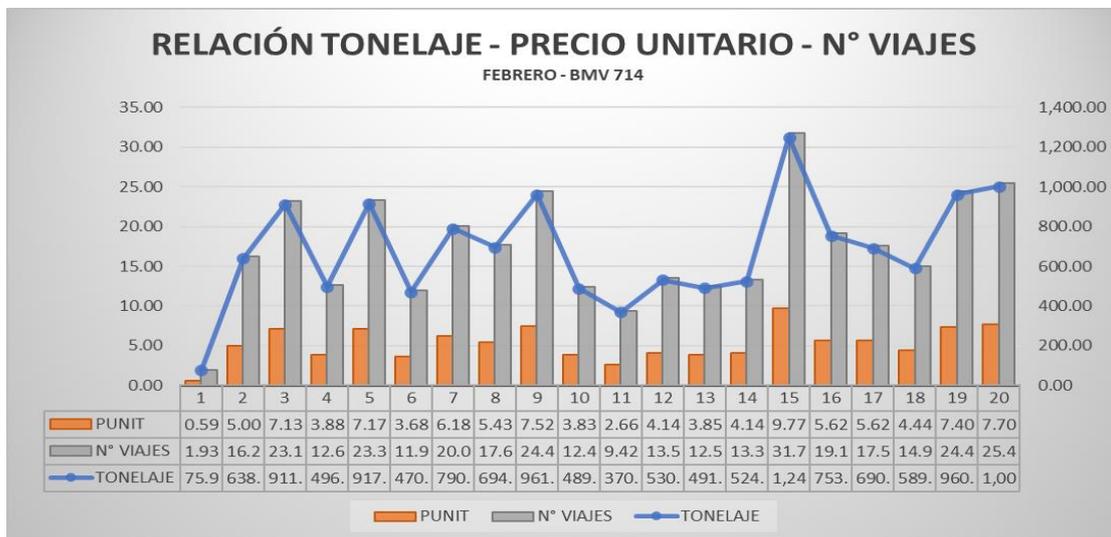
Finalmente, el valor unitario de acarreo disminuyó de 5.20 \$ a \$ 5.14, con un valor de US \$ 0.06. producto de un incremento de la granulometría transportada.

d) Análisis de tonelaje transportado – BMV 714

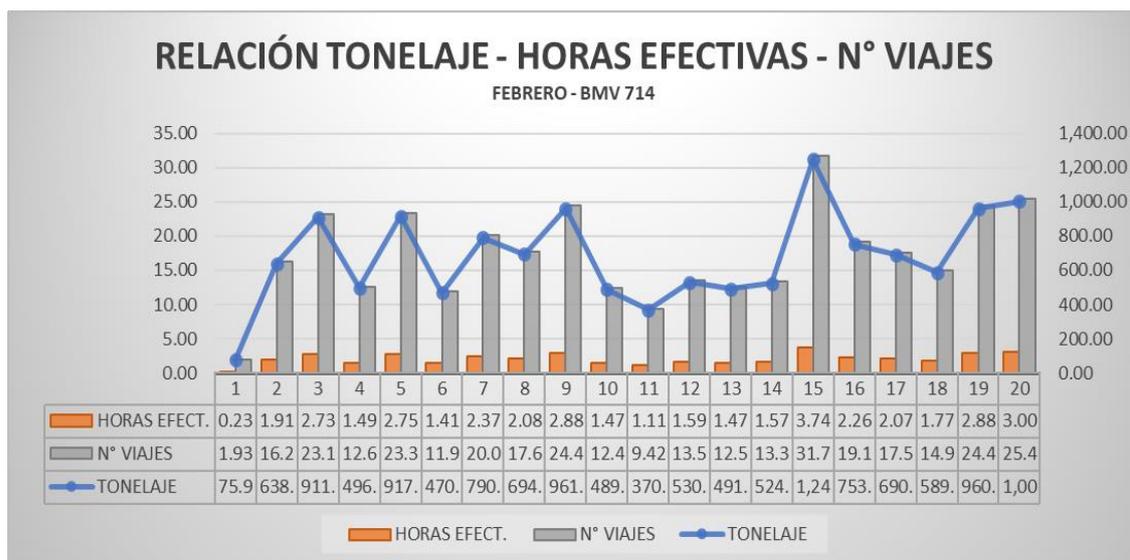
✓ Periodo febrero

**Tabla 22. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de febrero**

<b>TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO DE FEBRERO - BMV 714					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Feb	75.92	0.59	0.23	1.93	45.08
02-Feb	638.68	5.00	1.91	16.24	3,190.24
03-Feb	911.05	7.13	2.73	23.17	6,491.45
04-Feb	496.60	3.88	1.49	12.63	1,928.73
05-Feb	917.18	7.17	2.75	23.32	6,579.10
06-Feb	470.26	3.68	1.41	11.96	1,729.55
07-Feb	790.03	6.18	2.37	20.09	4,881.40
08-Feb	694.70	5.43	2.08	17.67	3,774.43
09-Feb	961.14	7.52	2.88	24.44	7,224.88
10-Feb	489.62	3.83	1.47	12.45	1,874.89
19-Feb	370.27	2.66	1.11	9.42	986.40
20-Feb	530.95	4.14	1.59	13.50	2,200.26
21-Feb	491.90	3.85	1.47	12.51	1,892.83
22-Feb	524.22	4.14	1.57	13.33	2,172.37
23-Feb	1,248.96	9.77	3.74	31.76	12,199.84
24-Feb	753.38	5.62	2.26	19.16	4,237.01
25-Feb	690.03	5.62	2.07	17.55	3,880.73
26-Feb	589.29	4.44	1.77	14.99	2,616.45
27-Feb	960.42	7.40	2.88	24.42	7,107.11
28-Feb	1,002.36	7.70	3.00	25.49	7,714.16
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>13,606.96</b>	<b>5.29</b>	<b>2.04</b>	<b>17.30</b>	<b>82,726.89</b>
Promedio	680.35	5.29	2.04	17.30	4,136.34



**Figura 41. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, febrero**



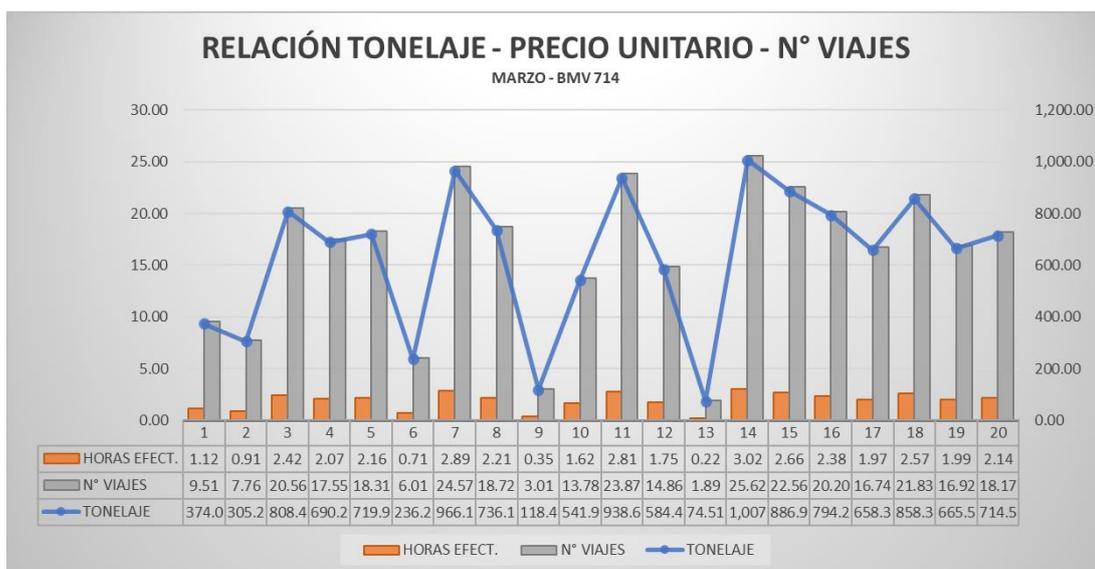
**Figura 42. Relación tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714, febrero**

Para el periodo de febrero, la unidad BMV 714 transportó un total de 13,606.96 toneladas, con un promedio diario de 680.35 toneladas y 2.04 horas efectivas promedio. El total de viajes promedio fue de 17.30 viajes, considerando un precio unitario de \$ 5.29 y un valor diario de \$ 4,136.34.

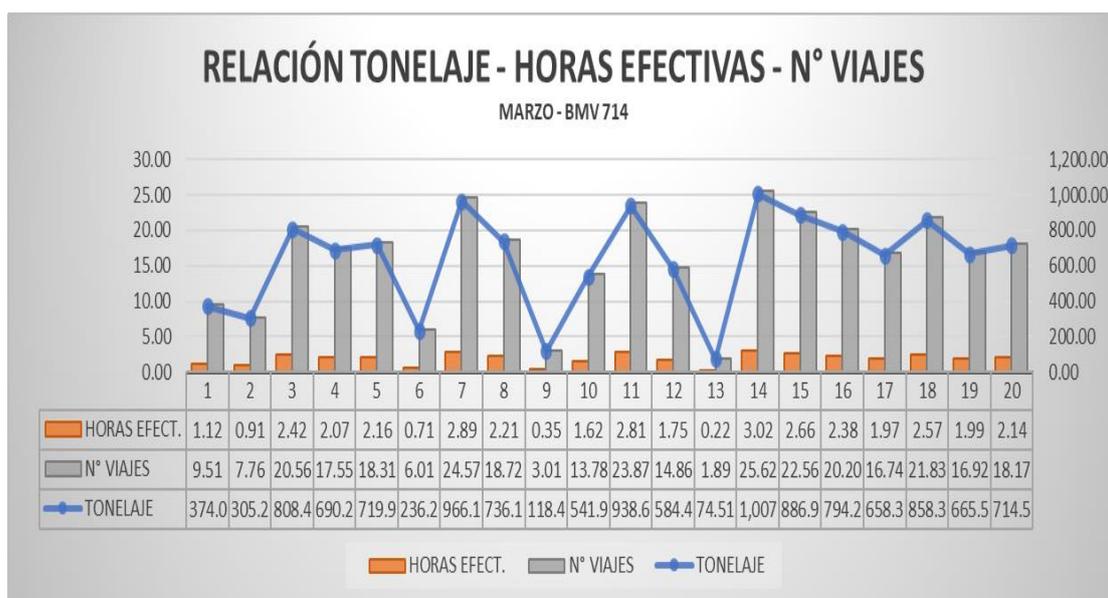
✓ Periodo marzo

**Tabla 23. Tonelaje transportado en equipo de acarreo BMV 714, mes de marzo**

TONELAJE TRANSPORTADO					
PERIODO DE MARZO - BMV 714					
FECHA	TONELAJE	PUNIT	HORAS EFECT.	N° VIAJES	VALORIZACIÓN (US \$)
01-Mar	374.02	2.96	1.12	9.51	1,107.10
02-Mar	305.28	2.37	0.91	7.76	722.90
03-Mar	808.42	6.51	2.42	20.56	5,264.43
04-Mar	690.26	5.33	2.07	17.55	3,677.71
05-Mar	719.98	5.62	2.16	18.31	4,049.17
06-Mar	236.25	1.78	0.71	6.01	419.58
07-Mar	966.16	7.70	2.89	24.57	7,435.57
08-Mar	736.10	5.62	2.21	18.72	4,139.83
09-Mar	118.47	0.89	0.35	3.01	105.20
10-Mar	541.91	4.44	1.62	13.78	2,406.08
11-Mar	938.68	7.10	2.81	23.87	6,668.38
12-Mar	584.45	4.44	1.75	14.86	2,594.96
13-Mar	74.51	0.59	0.22	1.89	44.11
14-Mar	1,007.58	7.70	3.02	25.62	7,754.34
15-Mar	886.96	6.81	2.66	22.56	6,038.42
16-Mar	794.20	6.22	2.38	20.20	4,936.75
18-Mar	658.39	5.03	1.97	16.74	3,313.02
19-Mar	858.31	6.51	2.57	21.83	5,589.31
20-Mar	665.54	5.33	1.99	16.92	3,546.00
22-Mar	714.56	5.33	2.14	18.17	3,807.18
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>12,680.03</b>	<b>4.91</b>	<b>1.90</b>	<b>16.12</b>	<b>73,620.02</b>
Promedio	634.00	4.91	1.90	16.12	3,681.00



**Figura 43. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 914, marzo**



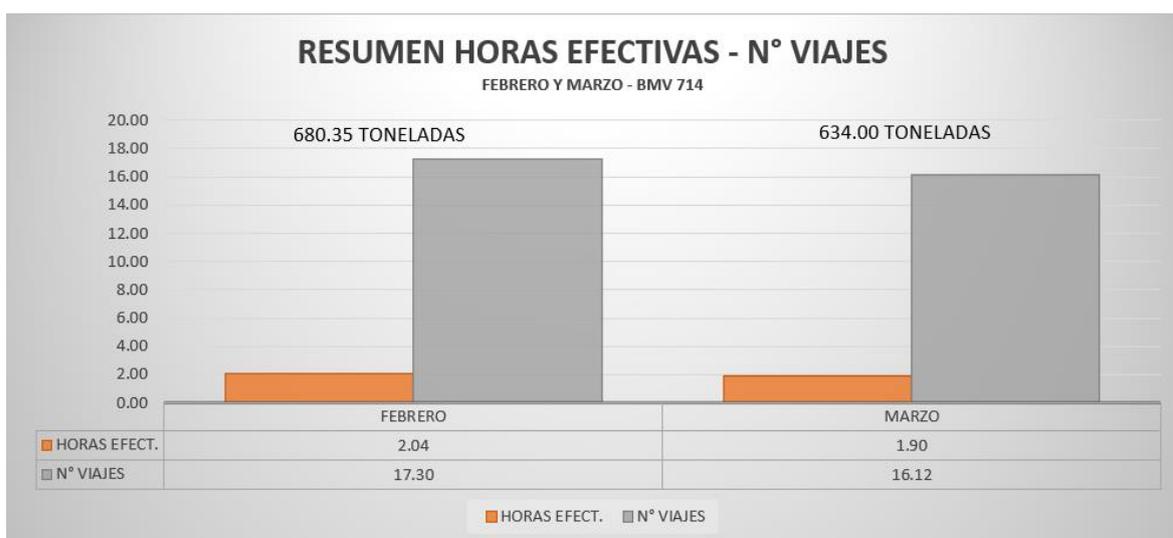
**Figura 44. Relación tonelaje, precio unitario y número viajes BMV 714, marzo**

Para el periodo de marzo, la unidad BMV 714 transportó un total de 12,680.03 toneladas, con un promedio diario de 634.00 toneladas y 1.90 horas efectivas promedio. El total de viajes promedio fue de 16.12 viajes, considerando un precio unitario de \$ 4.91 y un valor diario de \$ 3,681.00.

✓ Resumen periodo febrero, marzo BMV 714

**Tabla 24. Resumen de tonelaje transportado equipo acarreo BMV 714**

<b>RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO FEBRERO y MARZO - BMV 714					
<b>FECHA</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>PUNIT</b>	<b>HORAS EFECT.</b>	<b>N° VIAJES</b>	<b>VALORIZACIÓN (US \$)</b>
FEBRERO	680.35	5.29	2.04	17.30	4,136.34
MARZO	634.00	4.91	1.90	16.12	3,681.00
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>1,314.35</b>	<b>5.10</b>	<b>1.97</b>	<b>16.71</b>	<b>7,817.35</b>
Diferencia	-46.35	-0.37	-0.14	-1.18	-455.34



**Figura 45. Resumen tonelaje, horas efectivas y número viajes BMV 714**

El resumen diario para el periodo de febrero y marzo en la unidad BMV 714, transportó un promedio de 680.35 y 634.00 toneladas respectivamente, las horas efectivas disminuyeron de 2.04 a 1.90 horas y el número de viajes disminuyó de 17.30 a 16.12 viajes.

La disminución de tonelaje transportado afectó directamente en los otros parámetros evaluados, disminuyendo el tonelaje en 46.35 toneladas, las horas efectivas en 0.14 horas y el número de viajes en 1.18 viajes.

Finalmente, el valor unitario de acarreo disminuyó de 5.29 \$ a \$ 4.91, con un valor de US \$ 0.37 producto de un incremento de la granulometría transportada.

### 4.3 Análisis de la granulometría en cancha de mineral

Para determinar la granulometría del mineral transportado en cancha de mineral, se realizaron diferentes tomas de imágenes, asociado al periodo de estudio, entre febrero y marzo, para ser analizados mediante el software *Split Desktop* y determinar el P80 (granulometría) y finos asociados.

Así mismo, estos valores de la granulometría afectarán directamente en el factor de llenado de los equipos de acarreo e incidirán directamente en la capacidad efectiva y el costo unitario.

Para ver el comportamiento del tonelaje transportado, se analizaron 4 imágenes (2 en febrero y 2 en marzo), con códigos de muestra: Ca001, Ca002, Ca003 y Ca004 para ver la incidencia de la granulometría en los equipos de acarreo marca Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>.

#### a) Análisis de granulometría - Muestra Ca001, febrero



**Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero**

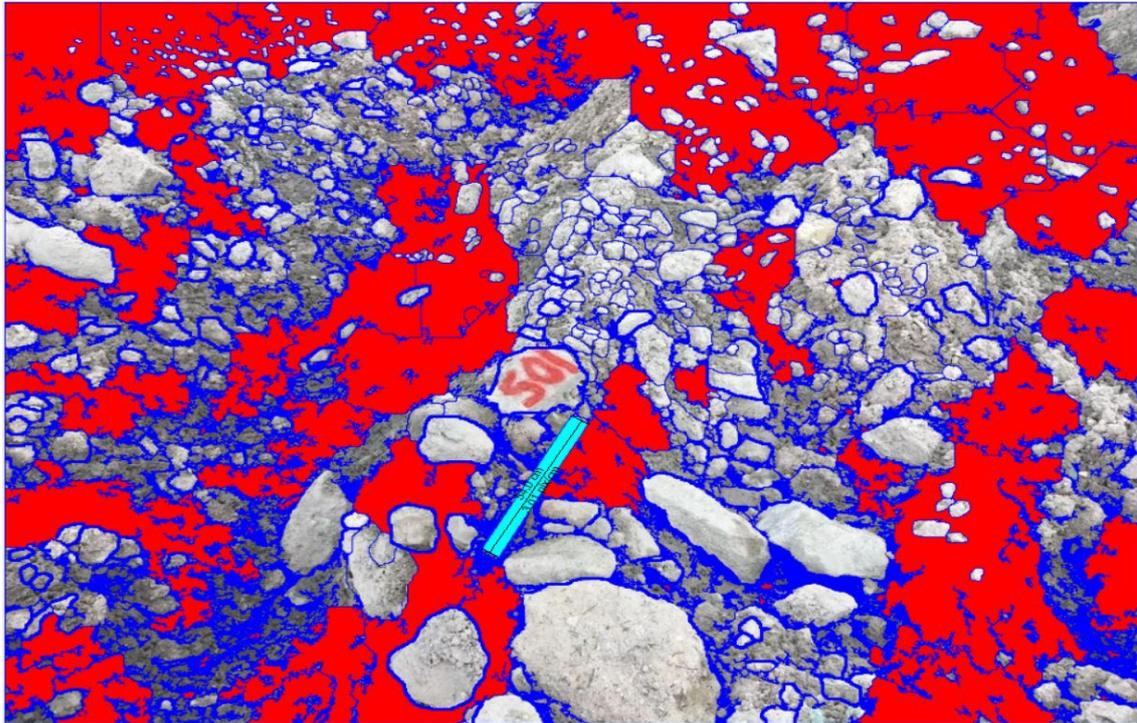


Figura 47. Análisis de imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero.

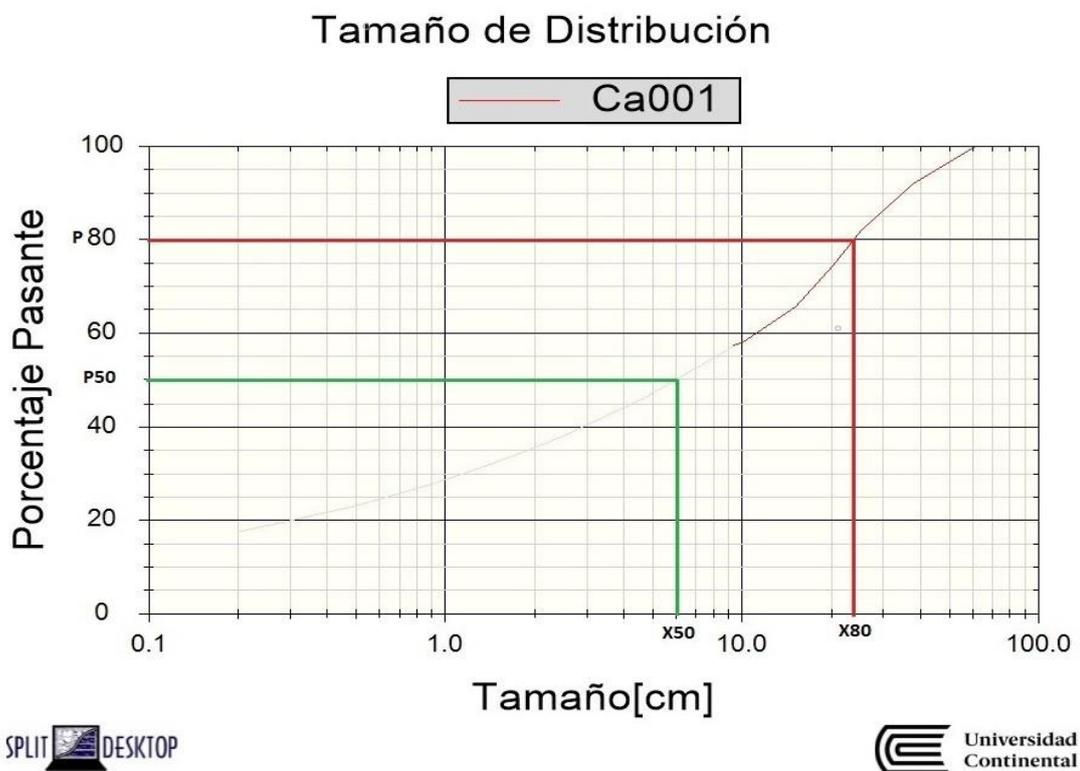


Figura 48. Distribución de granulometría muestra Ca001, febrero.

**Tabla 25. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca001**

% PASANTE DE MINERAL	
Muestra - Ca001	
Tamaño[cm]	% Pasante
63,50	100,00
38,10	91,88
25,40	81,75
20,32	74,25
15,24	65,52
10,16	58,01
5,08	47,44
<b>2,54</b>	<b>38,37</b>
1,91	35,13
1,27	31,00
0,95	28,37
0,64	25,03
0,47	22,88
0,20	17,54

GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca001	
% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,03
F20	0,31
F30	1,14
F40	2,91
<b>F50 (P50)</b>	<b>6,03</b>
F60	11,73
F70	17,82
<b>F80 (P80)</b>	<b>24,11</b>
F90	35,05
Topsize (99,95%)	61,49

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca001 mediante el software *Split Desktop*, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 1 pulgada solo pasa el 38.37 % de mineral. Asimismo, la granulometría asociada considera un P50 de 6.03 cm y un P80 de 24.11 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 85%.

b) Análisis de granulometría - Muestra Ca002 - febrero



**Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero**

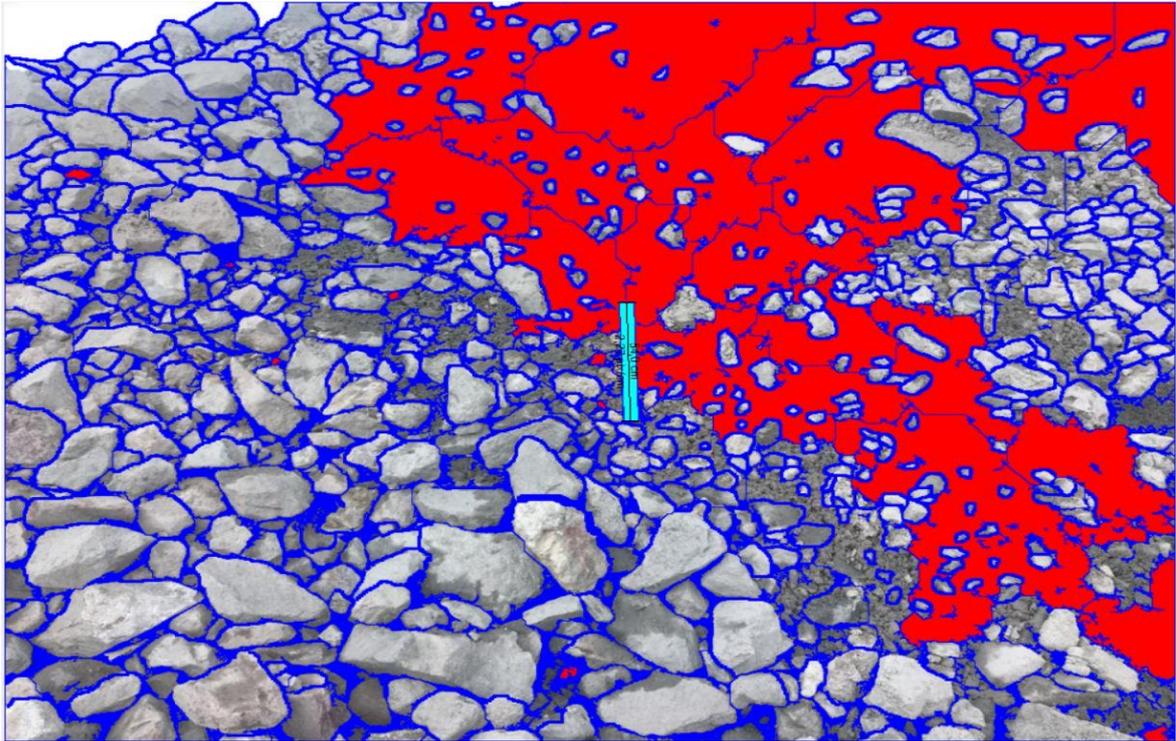


Figura 50. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero

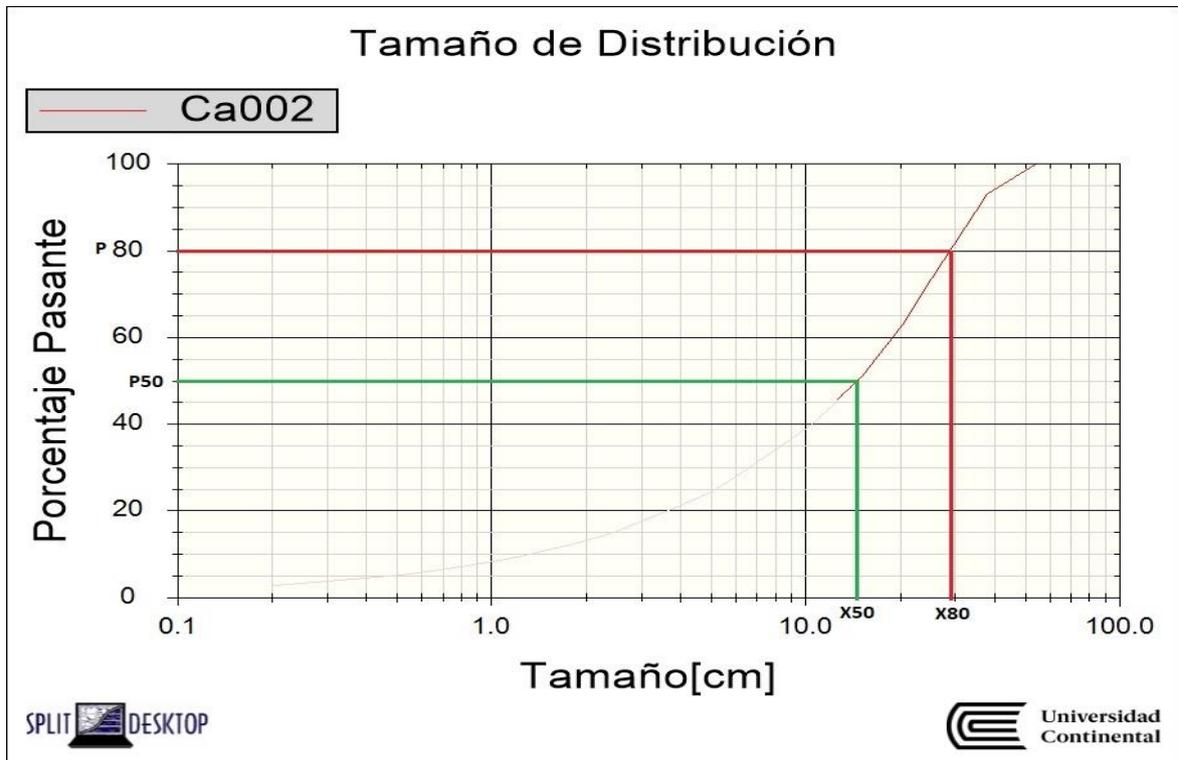


Figura 51. Distribución de granulometría muestra Ca002, febrero

**Tabla 26. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca002**

% PASANTE DE MINERAL		GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca002		Muestra - Ca002	
Tamaño[cm]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[cm]
63,50	100,00	F10	1,32
38,10	93,02	F20	3,71
25,40	73,60	F30	6,78
20,32	62,73	F40	10,42
15,24	51,04	<b>F50</b>	<b>14,77</b>
10,16	39,32	F60	19,14
5,08	24,72	F70	23,63
<b>2,54</b>	<b>15,52</b>	<b>F80</b>	<b>28,78</b>
1,91	12,78	F90	35,44
1,27	9,73	Topsize (99,95%)	54,30
0,95	8,01		
0,64	6,08		
0,47	5,00		
0,20	2,78		

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca002 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 15.52 % de mineral. Asimismo, la granulometría asociada considera un P50 de 14.77 cm y un P80 de 28.78 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 80 %.

c) Análisis de granulometría - Muestra Ca003 – marzo



**Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo**

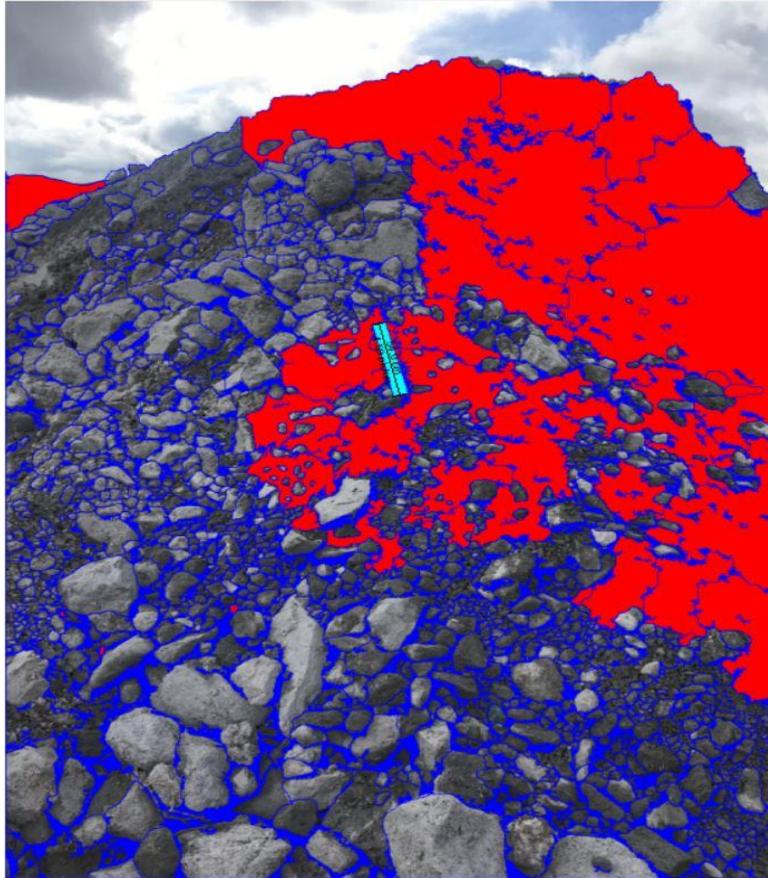


Figura 53. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo

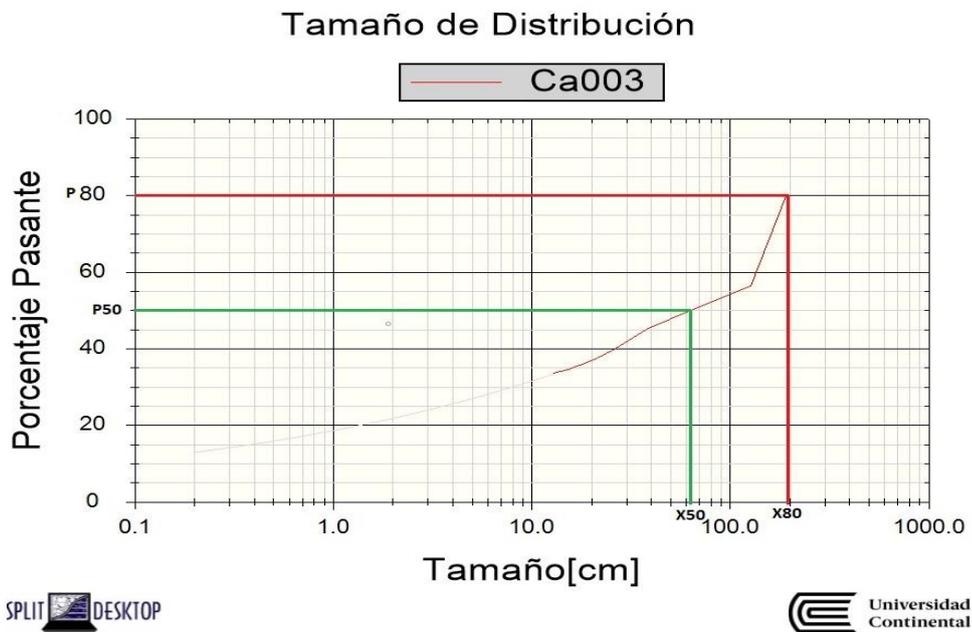


Figura 54. Distribución de granulometría muestra Ca003, marzo

**Tabla 27. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca003**

% PASANTE DE MINERAL	
Muestra - Ca003	
Tamaño[cm]	% Pasante
190,50	79,83
127,00	56,42
63,50	50,06
38,10	45,00
25,40	39,34
20,32	36,95
15,24	34,56
10,16	31,73
5,08	27,10
<b>2,54</b>	<b>23,14</b>
1,91	21,66
1,27	19,74
0,95	18,48
0,64	16,84
0,47	15,76
0,20	12,95

GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca003	
% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,06
F20	1,34
F30	7,94
F40	26,81
<b>F50 (P50)</b>	<b>62,78</b>
F60	138,72
F70	165,67
<b>F80 (P80)</b>	<b>190,95</b>
F90	218,15
Topsize (99,95%)	250,47

De acuerdo con el estudio de granulometría en la muestra Ca003 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 23.14% de mineral. Así mismo la granulometría asociada considera un P50 de 62.78 cm y un P80 de 190.95 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 60 %.

d) Análisis de granulometría - Muestra Ca004 – marzo



Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo

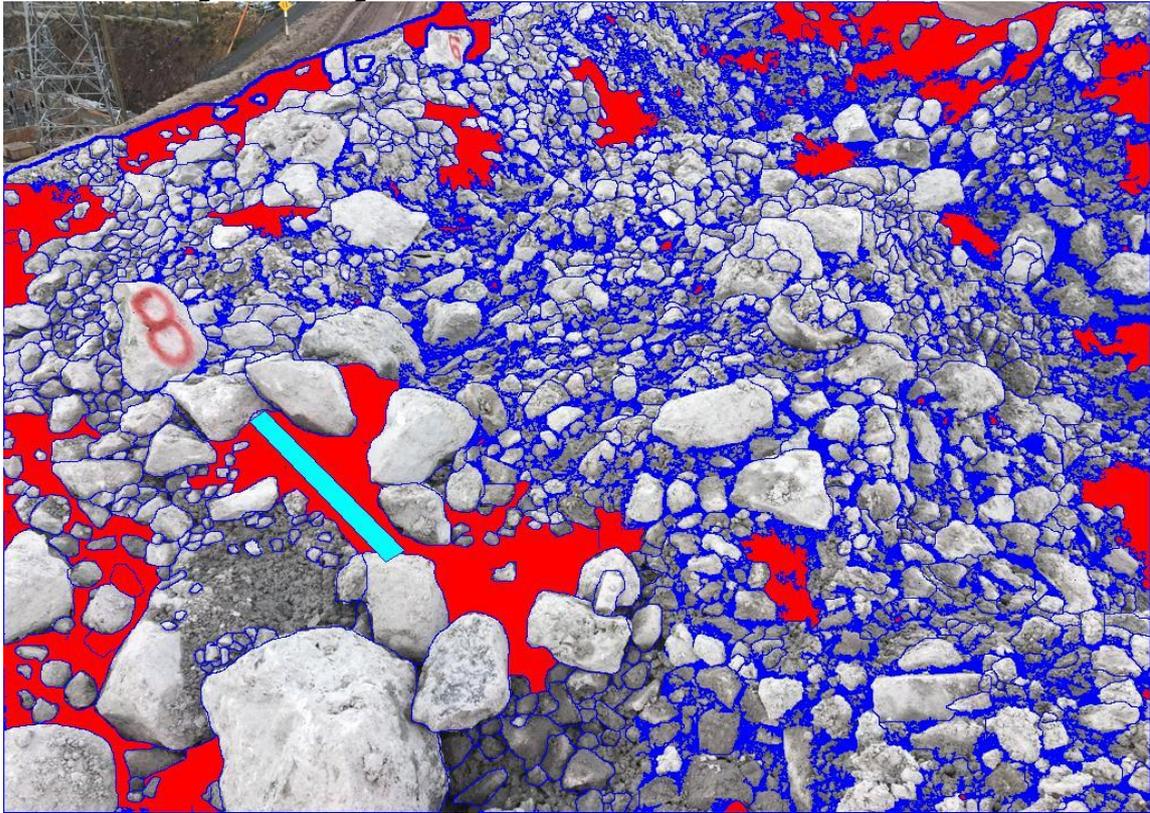


Figura 56. Análisis de imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo

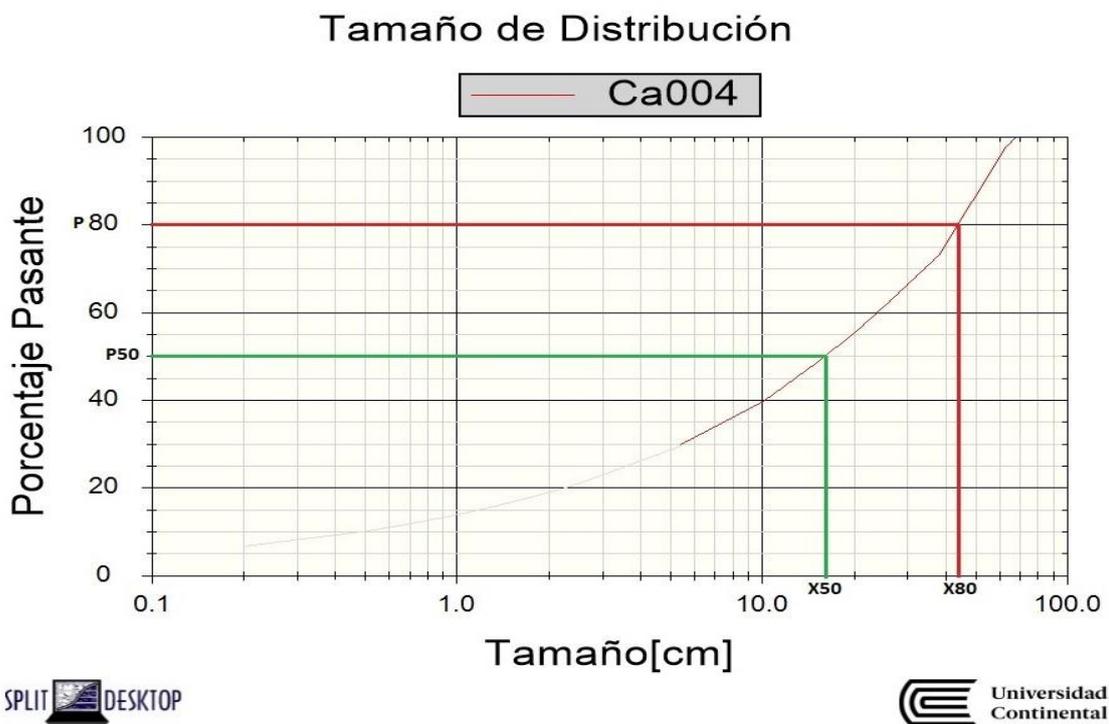


Figura 57. Distribución de granulometría muestra Ca004, marzo

**Tabla 28. Granulometría y porcentaje pasante, muestra Ca004**

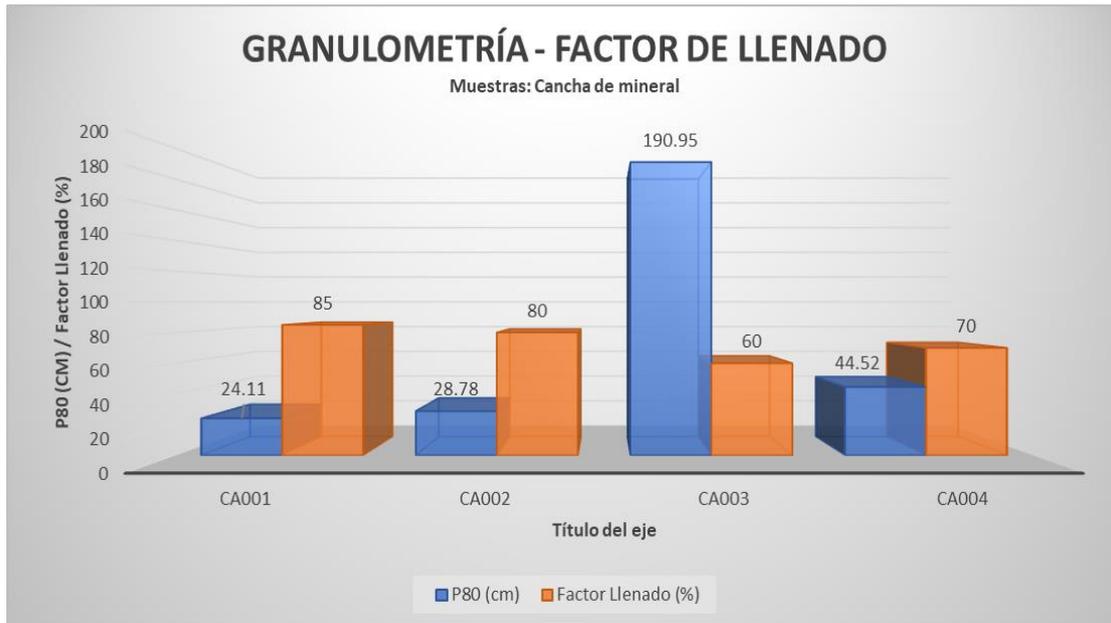
% PASANTE DE MINERAL		GRANULOMETRÍA POST VOLADURA	
Muestra - Ca004		Muestra - Ca004	
Tamaño[cm]	% Pasante	% Pasante	Tamaño[cm]
127,00	100,00	F10	0,48
63,50	97,80	F20	2,23
38,10	73,02	F30	5,53
25,40	61,42	F40	10,31
20,32	55,56	<b>F50 (P50)</b>	<b>16,14</b>
15,24	48,64	F60	24,06
10,16	39,71	F70	34,98
5,08	28,92	<b>F80 (P80)</b>	<b>44,52</b>
<b>2,54</b>	<b>21,21</b>	F90	53,73
1,91	18,64	Topsize (99,95%)	68,56
1,27	15,53		
0,95	13,64		
0,64	11,35		
0,47	9,95		
0,20	6,73		

De acuerdo al estudio de granulometría en la muestra Ca004 mediante el software Split Desktop, considera el porcentaje pasante de mineral, considerando un tamaño de 2.54 cm (1 pulgada) solo pasa el 21.21% de mineral. Así mismo la granulometría asociada considera un P50 de 16.14 cm y un P80 de 44.52 cm, asumiendo un factor de llenado en equipos de acarreo del 70%.

e) Resumen de análisis de la granulometría

**Tabla 29. Resumen de la granulometría muestra cancha de mineral**

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA				
MUESTRA (Ca001-Ca004): CANCHA DE MINERAL				
MUESTRA	P50 cm	P80 cm	<= 1 PULG. % Pasante	FACTOR LLENADO (%)
Ca001	6.03	24.11	38.37	85
Ca002	14.77	28.78	15.52	80
Ca003	62.78	190.95	23.14	60
Ca004	16.14	44.52	21.21	70
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.93</b>	<b>72.09</b>	<b>24.56</b>	<b>74</b>



**Figura 58. Resumen y análisis de la granulometría (P80) y el factor de llenado**

El resultado obtenido del análisis de la granulometría post voladura nos permite entender el comportamiento del factor de llenado (fill factor) de los equipos de acarreo, siendo estos, tener una influencia directa en el rendimiento de los equipos.

Los valores de factor de llenado estarán en el rango de 0.5 a 1.0 o de 50 % al 100% como rangos del resultado de voladura, siendo del 90 al 100 % una buena voladura, del rango del 60 al 89% una baja voladura y < a 60% una pésima voladura.

De acuerdo con estos rangos de voladura se tiene rangos mínimos de factor de llenado del 60 % y máximos del 85 %, con un promedio del 74 %, los que afectarán el rendimiento y mayores costos de acarreo de los equipos.

#### 4.4 Análisis de costos y rendimiento de equipos de acarreo

Para determinar la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{(\text{Capacidad nominal} \times \text{densidad} \times \text{factor llenado})}{(1 + \text{Factor esponjamiento})}$$

Donde:

Capacidad nominal volquete (m<sup>3</sup>)

Factor llenado (%)

Factor esponjamiento (%)

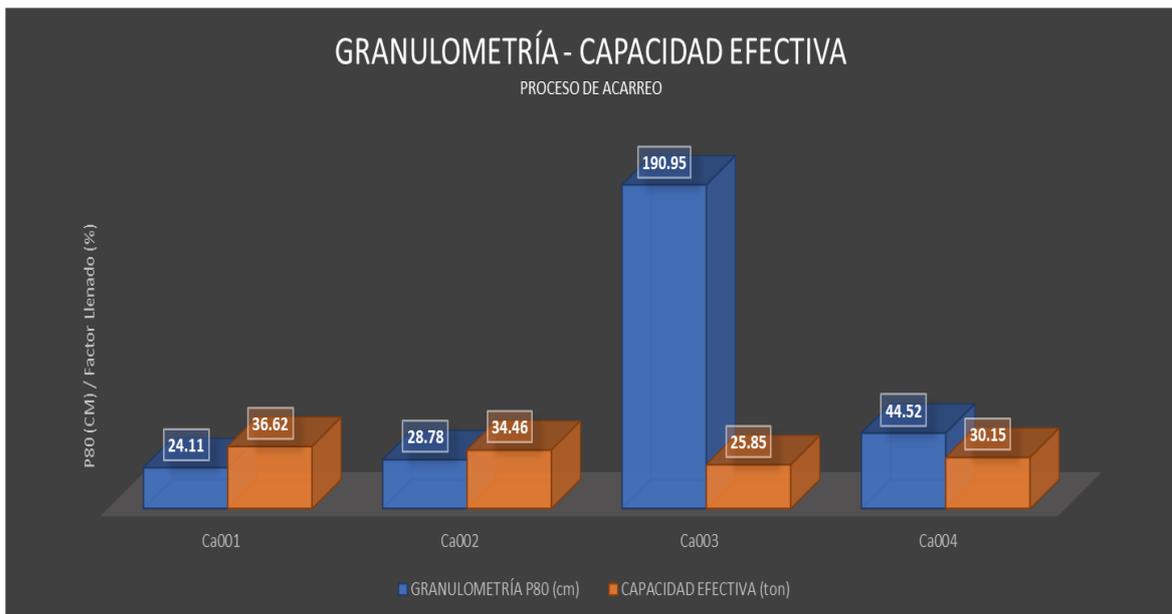
De acuerdo con la evaluación realizada, en referencia a la implicancia de la granulometría en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo se considera una densidad de mineral promedio de 2.8 kg/m<sup>3</sup> y un costo unitario de acarreo promedio de 6.12 US \$/ton (de acuerdo con los periodos evaluados), se determina la capacidad efectiva y costos de acarreo asociado con las muestras evaluadas.

**Tabla 30. Resumen de capacidad efectiva y costos asociados**

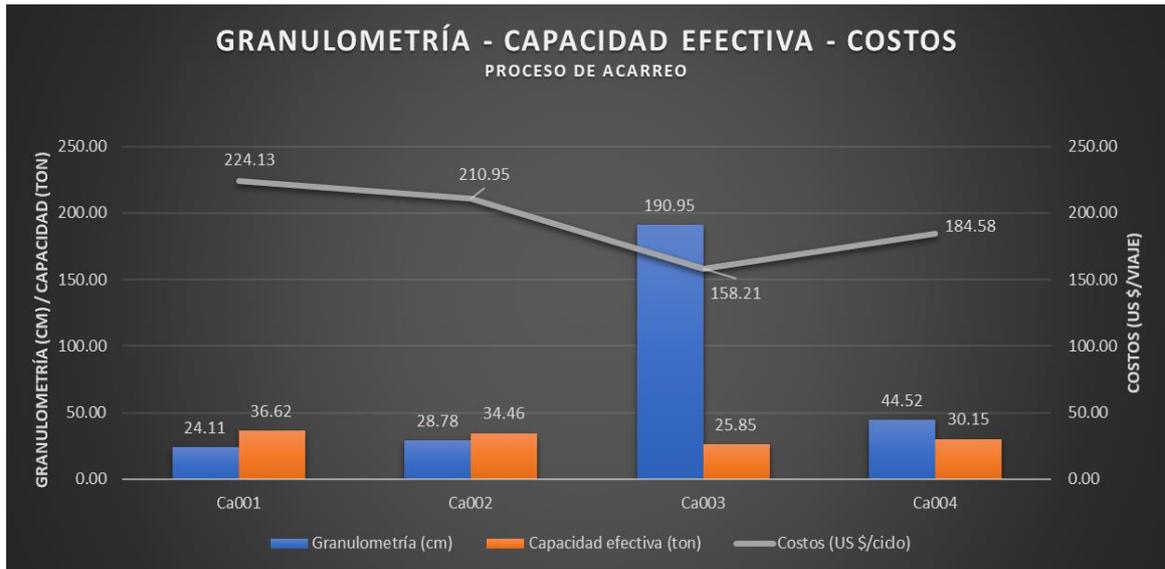
**RESUMEN DE CAPACIDAD EFECTIVA Y COSTOS ASOCIADOS A EQUIPOS DE ACARREO**

Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R

MUESTRA	GRANULOMETRÍA P80 (cm)	CAPACIDAD NOMINAL m3	DENSIDAD kg/m3	FACTOR ESPONJAMIENTO (%)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA Ton	VALORIZACIÓN US \$/ciclo
Ca001	24.11	20	2.8	30%	85%	36.62	224.13
Ca002	28.78	20	2.8	30%	80%	34.46	210.95
Ca003	190.95	20	2.8	30%	60%	25.85	158.21
Ca004	44.52	20	2.8	30%	70%	30.15	184.58
PROMEDIO	72.09	20	2.8	30%	74%	31.77	194.47



**Figura 59. Granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo**



**Figura 60. Granulometría, capacidad efectiva y costos en equipos de acarreo**

De acuerdo con los estudios de granulometría realizados y su relación con la capacidad efectiva, tiene un efecto directo en los costos de acarreo. La granulometría varía desde 24.11 a 190.95 cm considerando una capacidad efectiva de 36.62 a 25.85 toneladas respectivamente.

Esta variabilidad en granulometría y capacidad efectiva está relacionado directamente a los costos de acarreo por ciclo entre 224.13 y 158.21 \$/ciclo.

Estos resultados demuestran que a mayor granulometría transportada el costo de acarreo es mayor y menor valorización (empresa de servicios) y si se transporta granulometrías homogéneas promedio de 26.45 cm generará mayor incremento en la valorización de acarreo.

#### 4.5 Validación de la hipótesis planteada

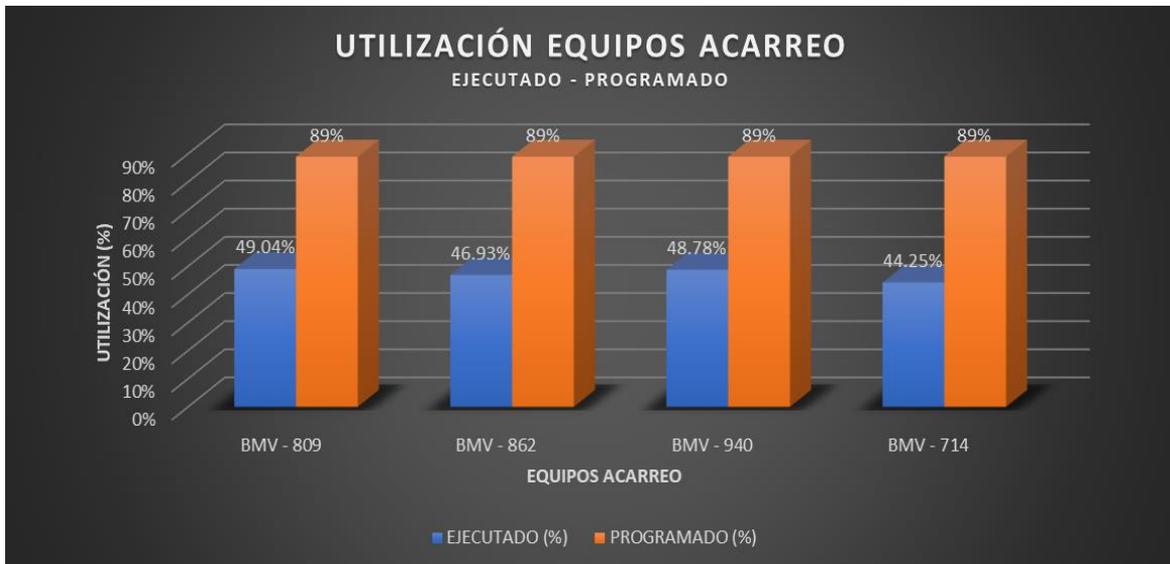
La presente tesis, realizó el análisis de los principales indicadores de rendimiento de equipos de acarreo (utilización, disponibilidad y horas efectivas), así como el tonelaje transportado y el análisis granulométrico de 4 muestras de cancha de mineral, los cuales determinarán la capacidad efectiva y los costos o valorización durante el proceso de acarreo.

a) Rendimiento de equipos de acarreo

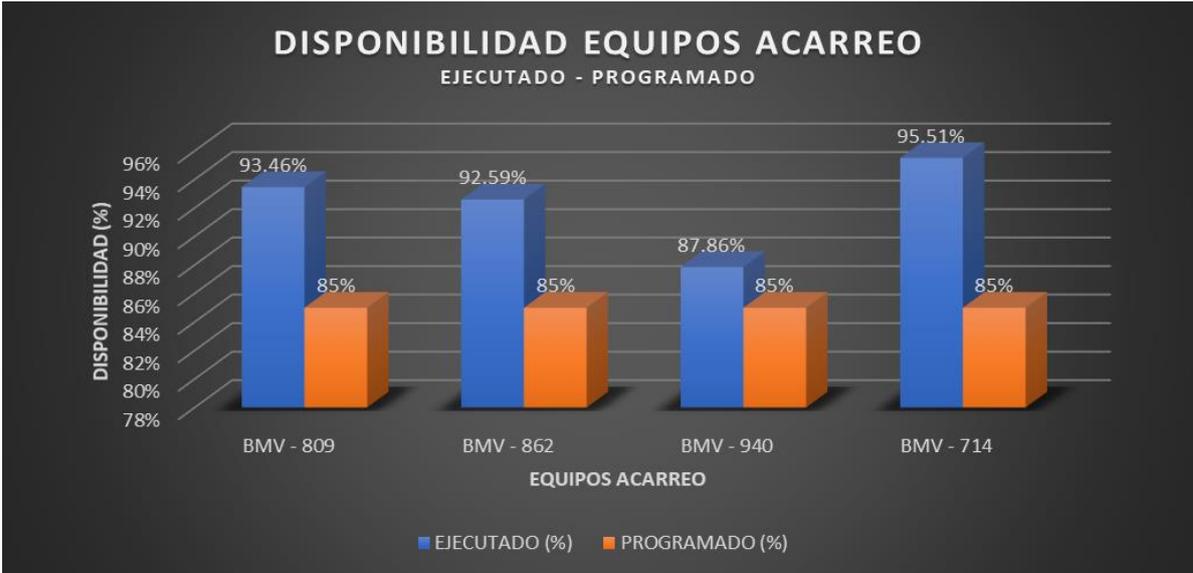
De acuerdo con el trabajo de investigación evaluado durante el periodo febrero y marzo se determinaron los siguientes resultados de rendimiento:

**Tabla 31. Rendimiento programado y ejecutado equipos de acarreo.**

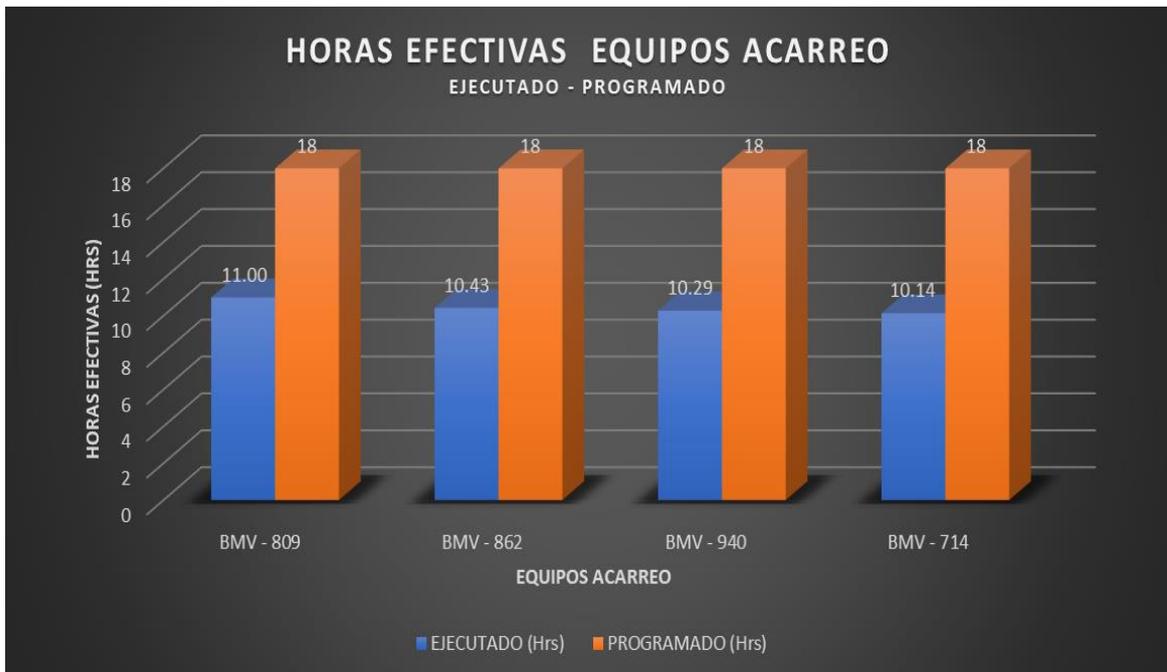
RENDIMIENTO PROGRAMADO - EJECUTADO EQUIPOS ACARREO									
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R									
EQUIPO	EJECUTADO			PROGRAMADO			DIFERENCIA		
	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD	HRS EFECTIVAS OPER
BMV - 809	49.04%	93.46%	11.00	89%	85%	18	-39.96%	8.46%	-7.00
BMV - 862	46.93%	92.59%	10.43	89%	85%	18	-42.07%	7.59%	-7.57
BMV - 940	48.78%	87.86%	10.29	89%	85%	18	-40.22%	2.86%	-7.71
BMV - 714	44.25%	95.51%	10.14	89%	85%	18	-44.75%	10.51%	-7.86
PROMEDIO	47.25%	92.36%	10.46	89%	85%	18	-41.75%	7.36%	-7.54



**Figura 61. Resumen de utilización de equipos de acarreo.**



**Figura 62. Resumen de disponibilidad de equipos de acarreo**



**Figura 63. Resumen de horas efectivas de equipos de acarreo**

El rendimiento de los equipos de acarreo evaluados en los escenarios de estudio de febrero y marzo consideras los valores programados y ejecutados en:

- ✓ La disponibilidad programada es del 85 % y la ejecutada fue del 92 %. Esta variabilidad en la disponibilidad está directamente relacionada a menores horas de mantenimiento por ser equipos nuevos.

- ✓ La utilización programada es del 89 % y la ejecutada fue del 47.25 %. La menor utilización de los equipos de acarreo solo está relacionada al análisis de transporte de mineral, sin considerar el desmonte, por lo que se incrementaría dicho valor.
- ✓ Las horas efectivas operacionales de equipos de acarreo programada es de 18 horas diarias, siendo el ejecutado 10.46 horas diaria. Estas menores horas efectivas asociadas a equipos de acarreo, está relacionado a las variables de utilización y disponibilidad determinadas.
- ✓ Finalmente, es necesario revisar las diferentes actividades relacionadas al proceso unitario de acarreo, para determinar las pérdidas de tiempo operacional y así generar programas de optimización y reducción de costos.

b) Tonelaje transportado

De acuerdo con el trabajo de investigación evaluado durante el periodo febrero y marzo se determinaron los siguientes resultados durante el periodo de febrero y marzo, considerando el tonelaje, horas efectivas y número de viajes.

**Tabla 32. Resumen de tonelaje transportado, periodo febrero y marzo**

<b>RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO</b>					
PERIODO FEBRERO y MARZO					
<b>FECHA</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>PUNIT</b>	<b>HORAS EFECT.</b>	<b>N° VIAJES</b>	<b>VALORIZACIÓN (US \$)</b>
FEBRERO	48,196.97	6.11	2.04	19.74	296,264.34
MARZO	54,843.06	6.14	2.11	20.10	337,550.94
<b>TOTAL/PROM</b>	<b>6,646.09</b>	<b>6.12</b>	<b>2.07</b>	<b>19.92</b>	<b>41,286.60</b>

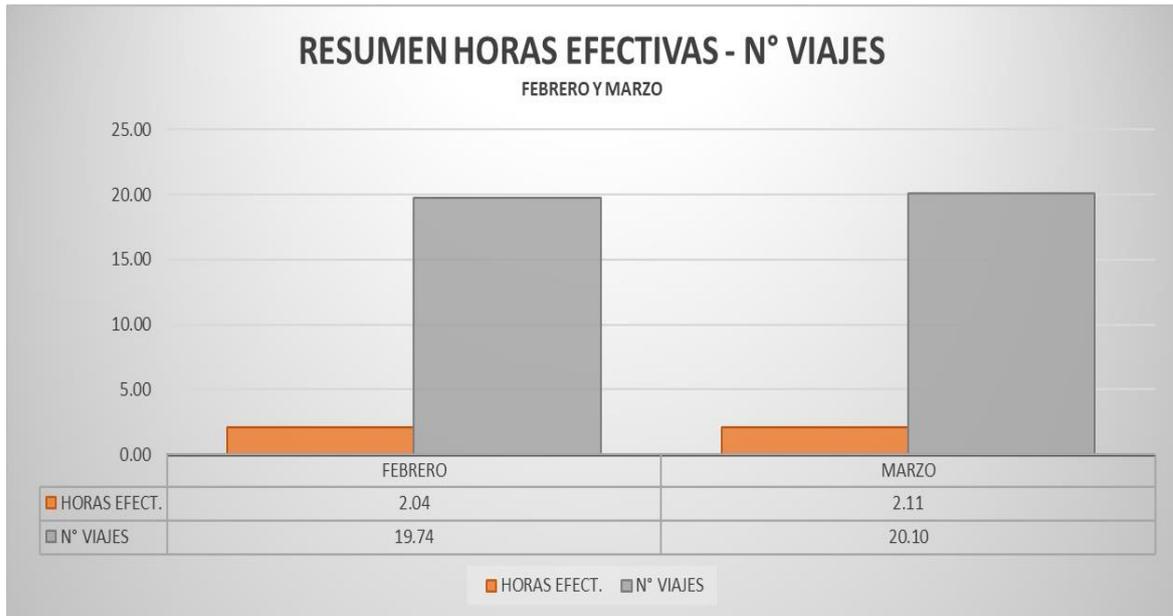


Figura 64. Resumen de horas efectivas y números de viajes en equipos de acarreo

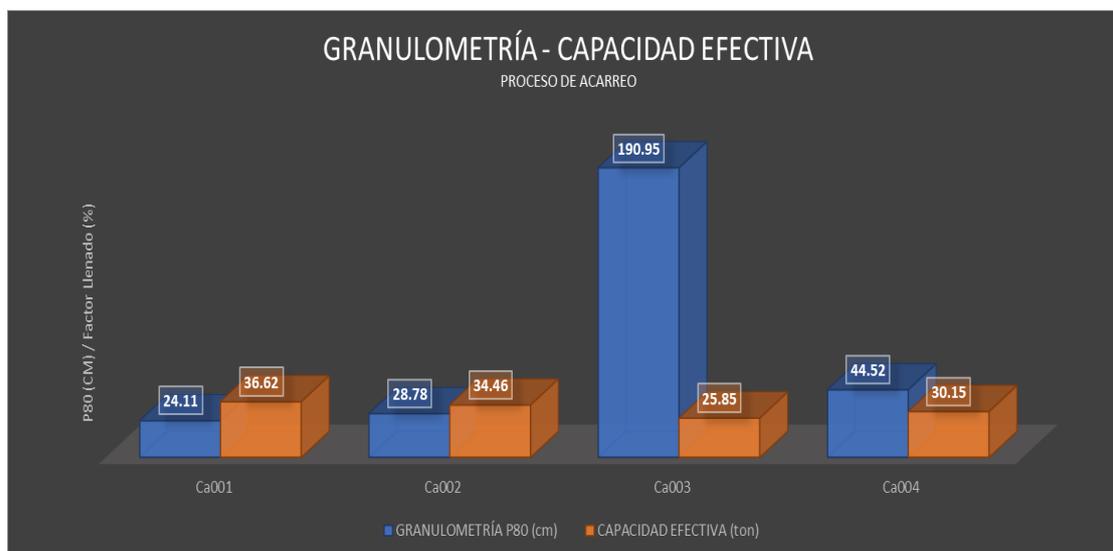
Durante el periodo de estudio de febrero a marzo se incrementó el tonelaje transportado en 6,646.09 toneladas, con un promedio de viajes de 20 y horas efectivas operacionales de 2.02 horas. Así mismo, el incremento de tonelaje permitió un incremento en la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12. Si bien es cierto hay una mejora en la valorización de transporte de mineral, está debería ser mucho mayor considerando la granulometría del material transportado.

#### c) Granulometría, capacidad efectiva y costo asociado

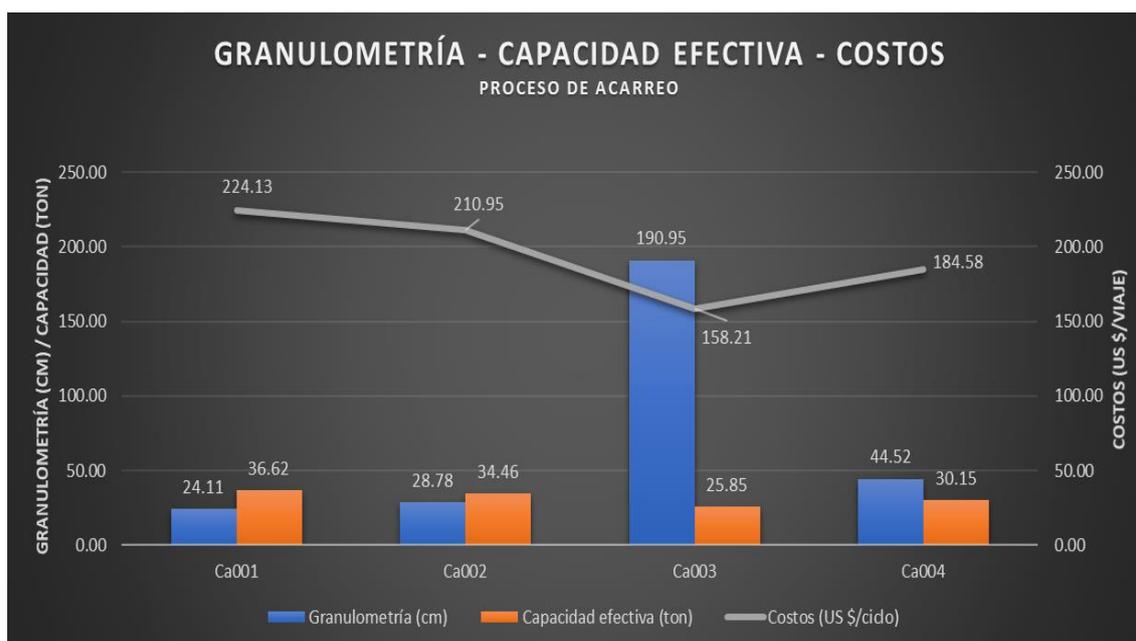
Una vez definido el rendimiento de los equipos, así como el tonelaje transportado, se analizó la granulometría asociada al proceso de acarreo considerando el análisis de muestras de cancha de mineral durante el periodo de estudio, para determinar su influencia en la capacidad efectiva y sus costos asociados. Por tal motivo, se analizó la granulometría obtenida en las muestras de cancha de minera, y ayudó a entender el comportamiento de la capacidad efectiva, el factor de llenado y sus costos asociados.

**Tabla 33. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costos de acarreo**

RESUMEN DE CAPACIDAD EFECTIVA Y COSTOS ASOCIADOS A EQUIPOS DE ACARREO							
Equipos Acarreo - Volvo Modelo FMX 8x4 R							
MUESTRA	GRANULOMETRÍA P80 (cm)	CAPACIDAD NOMINAL m3	DENSIDAD kg/m3	FACTOR ESPONJAMIENTO (%)	FACTOR LLENADO (%)	CAPACIDAD EFECTIVA Ton	VALORIZACIÓN US \$/ciclo
Ca001	24.11	20	2.8	30%	85%	36.62	224.13
Ca002	28.78	20	2.8	30%	80%	34.46	210.95
Ca003	190.95	20	2.8	30%	60%	25.85	158.21
Ca004	44.52	20	2.8	30%	70%	30.15	184.58
PROMEDIO	72.09	20	2.8	30%	74%	31.77	194.47
ÓPTIMO	26.45	20	2.8	30%	90%	38.77	237.32
Diferencia							42.85



**Figura 65. Resumen de granulometría y capacidad efectiva en equipos de acarreo**



**Figura 66. Resumen de granulometría, capacidad efectiva y costo asociados**

Durante el análisis de la granulometría, la densidad de material, factor de esponjamiento y factor de llenado, influye directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y sus costos asociados.

La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09 cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas y un máximo de 25.85 toneladas. Estas variabilidades en la granulometría afectarán directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo). Considerando el rango de granulometría y capacidades efectivas de los equipos de acarreo, consideran costos de acarreo en una granulometría mínima de 24.11 cm, con capacidades efectivas de 36.62 toneladas y valores unitarios de 224.13 \$/ciclo, mientras que en granulometrías mayores de 190.95 cm, con capacidades efectivas de 25.85 toneladas y valores unitarios de 158.21 \$/ciclo.

Finalmente, considerando el escenario óptimo con granulometrías promedio de 26.45 cm, capacidad efectiva de 38.77 toneladas y valor unitario de 237.32 \$/ciclo, comparando con el escenario de estudio con granulometrías promedio de 72.09 cm, capacidad efectiva de 31.77 toneladas y valor unitario de 194.47 \$/ciclo, generan diferencias de valor en mejoras de 42.85 \$/ciclo.

## CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de investigación realizó el análisis de los principales indicadores de rendimiento de equipos de acarreo (utilización, disponibilidad y horas efectivas), así como el tonelaje transportado de los equipos Volvo modelo FMX 8x4 R de 20 m<sup>3</sup>: BMV-809, BMV-862, BMV-940 y BMV-714, pertenecientes a la Empresa Comunal Multiservicios San Juan de Huayllay, así como el análisis granulométrico de 4 muestras de cancha de mineral, los cuales determinarán la capacidad efectiva y los costos o valorización durante el proceso de acarreo.
2. La disponibilidad programada de los equipos de acarreo es del 85 % y la ejecutada fue del 92 %, esta variabilidad en la disponibilidad está directamente relacionada a menores horas de mantenimiento por ser equipos nuevos.
3. La utilización programada de los equipos de acarreo es del 89 % y la ejecutada fue del 47.25 %, la menor utilización de los equipos de acarreo solo está relacionada al análisis de transporte de mineral, sin considerar el desmonte, por lo que se incrementaría dicho valor.
4. Las horas efectivas operacionales de equipos de acarreo programada es de 18 horas diarias, siendo el ejecutado 10.46 horas diaria. Estas menores horas efectivas asociadas a equipos de acarreo, está relacionado a las variables de utilización y disponibilidad determinadas consideradas en mineral.
5. Durante el periodo de estudio de febrero a marzo se incrementó el tonelaje transportado en 6,646.09 toneladas, con un promedio de viajes de 20 y horas efectivas operacionales de 2.02 horas. Asimismo, el incremento de tonelaje permitió un incremento en la valorización de transporte de mineral en \$ 41,286.60, considerando un precio unitario de \$ 6.12. Si bien es cierto hay una mejora en la valorización de transporte de mineral, está debería ser mucho mayor considerando la granulometría del material transportado.

6. Durante el análisis de la granulometría, la densidad de material, factor de esponjamiento y factor de llenado, influyen directamente en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo y sus costos asociados.
7. La granulometría durante el estudio varía desde un rango mínimo de 24.11 cm a un máximo de 190.95 cm, considerando un promedio de granulometría de 72.09 cm, esto considera factores de llenado desde un mínimo del 60 % y un máximo del 85 %. Las granulometrías y factores de llenado consideran capacidades efectivas de equipos de acarreo en un mínimo de 36.62 toneladas y un máximo de 25.85 toneladas.
8. Las variabilidades asociadas a la granulometría afectan directamente en el tonelaje transportado, considerando que a mayor granulometría (>P80) el tonelaje transportado es menor y viceversa a menor granulometría (=P80) el tonelaje transportado es mayor (óptimo). Considerando el rango de granulometría y capacidades efectivas de los equipos de acarreo, se consideran los costos de acarreo en una granulometría mínima de 24.11 cm, con capacidades efectivas de 36.62 toneladas y valores unitarios de 224.13 \$/ciclo, mientras que en granulometrías mayores de 190.95 cm, con capacidades efectivas de 25.85 toneladas y valores unitarios de 158.21 \$/ciclo.
9. Finalmente, considerando el escenario óptimo con granulometrías promedio de 26.45 cm, capacidad efectiva de 38.77 toneladas y valor unitario de 237.32 \$/ciclo, comparado con el escenario de estudio con granulometrías promedio de 72.09 cm, capacidad efectiva de 31.77 toneladas y valor unitario de 194.47 \$/ciclo, generan diferencias de valor en 42.85 \$/ciclo, considerando un incremento en el valor comercial o disminución de costos de acarreo, controlando la granulometría transportada.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los cálculos asociados a la disponibilidad > al 92 %, se tomen con mucho cuidado, ya que los equipos nuevos solo se consideran disponibilidades entre 89 a 92 %.
2. Se recomienda seguir realizando estudios de granulometría para tener un mejor control del material transportado y su efecto que genera en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo.
3. Se recomienda que, para la mejora de las horas efectivas operacionales, es necesario revisar las diferentes actividades relacionadas al proceso unitario de acarreo, para determinar las pérdidas de tiempo operacional y así generar programas de optimización y reducción de costos.
4. Se recomienda realizar estudios de densidad de material y factor de esponjamiento para definir el tonelaje transportado real, por existir variabilidad geológica en el yacimiento.
5. Se recomienda realizar estudios de *machine learning* en equipos de acarreo, considerando la data asociada a periodos anteriores para generar modelos de predictibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESCOBAR, D. Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina propuesta para mejorar su eficiencia. Tesis (Título de Ingeniero de Minas y Metalurgista). México: Universidad Nacional autónoma de México, 2017, 71 pp.
2. LIBARDO, J. Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos Argos, Toluviejo - Sucre. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017, 94 pp.
3. CONDORI, R. Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2016, 174 pp.
4. APAZA, E. Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S. A. C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.
5. APAZA, M. Optimización del sistema de transporte de mineral para el incremento de la productividad en Cía. Minera Ares – U.O. Inmaculada. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019, 123 pp.
6. UNIDAD MINERA CHUNGAR, Mina Animón. Data del proceso de acarreo, periodo 2023.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

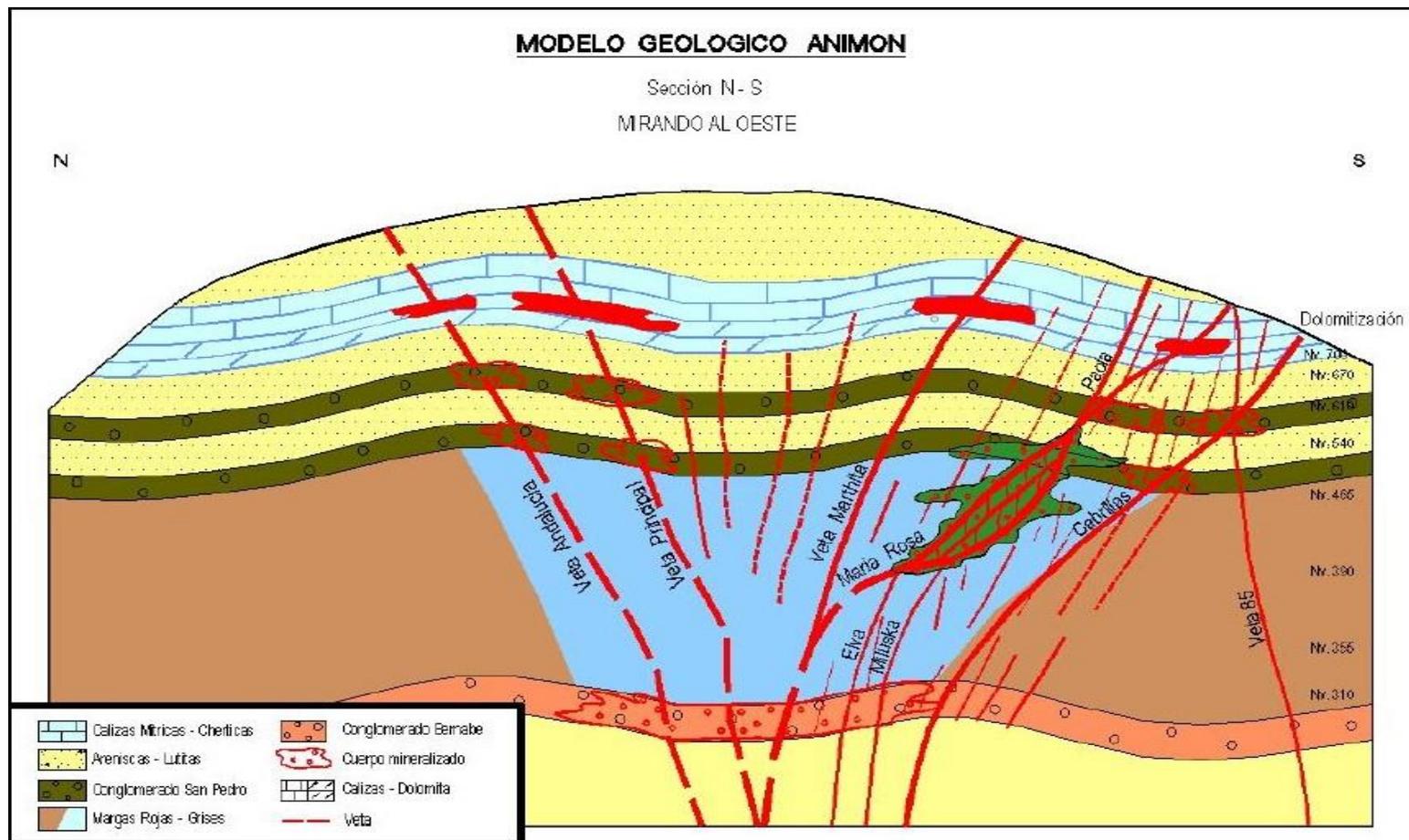
### Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Reducción de costos de acarreo	Para garantizar la vida operacional de operaciones mineras es de vital importancia el control de la optimización y reducción de costos de acarreo, producto de las características del material transportado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consideraciones Geológicas</li> <li>Consideraciones Geomecánicas</li> <li>Consideraciones de Operación</li> </ul>	Geología  Geomecánica  Operación	Tipo roca, alteración hidrotermal, mineralogía, etc.  Propiedades físicas de la roca.  Producción, densidad, costos de acarreo, etc.
VD:  Análisis de las variables operacionales de equipos de acarreo	Para optimizar el proceso unitario de acarreo es de vital importancia conocer las características del material a ser transportado, como la granulometría, la densidad, etc., para el cumplimiento de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros de operación en equipos de acarreo.</li> <li>Parámetros del rendimiento de equipos de acarreo</li> </ul>	Análisis de los parámetros para cumplimiento del material transportado  Análisis de los parámetros de rendimiento de los equipos de acarreo.	Tonelaje transportado, granulometría, densidad de material, costos de acarreo, etc.  Capacidad efectiva, utilización, disponibilidad y horas efectivas, etc.

## Anexo 2

### Planos en planta y perfil



**Figura 2. Perfil geológico de la mina Animón  
Tomada del Área de Geología**

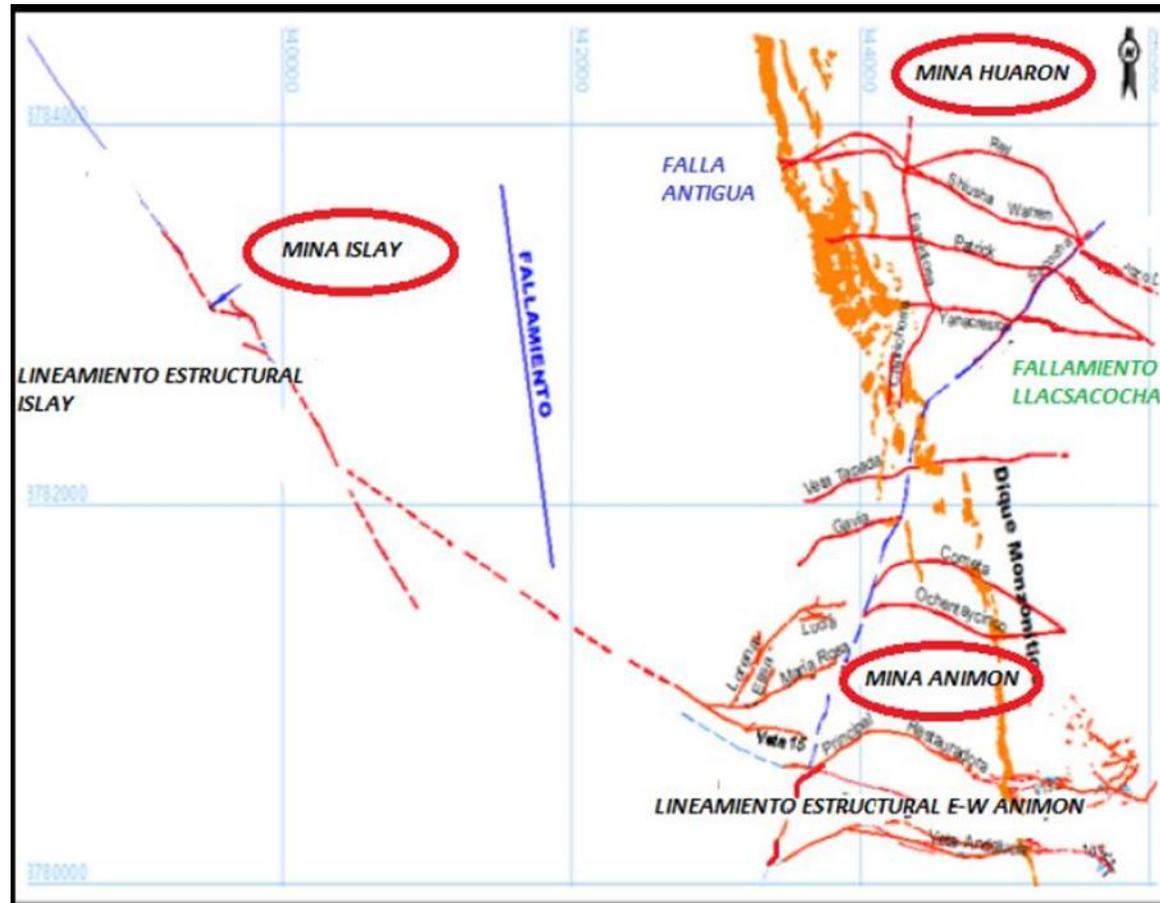


Figura 3. Lineamiento estructural de la mina Animón  
Tomada del Área de Geología

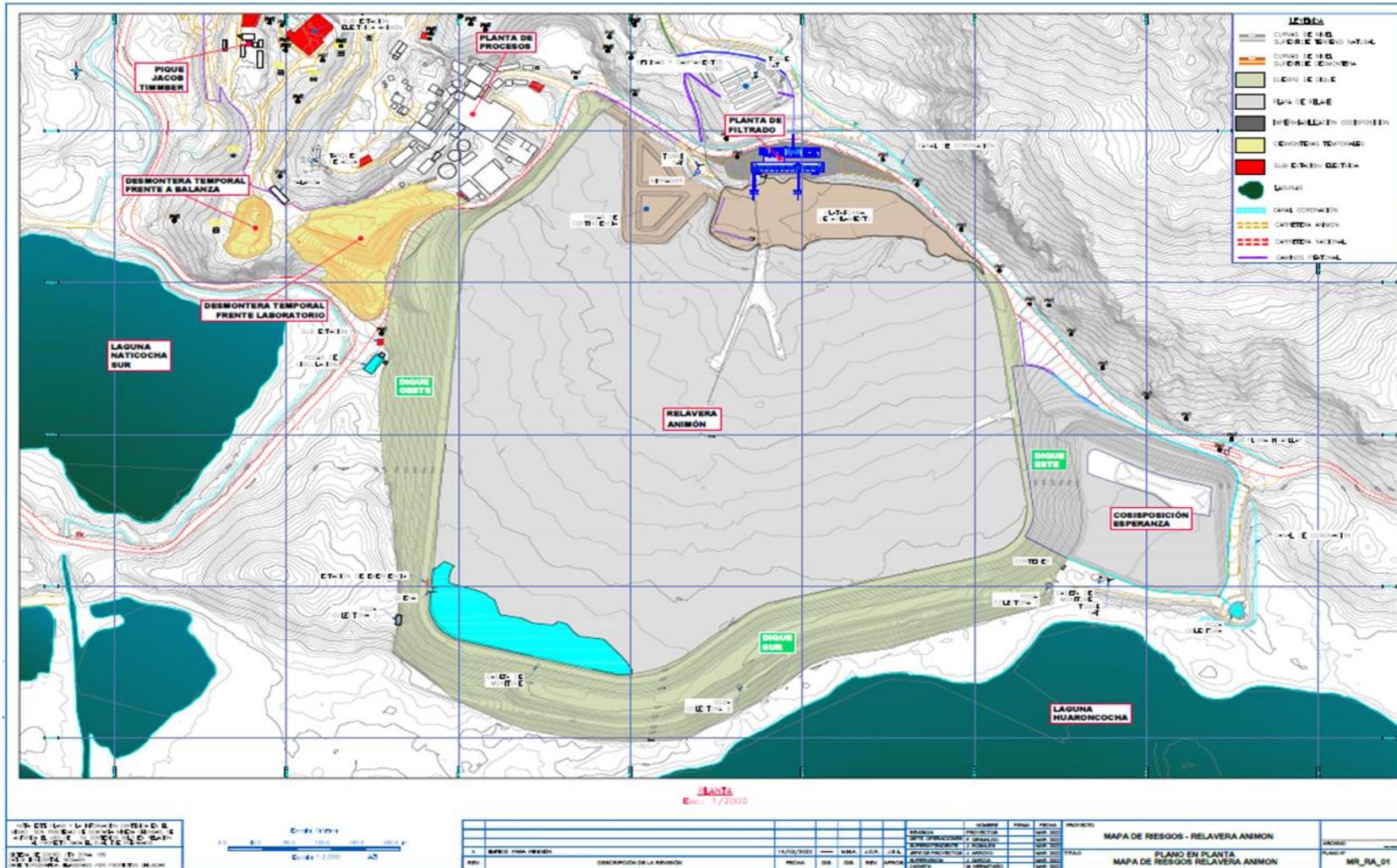
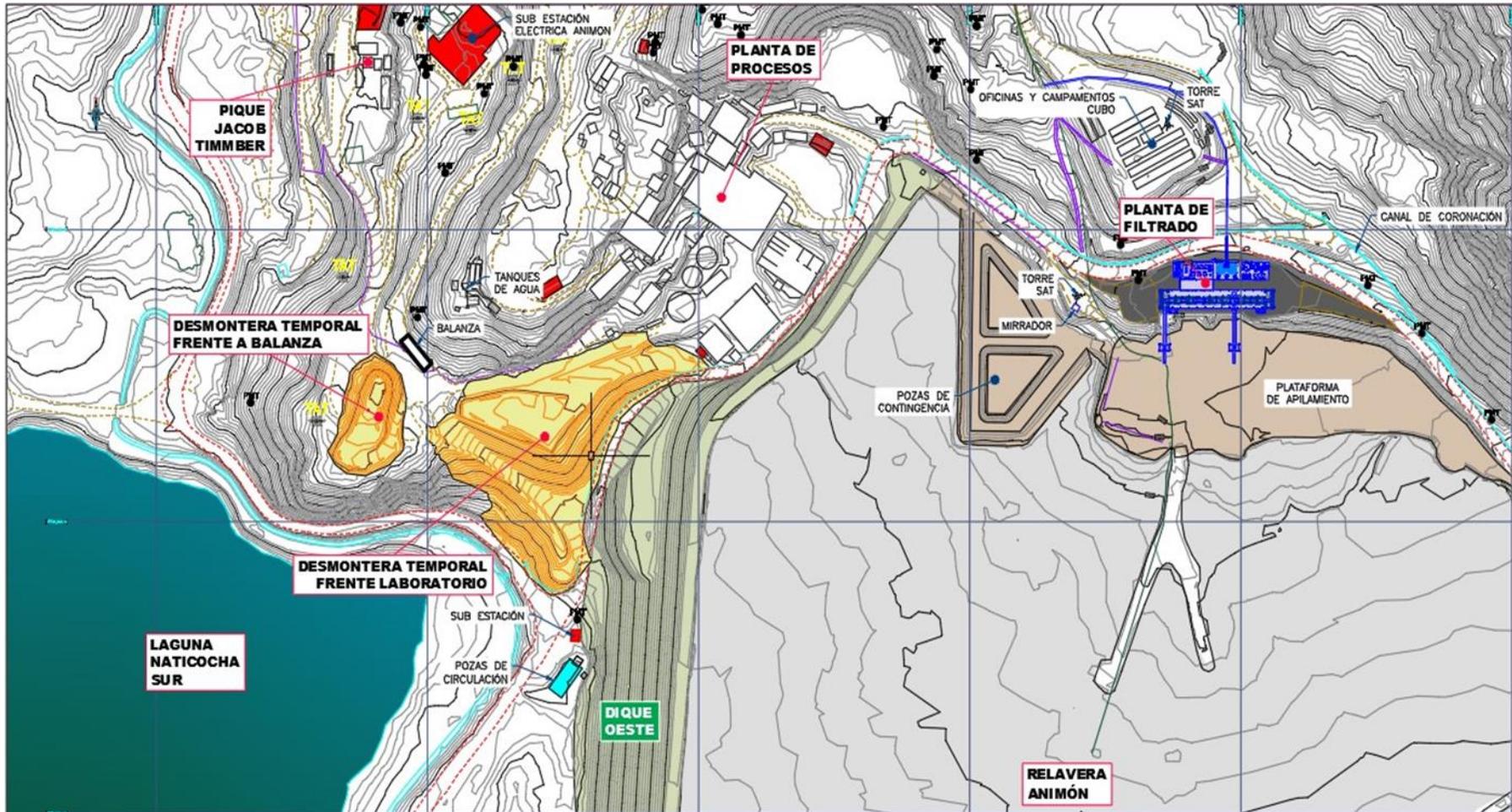


Figura 11. Componentes en superficie de mina Animón.  
Tomada del Área de Planeamiento



**Figura 12. Layout de acarreo pique Jacob Timber a planta, mina Animón  
Tomada del Área de Planeamiento**

### Anexo 3

#### Imágenes de cancha de mineral



*Figura 17. Descarga de mineral, zona acopio planta*



*Figura 18. Pesaje de mineral en balanza*



**Figura 46. Imagen en cancha de mineral, código Ca001, febrero**



**Figura 49. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca002, febrero**



**Figura 52. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca003, marzo**



**Figura 55. Imagen en cancha de mineral, muestra Ca004, marzo**