

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los indicadores operacionales en  
camiones Cat 797F para la mejora del rendimiento en  
procesos de acarreo, 2024**

Kory Esthefany Alcocer Lara  
Brajham Felix Alberto Garay

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 TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 26 de Noviembre de 2024

- Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:
- **Título:**  
"ANÁLISIS DE LOS INDICADORES OPERACIONALES EN CAMIONES CAT 797F, PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO EN PROCESOS DE ACARREO, 2024"
- **Autores:**  
1. KORY ESTHEFANY ALCOCER LARA – EAP. Ingeniería de Minas  
2. BRAJHAM FELIX ALBERTO GARAY – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

Atentamente,

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

# **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros abuelos: Orfelinda Merino y Pedro Lara que desde el cielo nos iluminan para seguir adelante.

A nuestros padres, por su constante apoyo y confianza depositado en nosotros.

A nuestras hermanas, quienes son nuestra mayor motivación para nunca rendirnos.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien nos guía en cada una de nuestras decisiones. A la Universidad Continental y la EAP Minas por formarnos en sus aulas. A nuestro asesor: Ing. Javier Córdova Blancas, por toda su atención y recomendaciones brindadas en nuestra investigación. Gracias por su apoyo en nuestro camino profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

2.3.3 Geología económica -----	22
2.4 Bases teóricas -----	23
2.4.1 Especificaciones técnicas-----	23
2.4.2 Consideraciones de producción con dominios geológicos-----	25
2.4.3 Ciclo de tiempo de carguío y acarreo-----	28
2.4.4 Características de las actividades del proceso de acarreo -----	29
2.4.5 Tasa de excavación y grado de fragmentación-----	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	34
3.1 Método y alcances de la investigación -----	34
3.1.1 Método de la investigación -----	34
3.1.2 Alcances de la investigación-----	35
3.2 Diseño de la investigación -----	35
3.3 Población y muestra-----	35
3.3.1 Población -----	35
3.3.2 Muestra -----	35
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos-----	35
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	36
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos-----	36
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	37
4.1 Consideración de los parámetros de operación -----	37
4.2 Análisis de la producción en equipos de carguío: Palas Cat 7495 -----	39
4.3 Análisis del tonelaje acarreado: camiones Cat 797F. -----	48
4.4 Análisis de la pérdida de tiempo operacional: camiones Cat 797F. -----	53
4.5 Validación de la hipótesis-----	60
CONCLUSIONES -----	65
RECOMENDACIONES -----	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	68
ANEXOS -----	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	17
Tabla 2. Acceso a la unidad minera .....	21
Tabla 3. Producción mensual, asociado a los dominios geológicos, periodo 2023.....	26
Tabla 4. Análisis de actividades de camiones CAT 797F, periodo 2023.....	30
Tabla 5. Pérdida de tiempo operacional de camiones CAT 797F, periodo 2023 .....	31
Tabla 6. Tasa de excavación y grado de fragmentación en palas CAT 7495, periodo 2023 .....	33
Tabla 7. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de junio.....	40
Tabla 8. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de junio .....	41
Tabla 9. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de julio .....	42
Tabla 10. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de julio .....	43
Tabla 11. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de agosto .....	44
Tabla 12. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de agosto .....	45
Tabla 13. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de setiembre .....	46
Tabla 14. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de setiembre .....	47
Tabla 15. Resumen producción – tiempo carguío, pala CAT 7495 .....	48
Tabla 16. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de junio.....	49
Tabla 17. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de julio.....	50
Tabla 18. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de agosto.....	51
Tabla 19. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de setiembre.....	52
Tabla 20. Resumen de tonelaje acarreado camión CAT 797F.....	53
Tabla 21. Análisis de actividades de acarreo camión CAT 797F, escenario inicial.....	54
Tabla 22. Pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F, escenario inicial .....	55
Tabla 23. Análisis de actividades de acarreo camión CAT 797F, escenario mejorado.....	57
Tabla 24. Pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F, escenario mejorado .....	58
Tabla 25. Resumen de pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F.....	60
Tabla 26. Hipótesis 1: validación del tonelaje - tiempo ciclo de carguío .....	61
Tabla 27. Hipótesis 2: tonelaje acarreado con variables operacionales .....	62
Tabla 28. Hipótesis 3: pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera.....	20
Figura 2. Geología regional.....	21
Figura 3. Geología estructural.....	22
Figura 4. Proceso de carguío, de palas Cat 7495 en camiones Cat 797F.....	23
Figura 5. Equipo de acarreo, camión CAT 797F.....	24
Figura 6. Equipo de carguío, pala Cat 7495.....	24
Figura 7. Producción mensual, asociado a su litología.....	27
Figura 8. Consideraciones de dureza e índice de blastabilidad.....	28
Figura 9. Espera de camiones CAT 797F en la chancadora.....	29
Figura 10. Equipos de acarreo descargando material en la chancadora.....	29
Figura 11. Análisis de actividades de camiones CAT 797F, mediante Pareto.....	31
Figura 12. Pérdida de tiempo operacional en camiones CAT 797F.....	32
Figura 13. Tasa de excavación – grado fragmentación: palas CAT 7495.....	33
Figura 14. Zonas de alteración asociadas a sistemas pórfido y skarn.....	38
Figura 15. Zonas de stock en el área de producción.....	39
Figura 16. Resumen de producción en palas CAT 7495.....	48
Figura 17. Resumen de producción en camiones CAT 797F.....	53
Figura 18. Análisis de actividades de acarreo, camión CAT 797F, escenario inicial.....	54
Figura 19. Pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F, escenario inicial.....	55
Figura 20. Análisis de actividades de acarreo, camión CAT 797F, escenario mejorado.....	58
Figura 21. Pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F, escenario mejorado.....	59
Figura 22. Resumen de pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F.....	60
Figura 23. Validación del tonelaje – ciclo tiempo carguío, pala CAT 7495.....	61
Figura 24. Validación hipótesis: producción procesada.....	62
Figura 25. Validación hipótesis: pérdida de tiempo operacional camiones CAT 797F.....	63

## RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F considerando el análisis de los indicadores operacionales en los procesos de acarreo de la unidad minera durante los escenarios inicial (junio y julio) y el escenario mejorado (agosto y setiembre). Los parámetros analizados están relacionados al tonelaje relacionado a los equipos de carguío y acarreo. El método aplicado en la presente tesis es el inductivo – deductivo, donde se analiza los indicadores operacionales de los camiones CAT 797F (400/263 t) y las palas eléctricas CAT 7495 de 83 yd<sup>3</sup> para la mejora del rendimiento en los procesos de acarreo. El tonelaje cargado programado y ejecutado con palas CAT 7495 durante el escenario inicial considera un déficit de 2.98 t/viaje, mientras que en el escenario mejorado se observa un incremento en el tonelaje cargado de 10.72 t/viaje. El análisis del tonelaje acarreado en los escenarios inicial y mejorado son de 375.73 y 377.10 t/ciclo, con una mejora de 1.38 t/ciclo en el segundo escenario. Esta mejora del tonelaje considera un incremento en la distancia de acarreo de 3.69 a 3.94 km, con un incremento de 0.25 km., este mayor incremento en distancia está relacionado a un mayor tiempo de acarreo de 34.04 a 35.75 minutos, con 1.70 minutos mayor. El mayor tonelaje acarreado es producto de un mejor control del grado de fragmentación expuesto en el análisis de carguío con un mejor *dig rate* o tasa de excavación, en los periodos analizados. De acuerdo al análisis realizado en las actividades de los camiones CAT 797F en procesos de acarreo, se considera un total de pérdidas de tiempo operacional de 2,361.43 horas durante el escenario inicial (junio y julio) y de 1,773.10 horas durante el escenario mejorado (julio y agosto). Las actividades que incidieron en la pérdida de tiempo operacional en ambos escenarios fueron: correctivo mecánico, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, correctivo eléctrico y cola en grifo.

**Palabras clave:** tonelaje acarreado, tasa de excavación, distancia, ciclo acarreo, grado de fragmentación, rendimiento, P80, etc.

## ABSTRACT

The main objective of this study is to improve the performance of CAT 797F trucks by considering the analysis of operational indicators in the hauling processes of the mining unit during the initial scenarios (June and July) and the improved scenario (August and September). The parameters analyzed are related to the tonnage related to the loading and hauling equipment. The method applied in this thesis is the inductive-deductive one, where the operational indicators of the CAT 797F trucks (400/263 ton) and the CAT 7495 electric shovels of 83 yd<sup>3</sup> are analyzed to improve the performance in the hauling processes. The loaded tonnage scheduled and executed with CAT 7495 shovels during the initial scenario considers a deficit of 2.98 ton/trip, while in the improved scenario an increase in the loaded tonnage of 10.72 ton/trip is observed. The hauled tonnage analysis in the initial and improved scenarios is 375.73 and 377.10 tons/cycle, with an improvement of 1.38 tons/cycle in the second scenario. This tonnage improvement considers an increase in the hauling distance from 3.69 to 3.94 km, with an increase of 0.25 km. This greater increase in distance is related to a longer hauling time from 34.04 to 35.75 minutes, with 1.70 minutes more. The greater hauled tonnage is the result of better control of the degree of fragmentation exposed in the loading analysis with a better dig rate or excavation rate, in the periods analyzed. According to the analysis carried out on the activities of CAT 797F trucks in hauling processes, a total of 2,361.43 hours of operational time losses are considered during the initial scenario (June and July) and 1,773.10 hours during the improved scenario (July and August). The activities that affected the loss of operational time in both scenarios were: Mechanical corrective, mechanical work, fuel supply, electrical corrective, and queue at the tap.

**Keywords:** tonnage hauled, excavation rate, distance, hauling cycle, degree of fragmentation, performance, P80, etc.

## INTRODUCCIÓN

La incidencia que genera el alto tonelaje de acarreo en minería a tajo abierto es de vital importancia en la estructura de costos operacionales, por lo que el control y supervisión de los equipos de acarreo es de vital importancia. Asimismo, es importante la relación existente entre los equipos de carguío y acarreo, definiendo el *match factor* o factor de acoplamiento asociado, siendo para el presente estudio el número de pases entre las palas y los camiones considerado en cuatro.

El presente estudio analizará el tonelaje asociado en equipos de carguío, palas eléctricas CAT 7495 de 83 yd<sup>3</sup> y su relación con los equipos de acarreo, camiones CAT 797F de 400/ 263 toneladas. Asimismo, es importante conocer la distancia y tiempos de carguío y acarreo entre los diferentes frentes de producción (bancos) hacia los destinos de descarga (zona de acopio o stock y la chancadora).

De otro lado, el análisis de las diferentes actividades operacionales en los procesos de acarreo influye en el rendimiento de los camiones CAT 797F para poder determinar la pérdida de tiempo operacional en este proceso.

La tesis, se desarrolla en cuatro capítulos. El Capítulo I describe el planteamiento del problema general, así como el objetivo e hipótesis asociada, considerando el análisis de los problemas , objetivos e hipótesis específicas, relacionado a la mejora del rendimiento de los camiones CAT 797F en el proceso de acarreo. El Capítulo II presenta las bases teóricas para el desarrollo de la tesis, así mismo, describe las generalidades de la unidad minera. En el Capítulo III se indica la metodología de investigación asociada al problema planteado, así como, la técnica y herramientas de recolección de información para el desarrollo de la investigación. El Capítulo IV analiza e interpreta los resultados asociados a los indicadores operacionales de camiones CAT 797F para la mejora del rendimiento de los procesos de acarreo.

Los autores

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

Uno de los grandes problemas generados en la industria minera en sistemas de explotación a tajo abierto es el alto costo de operación, siendo el proceso unitario de acarreo o transporte de material el que influye en mayor incidencia. El cumplimiento de los planes de minado considera un adecuado sistema de gestión de acarreo en los diferentes frentes de operación, siendo el alto tonelaje acarreado la variable que incide en el cumplimiento de los programas de producción.

La incidencia que tiene el alto tonelaje acarreado dependerá de las horas efectivas de los equipos, así como las características del material, el cual dependerá de los diferentes dominios geológicos y geomecánicos de los frentes de producción.

El presente trabajo de investigación realizará el análisis de los diferentes indicadores operacionales de camiones CAT 797F que inciden directamente en el rendimiento operacional. Por tal motivo, se analizará el tonelaje acarreado, grado de fragmentación post voladura, las pérdidas de tiempo operacional y el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

Así mismo, se analiza la influencia que genera la tasa de excavación de los equipos de carguío como las palas eléctricas Palas CAT 7495 y su influencia en el rendimiento de los equipos de acarreo.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es la mejora del rendimiento operacional de equipos de acarreo, por lo que el análisis de los diferentes indicadores operacionales en el presente estudio estará relacionado a la variabilidad geológica presente en el yacimiento como el tipo de roca, alteración hidrotermal, etc. Asimismo, la pérdida de tiempo

operacional será analizada identificando las diferentes actividades de acarreo, considerando estas actividades desde el reparto de guardia hasta finalizar la misma, en el proceso unitario durante el periodo de estudio.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye el análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F, para la mejora del rendimiento en procesos de acarreo, 2024?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo relacionar el tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío para la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024?
- b) ¿Cómo relacionar el tonelaje acarreado con las variables operacionales de acarreo para la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024?
- c) ¿Cuál es la influencia de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo para la determinación de la pérdida de tiempo operacional y la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F, 2024?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F, para la mejora del rendimiento en procesos de acarreo, 2024.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la relación del tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío para la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024.
- b) Determinar la relación del tonelaje acarreado con las variables operacionales de acarreo para la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024.
- c) Definir la influencia de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo para la determinación de la pérdida de tiempo operacional y la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F, 2024.

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

El trabajo de investigación realiza el análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F, cuyo objetivo es entender el mejoramiento de los procesos de acarreo en la unidad minera.

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

Los resultados a obtener producto de la mejora de los procesos de acarreo, mediante el análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F, permitirá una mejora en la gestión operacional en el *layout* de acarreo. Esta mejora ayudará a la mejora del rendimiento operacional, permitiendo generar proyectos productivos que sean sostenibles con el tiempo, ayudando a una mejor interrelación entre la empresa y las comunidades aledañas al proyecto.

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

La mejora del proceso de acarreo de camiones CAT 797F mediante el análisis de los indicadores operacionales relacionados a este proceso unitario permitirá encontrar la relación entre los equipos de carguío, palas eléctricas CAT 7495 (82 yd<sup>3</sup> o 120 t) y los equipos de acarreo camiones CAT 797F (400 t) para ver el factor de acoplamiento entre ambos equipos y analizar los diferentes indicadores operacionales asociados al proceso de acarreo. Los resultados obtenidos ayudarán a los investigadores y estudiantes universitarios o de institutos para tener una guía base en este tipo de estudios y realizar su propio análisis mediante el análisis de información mediante el *big data* o *data mining*.

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

#### **1.4.1. Hipótesis general**

El análisis de los indicadores operacionales influye en la mejora del rendimiento de los camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al determinar la relación del tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío se influye en la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024.
- b) Al determinar la relación del tonelaje acarreado con las variables operacionales de acarreo se influye en la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F en procesos de acarreo, 2024.

c) Al realizar el análisis de las diferentes actividades asociadas al proceso de acarreo como la pérdida de tiempo operacional se influye en la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F, 2024.

## 1.5. Identificación de las variables

### 1.5.1. Variable independiente

Mejora del rendimiento en procesos de acarreo.

### 1.5.2. Variable dependiente

Análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F.

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

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

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Definición operacional	
			Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Mejora del rendimiento en procesos de acarreo.	Dentro de la estructura de costos operacionales, el proceso de acarreo influye en gran medida, sobre todo en operaciones con el movimiento de altos tonelajes como lo es en minería a tajo abierto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geológicos</li> <li>• Geomecánicos</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	Modelo geológico  Modelo geomecánico  Indicadores operacionales	Tipo de yacimiento, litología. leyes, etc.  Propiedades físicas, dureza, densidad, etc.  Tonelaje, valor mineral, recuperación metalúrgica, etc.
VD: Análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F.	El constante control del rendimiento de los equipos de acarreo como es el caso del camión CAT 797F de 400 toneladas de capacidad es de vital importancia, para el control de sus costos y mejora del rendimiento operacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de operación.</li> <li>• Indicadores de rendimiento.</li> </ul>	Acarreo  Operacionales	Perfil acarreo, distancia, tiempo tonelaje acarreado, etc.  Granulometría post voladura, capacidad efectiva, densidad, material, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

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

- ✓ Tesis titulada: «*Servicio de optimización de combustible en camiones de transporte en minería*». En la investigación se analiza el servicio que ofrece la empresa Fuel Optimier Solutions, considera en dar solución al incremento de costos de combustible y emisión de gases en la extracción de material en tajo abierto. El trabajo desarrollado por la empresa solucionó los problemas planteados en el estudio, considerando la mejora del rendimiento y disponibilidad de camiones, considera la toma de decisiones basadas en datos y monitoreo en tiempo real. Los resultados obtenidos, asume la viabilidad de la operación, definiendo la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, definiendo valores financieros óptimos como: el VAN de US\$ 1,919,504.187, un TIR del 77.2 % y un retorno de inversión o pay back de 2.4 años, definiendo una inversión o CAPEX de US\$ 540,633,450.00 (1).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Plan de incremento de productividad de camiones de extracción y palas eléctricas en operación minera*». El objetivo de la investigación es mejorar la performance del proceso de carguío y transporte en una mina a tajo abierto. Los costos asociados a los procesos de carguío y acarreo representan el 3 2% del presupuesto operacional global de la compañía, además el *budget* se genera asumiendo que el factor de carga de los camiones es de 95.25% por lo tanto, existe una subutilización conocida de los activos. Para solucionar la mejora del rendimiento operacional, se implementa una herramienta tecnológica llamada Argus que en el fondo busca mejorar el factor de carga de los camiones de extracción (CAEX) y así aumentar el rendimiento de estos y de las palas eléctricas. Una vez implementado el sistema Argus, se logró un aumento del factor de carga y rendimiento de

las palas eléctricas de 3.6%, por lo tanto, es posible disminuir en 1.69 el número de camiones que se requieren para cumplir el plan de producción (2).

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Optimización del factor de acoplamiento para reducir costos de producción de mineral en una mina a tajo abierto, 2023*». En el estudio se plantea optimizar el factor de acoplamiento entre equipos de carguío y acarreo considerando una flota de acarreo de 16 unidades durante el periodo 2023. Se analiza el ciclo de carguío y transporte, considerando las pérdidas por tiempo de espera, sobredimensionamiento y así mejorar la producción. Los resultados obtenidos consideran 18 unidades de acarreo durante el escenario base se asume los costos de producción de US\$ 1,651,371,75 y para el escenario optimizado considera costos de producción de 1,467,886,00 con un total de 16 unidades, generando una reducción de costos en US\$ 183,485.75 (3).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Aplicación de la teoría de colas para incrementar la producción en el proceso de carguío y acarreo en una mina de cobre del sur del Perú, 2021*». El objetivo de la investigación es utilizar la teoría de colas en las etapas de carguío y acarreo para el cumplimiento del tonelaje mensual de 7,000 t/camión/mes, en una operación a tajo abierto. Para el desarrollo del presente trabajo, se analiza los ciclos de carguío y acarreo, considerando sus tiempos improductivos, los que generan la pérdida de tiempo operacional, considerando principalmente en las demoras por cola de camiones, con tiempos entre 99 a 113 min/camión/mes, con un rendimiento en los camiones en 224.70 m<sup>3</sup>/h y en palas de 2,908.03 m<sup>3</sup>/h. Al aplicar la teoría en colas, en 2 palas hidráulicas Cat 6060 y 4 camiones Cat 793D, considera el tiempo de espera en 20.24 minutos y el total de camiones en espera fue de 8, donde se reduce el tiempo de espera en cada camión en 2.53 minutos, mejorando el rendimiento operacional (4).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*». El objetivo de la investigación fue dimensionar los equipos de acarreo, en la UM San. La base del presente estudio fue el diseño operacional, así como el plan de minado en el corto plazo. Así mismo, se realizó el análisis económico del flujo de caja considerando el dimensionamiento de flota. Los parámetros operacionales y económicos para analizar consideran el layout de acarreo, tiempos asociados a los procesos de carguío y durante el ciclo de acarreo, factor de llenado, diseño asociado al proceso de explotación, gradiente, resistencia a la rodadura, etc. Los resultados obtenidos para el dimensionamiento de flota

consideran un total de 12 camiones de 20 m<sup>3</sup> (mineral y desmorte) y un costo de 48.34 \$/m<sup>3</sup> (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera

### 2.2.1 Ubicación de la mina

La unidad minera se ubica políticamente a los distritos de Morococha y Yauli, en la provincia de Yauli y departamento de Junín, ubicado a una altura entre los 4,350 a 5,100 m s. n. m., ubicado en los andes del Perú central.

Las coordenadas UTM son:

Norte: 8' 555,750 N

Este: 502,240 E

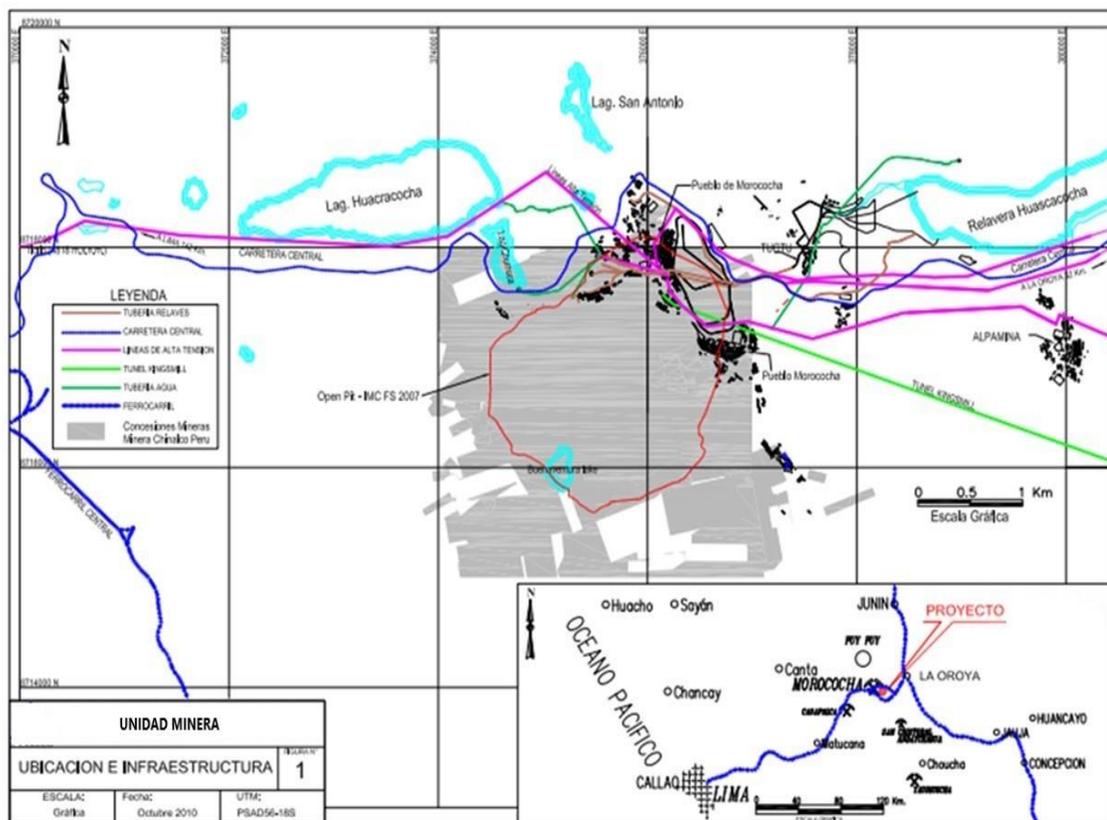


Figura 1. Ubicación de la unidad minera  
Tomada del Área Geología

### 2.2.2 Accesibilidad a la unidad minera

**Tabla 2. Acceso a la unidad minera**

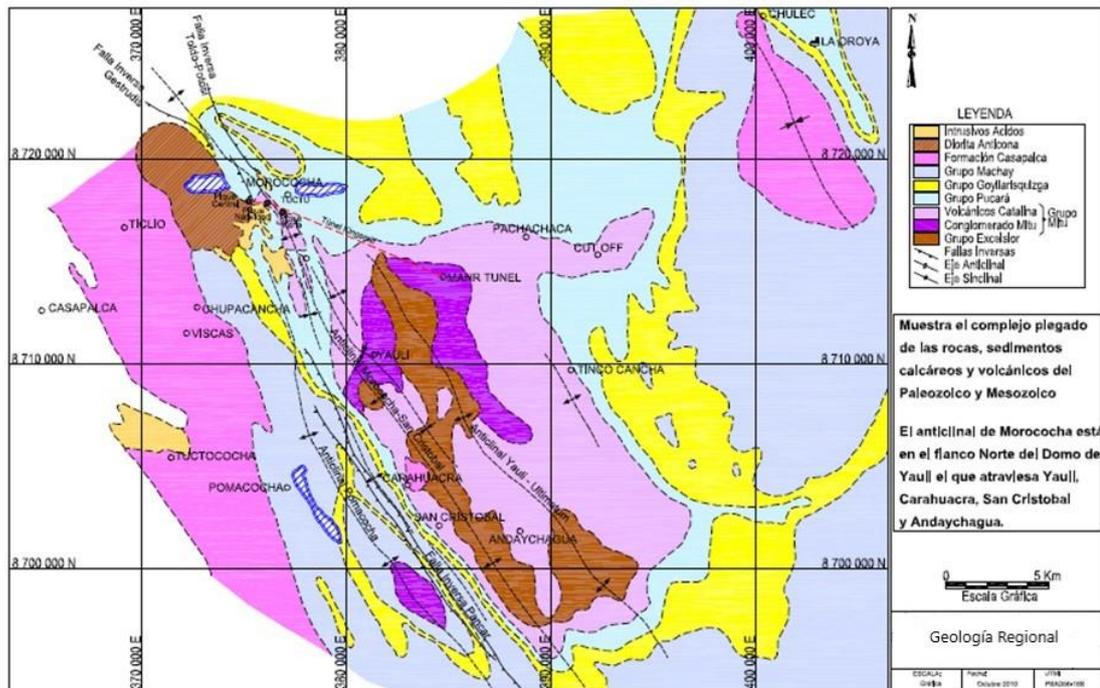
RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	VÍA
Lima – Morococha	146.62 km	3:50 hr	Asfaltado
Morococha - mina	18.0 km	0:20	Afirmado

**Tomada del Área Geología**

**2.3 Geología general**

**2.3.1 Geología regional**

La geología regional está relacionado a rocas metamórficas del grupo Excelsior del Paleozoico, asociado a filitas y lutitas), las rocas sedimentarias del grupo Pucará del Jurásico relacionado principalmente a calizas, remanentes de lutitas y areniscas, así mismo el grupo Mitu compuesta por andesitas y dacitas, ubicadas en el núcleo del anticlinal de Yauli y Morococha. Así mismo, se observa rocas sedimentarias de la formación Goyllarisquizga compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas y la formación Machay compuesta de calizas grises.

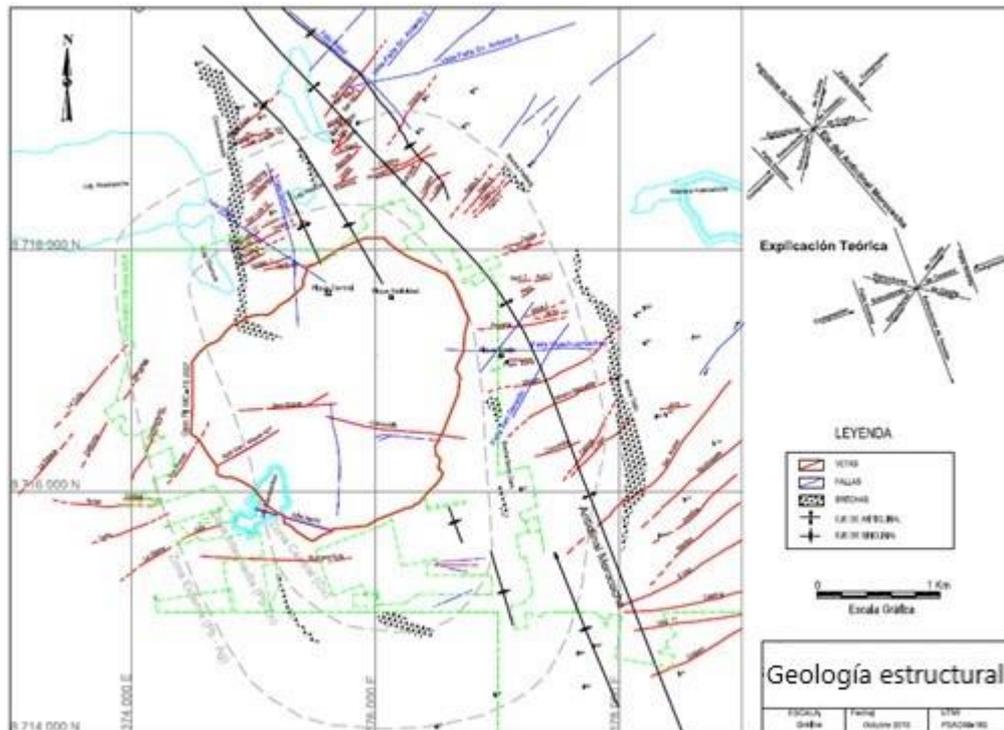


**Figura 2. Geología regional  
Tomada del Área Geología**

Las fases ígneas presentes en el área de estudio que generaron la génesis del yacimiento tipo pórfido y *skarn* de Cu son los pórfidos dacíticos, cuarcíferos y feldespático, así como los intrusivos dioríticos y granodioríticos, finalmente las fases volcánicas tipo andesita.

### 2.3.2 Dominios estructurales

El comportamiento estructural está asociado principalmente a estructuras regionales principales como el domo de Yauli y el anticlinal de Morococha.



**Figura 3. Geología estructural  
Tomada del Área Geología**

Se considera tres etapas de plegamiento: el primero pertenece a la etapa del Terciario inferior (periodo incaico), continuando con una actividad ígnea (fase quechua) del terciario medio (diorita Anticona).

Durante el periodo incaico, se formaron diferentes intrusiones como los pórfidos cuarífero y feldespático, así como la granodiorita, finalizando la formación de los diques porfíricos de dacita.

### 2.3.3 Geología económica

El área de estudio presenta yacimientos de alta temperatura como sistemas pórfido de Cu, Ag y Mo y yacimientos tipo *skarn* de Cu, emplazados en la parte central del proyecto minero. La formación de estructuras proximales y distales polimetálicas asociadas principalmente a operaciones mineras subterráneas de mediana minería, considerando mineralización de Pb, Zn, Ag (Cu) presentes en vetas, mantos y cuerpos. Actualmente el sistema de explotación en los diseminados (pórfido Cu) y zona de *skarn* de Cu es mediante tajo abierto (*open pit*).

## 2.4 Bases teóricas

El desarrollo del presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, la mejora del rendimiento en procesos de acarreo considerando el análisis de los indicadores operacionales de los camiones CAT 797F de 400 toneladas. Los indicadores para analizar consideran el comportamiento operacional de las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup> determinado la relación del tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío, así mismo, relaciona el tonelaje acarreado con camiones CAT 797F con el ciclo de acarreo, distancia, etc. Así mismo, al determinar el análisis de los indicadores operacionales en equipos de carguío y acarreo se considera el análisis de la pérdida de tiempo operacional en el proceso de acarreo, para determinar su optimización, definiendo el análisis en 2 periodos: el escenario base (junio, julio) y el escenario mejorado (agosto, setiembre) desarrollado en el presente estudio.



*Figura 4. Proceso de carguío, de palas Cat 7495 en camiones Cat 797F  
Tomada del Área Planeamiento*

### 2.4.1 Especificaciones técnicas

- a) Equipo de acarreo: Camión Cat 797F



*Figura 5. Equipo de acarreo, camión CAT 797F  
Tomada del Área Planeamiento*

Considera capacidades nominales de 400 t, con peso bruto de 623690 kg y potencia de 2983 Kw.

b) Equipo de carguío: Pala Cat 749



*Figura 6. Equipo de carguío, pala Cat 7495  
Tomada del Área Planeamiento*

Considera carga útil de balde de 109 toneladas, capacidad de balde de 82 yd<sup>3</sup> de capacidad nominal y con peso de trabajo de balde y barillajes estándares de 1431064 kg.

#### **2.4.2 Consideraciones de producción con dominios geológicos**

Las consideraciones operacionales desarrolladas durante la producción en el periodo 2023 se relacionan principalmente a las capacidades máximas de planta y su relación con los planes de minado programados.

Para el cumplimiento de los planes de minado de corto, mediano y largo plazo, se considera, en primer lugar; el tipo de yacimiento, el cual considera sistemas pórfido y zonas de *skarn* en los diferentes frentes de producción de la unidad minera como es lo que se observa en el presente trabajo de investigación.

La relación del tonelaje producido durante el año 2023 considera un promedio de 161,167 t/día, con un rango de producción durante los 12 meses presentados en la siguiente tabla son de: 122,000 a 185,000 t/día.

La variabilidad de tonelaje producido durante el periodo 2023, se relaciona principalmente a la variabilidad geológica presente en el yacimiento considerando diferentes litologías como rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivos.

Uno de los parámetros que incide en el cumplimiento de los planes de producción en la unidad minera, es la relación entre el tonelaje cargado (palas eléctricas Cat 7495) y tonelaje acarreado (camión Cat 797F), considerando el factor de acoplamiento óptimo entre ambos equipos, por lo que es de vital importancia analizar parámetros que influyen directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo.

Los parámetros para analizar en el tonelaje cargado y acarreado son la densidad del material, factor de esponjamiento, capacidad nominal de los equipos a analizar y el factor de llenado. Estas variables varían de acuerdo a los resultados posterior a la voladura y la influencia de la granulometría en los diferentes dominios geológicos, y el efecto que genera en el cumplimiento de los planes de producción.

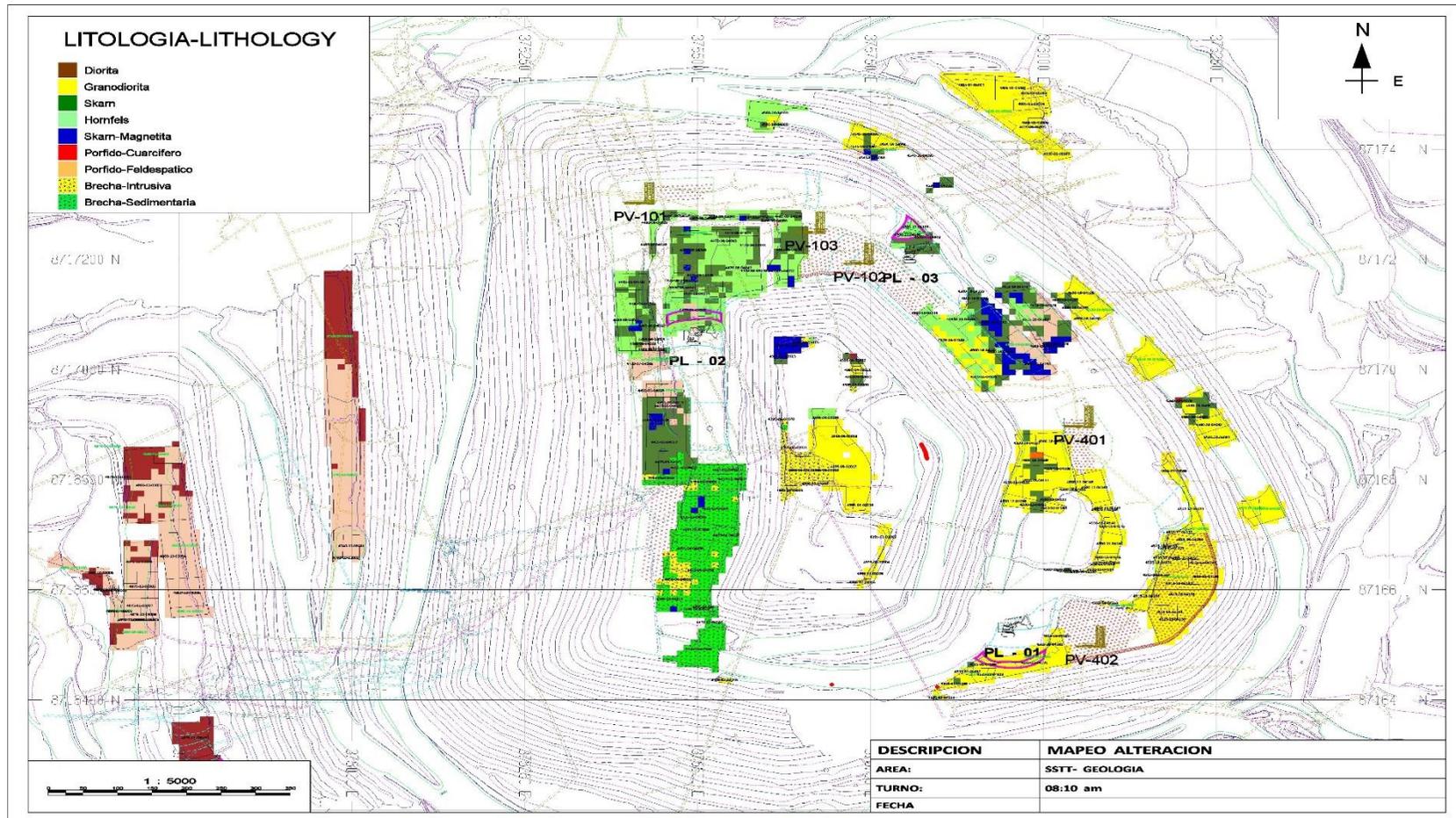
**Tabla 3. Producción mensual, asociado a los dominios geológicos, periodo 2023**

**PRODUCCIÓN MENSUAL: DOMINIOS GEOLÓGICOS**

PROMEDIO DIARIO: PERIODO 2023

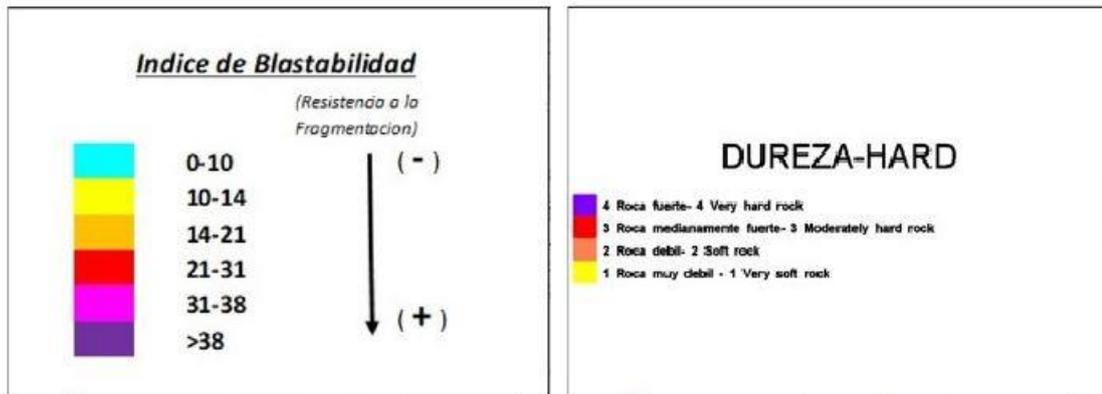
MES	Ton/día	Cu	Ag	Mo	Dens	BI	Dureza	Litología (%)					Alteración (%)				
	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina	Hornfels						
ENERO	177,000	0.50	7.74	0.03	2.68	10.79	2.82	3.49	20.73	35.10	19.66	21.01	35.66	3.85	21.96	17.35	21.17
FEBRERO	165,000	0.55	7.31	0.02	2.62	12.71	2.74	5.03	14.89	38.68	20.88	20.51	39.02	4.70	21.56	14.21	20.51
MARZO	122,000	0.61	5.27	0.02	2.68	11.20	2.55	16.52	24.22	18.45	34.74	6.08	34.63	0.34	26.99	31.96	6.08
ABRIL	160,000	0.62	5.31	0.02	2.37	12.45	2.56	13.99	20.06	30.10	27.28	8.57	43.66	0.43	20.23	26.76	8.92
MAYO	147,000	0.59	6.78	0.01	2.60	13.04	2.69	8.01	23.34	38.79	19.91	9.95	46.75	0.05	21.09	19.79	12.32
JUNIO	156,000	0.68	6.24	0.01	1.69	13.71	2.63	4.46	12.94	28.11	40.73	13.78	32.56	0.00	16.48	36.72	14.24
JULIO	150,500	0.62	5.73	0.02	2.68	13.99	2.78	3.05	6.05	26.67	45.39	18.83	29.36	0.76	12.61	38.44	18.83
AGOSTO	144,500	0.55	6.20	0.00	0.38	16.06	2.87	3.52	4.68	29.54	47.05	15.21	30.19	2.93	10.66	41.01	15.21
SETIEMBRE	156,000	0.48	5.37	0.01	2.57	16.67	2.84	3.88	3.01	40.88	37.79	14.45	35.16	9.60	8.27	32.53	14.45
OCTUBRE	185,000	0.56	5.73	0.01	2.43	13.22	2.61	8.35	15.86	14.75	47.79	13.26	22.70	0.40	22.29	41.35	13.26
NOVIEMBRE	185,000	0.55	6.47	0.03	2.61	13.96	2.69	8.06	14.89	26.04	36.75	14.26	31.33	2.77	19.33	32.31	14.26
DICIEMBRE	186,000	0.49	6.68	0.02	2.08	14.97	2.68	10.21	15.15	29.11	31.64	13.89	35.44	3.88	18.98	27.82	13.89
PROMEDIO	161,167	0.57	6.24	0.02	2.28	13.56	2.70	7.38	14.65	29.69	34.13	14.15	34.70	2.47	18.37	30.02	14.43

*Tomada del Área Planeamiento*



*Figura 7. Producción mensual, asociado a su litología  
Tomada del Área Planeamiento*

El tonelaje producido promedio de 161,167 ton/día considera una densidad media de 2.28 g/cm<sup>3</sup>, con una dureza media de 2.70 y un índice de volabilidad o blastabilidad (resistencia a la fragmentación) de 13.56 considerado como una resistencia media, producto del minado de rocas ígneas y metamórficas con sus alteraciones correspondientes.



*Figura 8. Consideraciones de dureza e índice de blastabilidad. Tomada del Área Planeamiento*

Los parámetros operacionales y la variabilidad geológica incidirán directamente en el rendimiento de los camiones CAT 797F en los procesos de acarreo.

### **2.4.3 Ciclo de tiempo de carguío y acarreo**

El análisis del tiempo de carguío y acarreo dentro de la consideración de variables operacionales para el cumplimiento de los planes de producción son de vital importancia siendo estos para el proceso de carguío en palas eléctricas CAT 7495: toneladas cargadas (dig rate o tasa de excavación), tiempo de espera (hang time), tiempo de carguío (loading time) y tiempo de espera (waiting fro spot); en el caso de los equipos de acarreo camiones CAT 797F considera: toneladas acarreadas, ciclos, distancia promedio, tiempo de viaje en vacio (travelling empty), cola en origen (queuing at source), detección en el origen (spotting at source), esperando la carga (waiting for load), tiempo de carguío (loading), viaje con carga (travelling full), haciendo cola en lavado (queuing at sink), detección en chancadora (spotting at sink) y tiempo de descarga (dumping).



*Figura 9. Espera de camiones CAT 797F en la chancadora*



*Figura 10. Equipos de acarreo descargando material en la chancadora*

#### **2.4.4 Características de las actividades del proceso de acarreo**

Para el desarrollo del presente trabajo, se considera realizar el análisis de las diferentes actividades de los camiones CAT 797F asociadas al proceso de acarreo, desde inicio de guardia

hasta su finalización. Este análisis se realizará mediante la herramienta de gestión de Pareto, el cual analiza las diferentes actividades con su tiempo asociado, donde considera que el 20% de actividades influyen el 80% de problemas generados en las actividades analizadas.

**Tabla 4. Análisis de actividades de camiones CAT 797F, periodo 2023**

<b>ANÁLISIS DE ACTIVIDADES - CAMIONES CAT 797F</b>				
PROCESO ACARREO: PERIODO 2023				
ACTIVIDADES	FRECUENCIA (HRS)	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Cambio de Turno	991.42	14.26%	991.42	14.26%
Refrigerio	986.80	14.19%	1,978.22	28.45%
Preventivo	864.77	12.44%	2,842.99	40.89%
Correctivo Mecanico	744.52	10.71%	3,587.52	51.59%
Trabajo Mecanico	530.60	7.63%	4,118.12	59.22%
Abastecimiento de Combustible	347.15	4.99%	4,465.27	64.22%
Correctivo Electrico	321.01	4.62%	4,786.28	68.83%
Falta de Operador por bloqueo de carretera	286.61	4.12%	5,072.89	72.95%
Falta de operador por descanso medico	262.78	3.78%	5,335.67	76.73%
Cola en Grifo	250.41	3.60%	5,586.08	80.33%
Falta de Operador por COVID	202.76	2.92%	5,788.84	83.25%
Equipo de Carguio Inoperativo	183.09	2.63%	5,971.92	85.88%
Falta de Operador por headcount	140.87	2.03%	6,112.79	87.91%
Trabajo Neumaticos	119.46	1.72%	6,232.25	89.63%
Falta de equipo de carguio	116.65	1.68%	6,348.91	91.30%
Cambio de Operador	108.00	1.55%	6,456.90	92.86%
Condiciones climaticas	74.75	1.07%	6,531.65	93.93%
Trabajo Soldadura	51.35	0.74%	6,583.00	94.67%
Inspeccion de Operador	47.99	0.69%	6,630.99	95.36%
Radio de Comunicacion	47.78	0.69%	6,678.78	96.05%
Servicios Higienicos	42.71	0.61%	6,721.49	96.66%
Equipo Calentando	30.85	0.44%	6,752.34	97.11%
Correctivo Neumaticos	27.37	0.39%	6,779.71	97.50%
Espera combustible	26.49	0.38%	6,806.20	97.88%
Feriado o Festividad	25.64	0.37%	6,831.84	98.25%
Disparo	25.58	0.37%	6,857.42	98.62%
Falta de Operador por vacaciones	22.52	0.32%	6,879.94	98.94%
Falta de chancadora	13.05	0.19%	6,892.99	99.13%
Trabajo Electrico	11.47	0.16%	6,904.46	99.29%
Planeado	11.21	0.16%	6,915.66	99.46%
Instrucciones	6.63	0.10%	6,922.30	99.55%
Inspeccion de llantas	6.54	0.09%	6,928.83	99.64%
Lubricacion	5.91	0.09%	6,934.74	99.73%
Carretera Obstruida	5.40	0.08%	6,940.14	99.81%
Falta de operador por EMA	4.23	0.06%	6,944.38	99.87%
Traslado a Taller	2.56	0.04%	6,946.94	99.91%
Condiciones Inseguras	2.23	0.03%	6,949.17	99.94%
Inspeccion de equipo	1.78	0.03%	6,950.95	99.96%
Calibracion de balanza por operador	0.77	0.01%	6,951.72	99.97%
Prueba Operaciones	0.76	0.01%	6,952.48	99.98%
Parada SSMA	0.53	0.01%	6,953.02	99.99%
Liberacion por Disparo	0.31	0.00%	6,953.32	100.00%
Emergencia	0.08	0.00%	6,953.40	100.00%
Inspeccion Predictivo	0.06	0.00%	6,953.46	100.00%
Falta de botadero	0.06	0.00%	6,953.53	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>6,954</b>	<b>100.00%</b>		

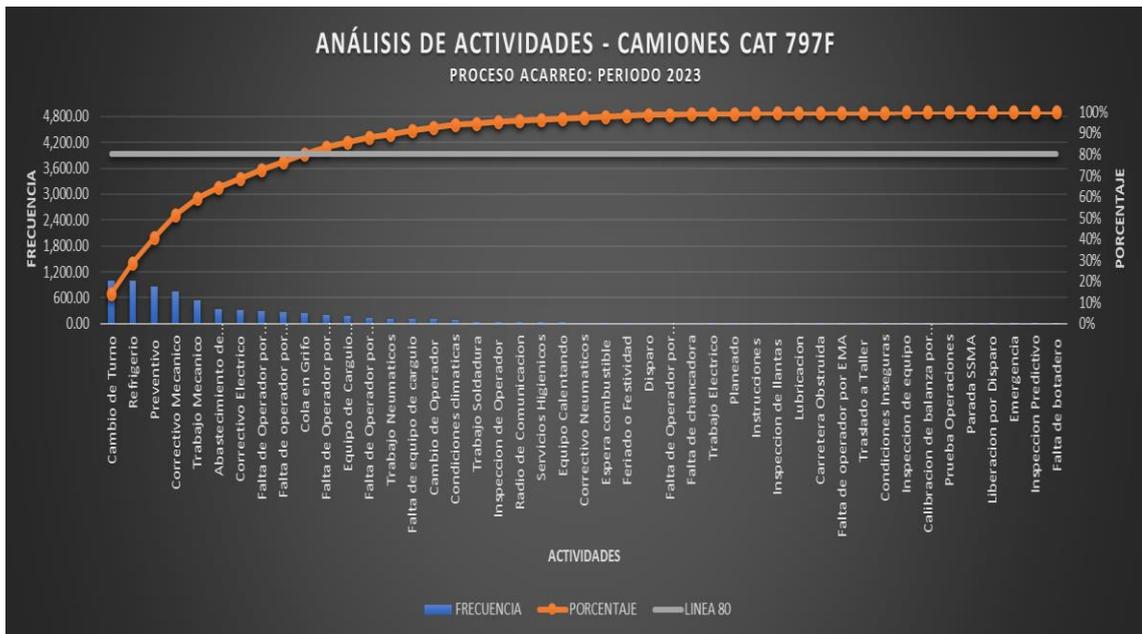
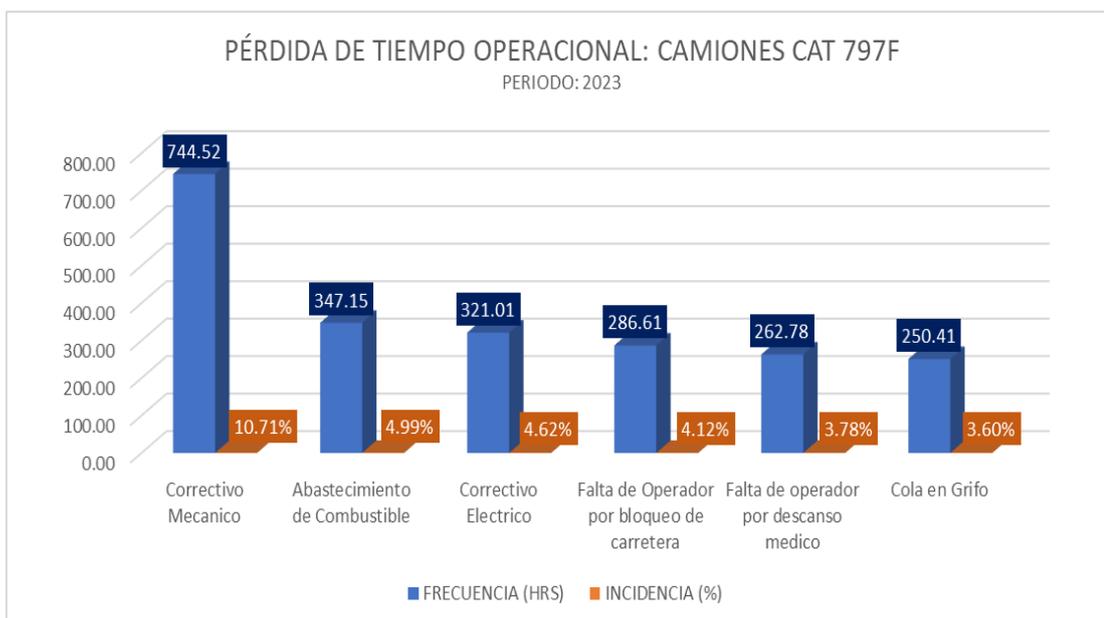


Figura 11. Análisis de actividades de camiones CAT 797F, mediante Pareto

De acuerdo al análisis de las actividades relacionadas al proceso de acarreo en camiones CAT 797F, durante el periodo 2023, se identificó un total de 10 actividades que influyeron en el 80 % de los problemas acarreados en este proceso unitario. El total de horas consideradas en las 10 actividades identificadas generan un total de 5,586 horas, siendo las siguientes actividades identificadas en orden de mayores consumos de horas como: cambio de turno, refrigerio, preventivo, correctivo mecánico, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, correctivo eléctrico, falta de operador por bloqueo de carretera, falta de operador por descanso médico y cola en grifo, con un total de 5,586 horas durante el año 2023.

Tabla 5. Pérdida de tiempo operacional de camiones CAT 797F, periodo 2023

PÉRDIDA DE TIEMPO OPERACIONAL: CAMIONES CAT 797F		
PERIODO: 2023		
ACTIVIDADES	FRECUENCIA (HRS)	INCIDENCIA (%)
Correctivo Mecanico	744.52	10.71%
Abastecimiento de Combustible	347.15	4.99%
Correctivo Electrico	321.01	4.62%
Falta de Operador por bloqueo de carretera	286.61	4.12%
Falta de operador por descanso medico	262.78	3.78%
Cola en Grifo	250.41	3.60%
<b>TOTAL</b>	<b>2,212.49</b>	<b>31.82%</b>



**Figura 12. Pérdida de tiempo operacional en camiones CAT 797F**

El análisis realizado en las actividades del proceso de acarreo en camiones CAT 797F considera diferentes actividades, las cuales pueden ser pasibles de mejora o reducción de pérdidas de tiempo operacional como son las siguientes actividades: correctivo mecánico, abastecimiento de combustible, correctivo eléctrico, falta de operador por bloqueo de carretera, falta de operador por descanso médico y cola en grifo con un total de 2,212.49 horas.

#### **2.4.5 Tasa de excavación y grado de fragmentación**

Uno de los parámetros de gran importancia en el rendimiento de los equipos de carguío es la tasa de excavación o *dig rate* y el grado de fragmentación o P80 posterior a la voladura.

Un mayor grado de fragmentación mayor al P80 programado por planta concentradora, influirá directamente en la capacidad efectiva de los equipos de carguío, incidiendo en el tonelaje cargado y tonelaje acarreado.

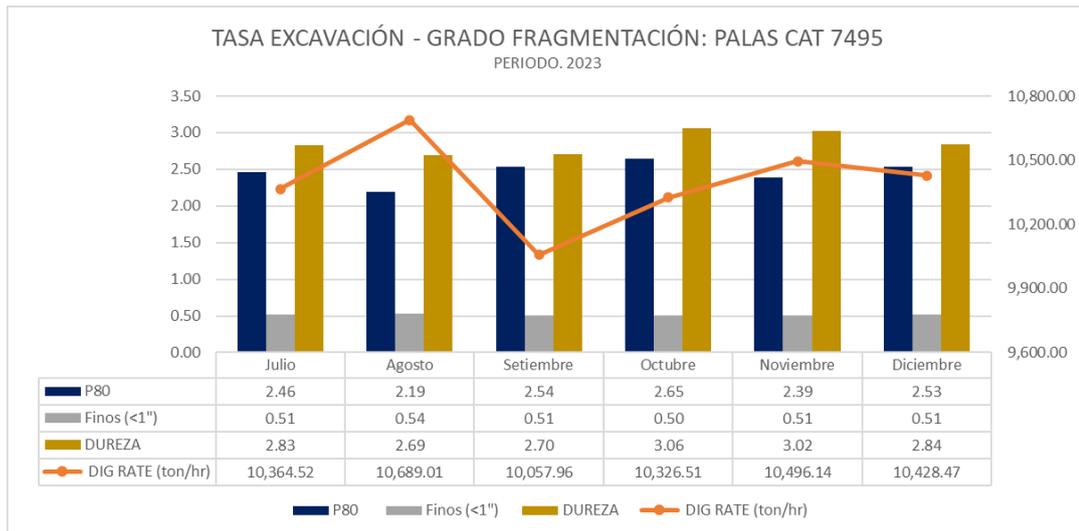
El análisis de la tasa de excavación y P80 en palas eléctricas CAT 7495 durante el último semestre del periodo 2023, considera los siguientes resultados:

**Tabla 6. Tasa de excavación y grado de fragmentación en palas CAT 7495, periodo 2023**

**TASA DE EXCAVACIÓN Y GRADO DE FRAGMENTACIÓN: PALAS CAT 7495**

PERIODO:2023

Mes	P80	DIG RATE (ton/hr)	Finos (<1")	DUREZA
Julio	2.46	10,364.52	0.51	2.83
Agosto	2.19	10,689.01	0.54	2.69
Setiembre	2.54	10,057.96	0.51	2.70
Octubre	2.65	10,326.51	0.50	3.06
Noviembre	2.39	10,496.14	0.51	3.02
Diciembre	2.53	10,428.47	0.51	2.84
Promedio	2.45	10,396.82	0.51	2.86



**Figura 13. Tasa de excavación – grado fragmentación: palas CAT 7495**

La tasa de excavación (*dig rate*) y grado de fragmentación (P80) promedio en palas eléctricas CAT 7495 fueron de 10,396.82 t/h y 2.45 pulgadas respectivamente.

Los rangos promedios del *dig rate* considera valores de 10,057.96 – 10,689.01 t/h y el rango del grado de fragmentación considera valores de 2.19 – 2.65 pulgadas. La variabilidad de los valores de la tasa de excavación y el grado de fragmentación posterior a la voladura en los diferentes frentes de producción se relaciona directamente a la variabilidad geológica presente en el yacimiento como: diferentes litologías, alteraciones hidrotermales, durezas, densidades, etc.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

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

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

Se considera una investigación aplicada en un nivel descriptivo, logrando la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F mediante el análisis de los indicadores operacionales en procesos de acarreo, durante los periodos de análisis en los escenarios inicial y el escenario mejorado en la unidad minera.

##### **a) Método general**

El método aplicado es el inductivo – deductivo, donde se evaluará diferentes indicadores operacionales como tonelaje cargado y acarreado, tiempo del ciclo de acarreo, grado de fragmentación, actividades del proceso de acarreo, etc. para la mejora del control del rendimiento de los camiones CAT 797F en los procesos unitarios de acarreo de la unidad minera.

##### **b) Métodos específicos**

Para el desarrollo de la tesis, cuyo objetivo es la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F producto del análisis de los diferentes indicadores operacionales en el proceso de acarreo, se considera las diferentes etapas de desarrollo:

- ✓ Recopilación de informes. Se considera analizar la información de los procesos unitarios operacionales de carguío y acarreo del año 2023, para entender el comportamiento de los diferentes indicadores operacionales que ayudará analizará el rendimiento de los camiones CAT 797F.

- ✓ Trabajo de campo. Se describe los diferentes indicadores operacionales asociados al proceso de acarreo, considerando el tonelaje cargado y acarreado, así como el tiempo de carguío y acarreo, la distancia acarreada y sus diferentes actividades del proceso unitario de acarreo.
- ✓ Trabajo de gabinete. La información obtenida en campo se analizará e interpretará, de acuerdo a los diferentes procesos unitarios de carguío y acarreo planteados en el presente estudio.
- ✓ Resultados. El análisis de los diferentes indicadores operacionales en los procesos de carguío y acarreo, ayudarán a responder y solucionar los problemas planteados, validando las hipótesis desarrolladas en la mejora del rendimiento de los camiones CAT 797F en los procesos de acarreo.

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

El desarrollo de la tesis es del tipo aplicado, orientado a mejorar el rendimiento de los camiones CAT 797F mediante el análisis de los indicadores operacionales en procesos de acarreo.

## **3.2 Diseño de la investigación**

El desarrollo de la tesis es descriptivo longitudinal, donde se analizará los indicadores operacionales en equipos de acarreo camiones CAT 797F y su relación directa con la mejora del proceso de acarreo.

## **3.3 Población y muestra**

### **3.3.1 Población**

Está relacionado a los diferentes frentes de operación de la unidad minera, donde se desarrolla el presente trabajo.

### **3.3.2 Muestra**

Considera el análisis de los indicadores operacionales de los camiones CAT 797F y de las palas eléctricas CAT 7495.

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

Para la recolección de datos se consideran los siguientes:

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

- ✓ Búsqueda de información online.
- ✓ Trabajo de campo: control de variables operacionales en procesos de carguío y acarreo.

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

- ✓ Hoja de registro de variables operacionales en camiones CAT 797F.
- ✓ Hoja de registro de variables operacionales en palas eléctricas CAT 7495.
- ✓ Plantilla de Excel, etc.

## **CAPÍTULO IV**

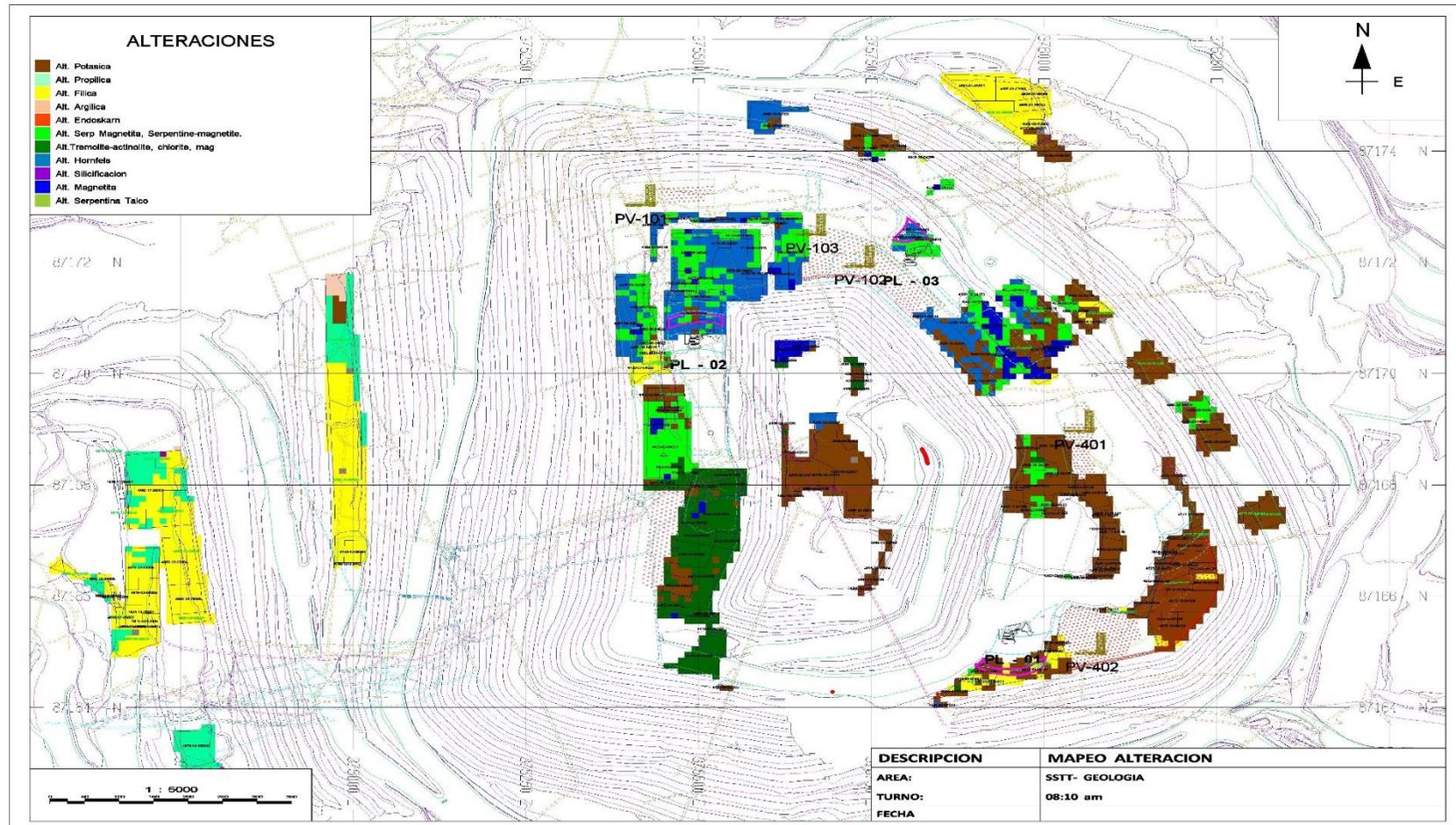
### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El objetivo principal del presente trabajo es la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F de 400 toneladas de capacidad considerando el análisis de los indicadores operacionales en procesos de acarreo de la unidad minera. Los indicadores analizados consideran el comportamiento operacional de las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup> determinando la relación del tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío, así mismo, relaciona el tonelaje acarreado de camiones CAT 797F con el ciclo de acarreo, distancia, etc. Asimismo, se tiene en cuenta el análisis de las actividades asociadas al proceso de acarreo como la pérdida de tiempo operacional asociada a sus actividades unitarias de los camiones CAT 797F realizado en 2 periodos: el escenario inicial (junio, julio) y el escenario mejorado (agosto, setiembre) desarrollado en el presente estudio.

#### **4.1 Consideración de los parámetros de operación**

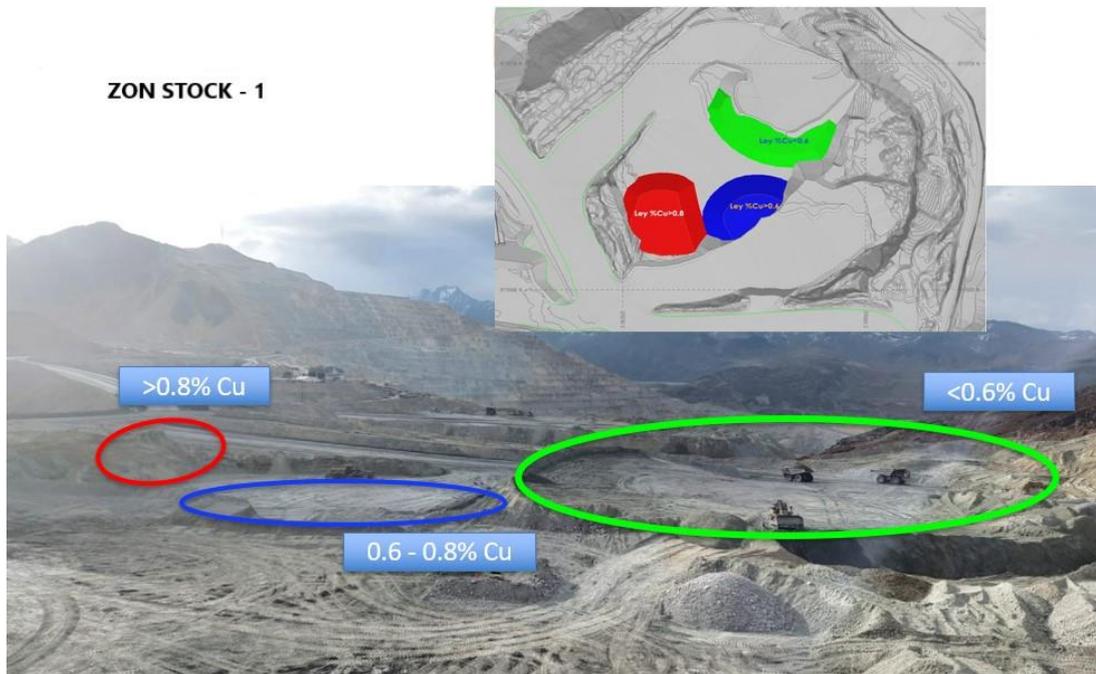
Los parámetros de operación se relacionan principalmente a las capacidades máximas de planta y su relación con los planes de minado programados.

Para el cumplimiento de los planes de producción se considera el tipo de yacimiento (sistemas pórfido y zonas de skarn) en los diferentes frentes de producción, los que inciden en los resultados posterior a la voladura y su efecto en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.



*Figura 14. Zonas de alteración asociadas a sistemas pórfido y skarn  
Tomada del Área Planeamiento*

El tonelaje programado es de 185 ktp, considerando el aporte de las diferentes fases de mineral así como de las diferentes zonas de acopio. La mezcla de mineral para cumplir el plan de producción está relacionado a la dureza del mineral, litología, alteración asociada, índice de blastabilidad, propiedades geometalúrgicas, etc.



*Figura 15. Zonas de stock en el área de producción  
Tomada del Área Planeamiento*

Los equipos para utilizar en el ciclo de minado consideran equipos de carguío como palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup> y para el acarreo camiones CAT 797F de 400 t.

#### **4.2 Análisis de la producción en equipos de carguío: Palas Cat 7495**

Se considera el análisis de los diferentes tiempos asociados al tonelaje cargado por palas eléctricas CAT 7495, durante los escenarios a analizar: escenario inicial (junio – julio) y el escenario mejorado (agosto – setiembre). Los parámetros para analizar consideran toneladas cargadas (dig rate), tiempo de espera y tiempo de carguío.

a) Escenario inicial: junio - julio

✓ Carguío mes de junio:

**Tabla 7. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de junio**

**PRODUCCIÓN EN EQUIPOS DE CARGUÍO: PALA CAT 7495**

ESCENARIO INICIAL: MES DE JUNIO

Mes	Toneladas (ton)	Tiempo espera (min)	Tiempo carguío (min)	Tiempo espera lugar (min)	Tiempo total carguío (min)
01-Jun	369.94	3.65	2.84	0.51	6.99
02-Jun	370.85	3.16	3.08	0.59	6.83
03-Jun	372.40	3.07	2.53	0.53	6.14
04-Jun	370.09	3.46	2.99	0.54	6.99
05-Jun	374.27	3.41	2.34	0.55	6.30
06-Jun	368.96	2.58	2.77	0.61	5.96
07-Jun	370.15	2.36	2.39	0.57	5.33
08-Jun	373.90	2.87	2.67	0.52	6.07
09-Jun	372.59	3.52	2.79	0.59	6.90
10-Jun	372.79	3.64	2.66	0.58	6.87
11-Jun	369.79	3.05	2.66	0.54	6.25
12-Jun	367.71	2.44	3.13	0.56	6.12
13-Jun	361.66	2.45	2.97	0.52	5.94
14-Jun	362.88	2.74	3.25	0.60	6.59
15-Jun	366.25	2.40	3.01	0.59	5.99
16-Jun	362.89	2.21	2.85	0.55	5.61
17-Jun	367.30	2.33	2.82	0.51	5.66
18-Jun	372.74	2.08	2.52	0.54	5.14
19-Jun	362.55	2.75	2.89	0.49	6.13
20-Jun	366.94	2.61	2.77	0.51	5.89
21-Jun	364.01	2.90	2.75	0.53	6.19
22-Jun	369.18	2.95	2.58	0.52	6.04
23-Jun	361.10	2.30	2.95	0.50	5.75
24-Jun	366.91	2.99	2.61	0.51	6.10
25-Jun	370.00	3.61	2.87	0.56	7.05
26-Jun	368.71	4.23	2.85	0.56	7.64
27-Jun	370.51	3.33	2.77	0.59	6.68
28-Jun	373.10	3.23	3.02	0.67	6.91
29-Jun	372.07	3.18	2.68	0.63	6.48
30-Jun	373.02	3.70	2.76	0.57	7.02
<b>Promedio</b>	<b>368.84</b>	<b>2.97</b>	<b>2.79</b>	<b>0.55</b>	<b>6.32</b>

Para el periodo de análisis en el escenario inicial, mes de junio, se considera un tonelaje promedio diario de 368.4 t/día, con un tiempo de carguío promedio de 6.32 min/cuchara.

**Tabla 8. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de junio**

**TONELADAS POR CICLO: PALA CAT 7495**

MES DE JUNIO

Densidad	2.28
Capacidad nominal Yd3	82
Capacidad nominal M3	62.69
Fator esponjamiento	40%
Factor llenado	90%
Factor conversión yd3 a m3	0.76455
Capacidad efectiva (Ton/cuchara)	91.89
Número pases programados	4
Tonelaje por ciclo (ton/ciclo)	367.56
<b>Diferencia tonelaje cargado (ton/ciclo)</b>	<b>1.28</b>
<b>Exceso de tonelaje (%)</b>	<b>0.35</b>

El exceso de tonelaje cargado con las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup>, considerando una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup>, con un factor de llenado del 90 % y número de pases en 4 considera una capacidad efectiva de 91.89 t/cuchara o pase, generando un tonelaje por ciclo de 367.56 t/ciclo. Durante el mes de junio se generó un exceso de tonelaje en 1.28 t/ciclo o de un 0.35 %.

De acuerdo a los parámetros operacionales en equipos de carguío palas eléctricas CAT 7495, se considera una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup> y una capacidad efectiva de 91.89 t/cuchara, considerando un factor de llenado del 90 %, esto es producto de un buen control del grado de fragmentación posterior a la voladura de los diferentes frentes de producción en la unidad minera.

✓ Carguío mes de julio

**Tabla 9. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de julio**

**PRODUCCIÓN DIARIA EN EQUIPOS DE CARGUÍO: PALA CAT 7495**

ESCENARIO INICIAL: MES DE JULIO

Mes	Toneladas (ton)	Tiempo espera (min)	Tiempo carguío (min)	Tiempo espera lugar (min)	Tiempo total carguío (min)
01-Jul	371.14	4.17	2.82	0.56	7.55
02-Jul	370.79	3.77	2.79	0.59	7.15
03-Jul	372.76	3.24	2.54	0.53	6.31
04-Jul	372.81	2.96	2.73	0.50	6.19
05-Jul	368.22	3.00	2.94	0.60	6.54
06-Jul	374.19	3.13	2.95	0.57	6.64
07-Jul	376.03	3.75	2.50	0.58	6.83
08-Jul	369.77	3.42	2.84	0.64	6.90
09-Jul	369.20	2.63	2.63	0.50	5.75
10-Jul	371.28	2.97	2.61	0.53	6.11
11-Jul	368.23	3.72	2.83	0.53	7.08
12-Jul	369.44	3.48	2.61	0.51	6.59
13-Jul	365.12	3.81	2.88	0.54	7.24
14-Jul	369.82	3.00	2.69	0.59	6.28
15-Jul	370.09	3.10	2.90	0.58	6.58
16-Jul	365.36	2.73	2.47	0.47	5.66
17-Jul	370.66	2.98	2.77	0.55	6.30
18-Jul	368.85	2.46	2.66	0.55	5.67
19-Jul	369.12	2.73	2.86	0.55	6.13
20-Jul	373.04	3.24	2.79	0.60	6.63
21-Jul	370.99	2.56	2.80	0.58	5.95
22-Jul	370.84	3.58	2.89	0.56	7.03
23-Jul	372.24	3.41	2.93	0.61	6.96
24-Jul	375.56	2.46	2.58	0.56	5.61
25-Jul	374.41	3.02	2.69	0.53	6.23
26-Jul	371.48	2.63	3.07	0.63	6.34
27-Jul	376.86	2.64	3.17	0.56	6.36
28-Jul	372.87	2.57	3.14	0.57	6.28
29-Jul	376.60	3.04	3.09	0.56	6.69
30-Jul	375.95	4.53	2.84	0.57	7.94
31-Jul	376.20	3.32	2.57	0.54	6.43
<b>Promedio</b>	<b>371.61</b>	<b>3.16</b>	<b>2.79</b>	<b>0.56</b>	<b>6.51</b>

Para el periodo de análisis en el escenario inicial, mes de julio se considera un tonelaje promedio diario de 371.61 t/día, con un tiempo de carguío promedio de 6.51 min/cuchara.

**Tabla 10. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de julio**

**TONELADAS POR CICLO: PALA CAT 7495**

MES DE JULIO

Densidad	2.35
Capacidad nominal Yd3	82
Capacidad nominal M3	62.69
Fator esponjamiento	40%
Factor llenado	90%
Factor conversión yd3 a m3	0.76455
Capacidad efectiva (Ton/cuchara)	94.71
Número pases programados	4
Tonelaje por ciclo (ton/ciclo)	378.85
<b>Diferencia tonelaje cargado (ton/ciclo)</b>	<b>-7.24</b>
<b>Exceso de tonelaje (%)</b>	<b>-1.91</b>

El exceso de tonelaje cargado con las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup>, considerando una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup>, con un factor de llenado del 90 % y número de pases en 4, tiene en cuenta una capacidad efectiva de 94.71 t/cuchara o pase y generando un tonelaje por ciclo de 378.85 t/ciclo. Durante el mes de julio, se generó un déficit de tonelaje en 7.24 t/ciclo o un menor tonelaje en 1.91 %.

De acuerdo a los parámetros operacionales en equipos de carguío palas eléctricas CAT 7495, se considera una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup> y una capacidad efectiva de 94.71 t/cuchara, considerando un factor de llenado del 90 %, esto es producto de un buen control del grado de fragmentación posterior a la voladura de los diferentes frentes de producción en la unidad minera.

La diferencia o menor tonelaje cargado al programado considera una variabilidad en la densidad de mineral en 2.35 kg/m<sup>3</sup>, así como el grado de fragmentación posterior a la voladura, afectando la capacidad efectiva de las palas eléctricas CAT 7495.

b) Escenario mejorado: agosto – setiembre

✓ Carguío mes de agosto

**Tabla 11. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de agosto**

**PRODUCCIÓN DIARIA EN EQUIPOS DE CARGUÍO: PALA CAT 7495**

ESCENARIO MEJORADO: MES DE AGOSTO

Mes	Toneladas (ton)	Tiempo espera (min)	Tiempo carguío (min)	Tiempo espera lugar (min)	Tiempo total carguío (min)
01-Ago	377.81	3.95	2.64	0.56	7.15
02-Ago	377.95	3.58	2.79	0.59	6.97
03-Ago	373.35	2.03	2.43	0.54	5.00
04-Ago	373.69	2.88	2.95	0.49	6.32
05-Ago	374.86	2.58	2.41	0.52	5.50
06-Ago	371.08	2.91	2.84	0.50	6.25
07-Ago	369.69	2.69	2.48	0.46	5.63
08-Ago	369.21	2.33	2.59	0.49	5.41
09-Ago	367.12	2.79	2.76	0.45	6.01
10-Ago	371.47	2.93	2.42	0.49	5.85
11-Ago	369.25	2.95	2.97	0.50	6.42
12-Ago	371.65	2.45	2.80	0.49	5.74
13-Ago	378.08	2.33	2.55	0.48	5.35
14-Ago	371.48	2.14	2.64	0.45	5.23
15-Ago	370.05	2.33	2.88	0.48	5.69
16-Ago	371.92	2.39	2.88	0.44	5.70
17-Ago	369.52	2.44	2.94	0.44	5.82
18-Ago	369.32	2.14	2.87	0.51	5.52
19-Ago	365.55	2.84	2.84	0.45	6.13
20-Ago	376.37	3.66	2.73	0.55	6.94
21-Ago	374.43	3.38	2.90	0.59	6.87
22-Ago	375.01	3.12	2.67	0.57	6.37
23-Ago	373.11	2.92	2.68	0.54	6.13
24-Ago	375.62	3.29	2.84	0.57	6.70
25-Ago	374.04	3.40	2.69	0.56	6.65
26-Ago	374.00	3.03	2.91	0.54	6.48
27-Ago	369.64	3.64	2.75	0.64	7.03
28-Ago	372.27	2.43	2.58	0.58	5.60
29-Ago	372.22	3.25	2.76	0.52	6.53
30-Ago	374.80	3.33	2.83	0.55	6.71
31-Ago	372.79	3.48	2.61	0.54	6.63
<b>Promedio</b>	<b>372.50</b>	<b>2.89</b>	<b>2.73</b>	<b>0.52</b>	<b>6.14</b>

Para el periodo de análisis en el escenario mejorado, mes de agosto, se considera un tonelaje promedio diario de 372.50 t/día, con un tiempo de carguío promedio de 6.14 min/cuchara.

**Tabla 12. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de agosto**

**TONELADAS POR CICLO: PALA CAT 7495**

MES DE AGOSTO

Densidad	2.25
Capacidad nominal Yd3	82
Capacidad nominal M3	62.69
Fator esponjamiento	40%
Factor llenado	90%
Factor conversión yd3 a m3	0.76455
Capacidad efectiva (Ton/cuchara)	90.68
Número pases programados	4
Tonelaje por ciclo (ton/ciclo)	362.73
<b>Diferencia tonelaje cargado (ton/ciclo)</b>	<b>9.77</b>
<b>Exceso de tonelaje (%)</b>	<b>2.69</b>

El exceso de tonelaje cargado con las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup>, considerando una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup>, con un factor de llenado del 90 % y número de pases en 4, tiene en cuenta una capacidad efectiva de 90.68 t/cuchara o pase y generando un tonelaje por ciclo de 362.73 t/ciclo. Durante el mes de agosto, se generó un incremento del tonelaje en 9.77 ton/ciclo o un mayor porcentaje del 2,69 %.

De acuerdo a los parámetros operacionales en equipos de carguío palas eléctricas CAT 7495, se considera una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup> y una capacidad efectiva de 90.68 t/cuchara, considerando un factor de llenado del 90 %, esto es producto de un buen control del grado de fragmentación posterior a la voladura de los diferentes frentes de producción en la unidad minera.

La diferencia o mayor tonelaje cargado al programado considera una variabilidad en la densidad de mineral en 2.25 kg/m<sup>3</sup>, así como el mejor control del grado de fragmentación posterior a la voladura, incidiendo en la capacidad efectiva de las palas eléctricas CAT 7495.

✓ Carguío mes de setiembre

**Tabla 13. Producción en equipos de carguío, pala CAT 7495, mes de setiembre**

**PRODUCCIÓN DIARIA EN EQUIPOS DE CARGUÍO: PALA CAT 7495**

ESCENARIO MEJORADO: MES DE SETIEMBRE

Mes	Toneladas (ton)	Tiempo espera (min)	Tiempo carguío (min)	Tiempo espera lugar (min)	Tiempo total carguío (min)
01-Set	374.73	3.43	2.84	0.60	6.87
02-Set	375.20	3.73	2.89	0.66	7.28
03-Set	375.63	3.19	2.85	0.61	6.66
04-Set	372.31	2.29	2.91	0.56	5.77
05-Set	373.37	3.02	2.77	0.56	6.35
06-Set	369.45	2.80	2.69	0.49	5.98
07-Set	369.62	2.55	2.76	0.46	5.78
08-Set	374.14	2.81	2.62	0.56	5.99
09-Set	371.97	2.03	2.41	0.52	4.97
10-Set	370.21	2.30	2.33	0.43	5.06
11-Set	372.07	2.20	2.53	0.52	5.26
12-Set	373.67	2.04	2.62	0.51	5.17
13-Set	369.95	2.27	2.53	0.56	5.36
14-Set	371.97	2.53	2.62	0.50	5.65
15-Set	370.96	2.79	2.64	0.46	5.90
16-Set	372.38	2.58	2.36	0.49	5.44
17-Set	375.44	2.58	2.54	0.50	5.61
18-Set	372.57	2.25	2.85	0.53	5.63
19-Set	371.01	2.38	2.92	0.47	5.78
20-Set	374.44	2.68	2.63	0.44	5.75
21-Set	372.41	1.91	3.06	0.57	5.54
22-Set	372.66	2.17	2.71	0.45	5.34
23-Set	376.90	2.28	2.55	0.47	5.31
24-Set	372.69	2.59	2.93	0.52	6.03
25-Set	375.64	1.83	2.34	0.45	4.63
26-Set	372.37	1.99	2.65	0.50	5.15
27-Set	374.31	2.23	3.06	0.48	5.78
28-Set	375.94	2.30	2.73	0.52	5.55
29-Set	370.57	2.45	3.14	0.53	6.13
30-Set	369.01	2.54	3.03	0.53	6.10
<b>Promedio</b>	<b>372.79</b>	<b>2.49</b>	<b>2.72</b>	<b>0.52</b>	<b>5.73</b>

Para el periodo de análisis en el escenario mejorado, mes de setiembre, se considera un tonelaje promedio diario de 372.79 t/día, con un tiempo de carguío promedio de 5.73 min/cuchara.

**Tabla 14. Exceso de tonelaje cargado, pala CAT 7495, mes de setiembre**

**TONELADAS POR CICLO: PALA CAT 7495**

MES DE SETIEMBRE

Densidad	2.24
Capacidad nominal Yd3	82
Capacidad nominal M3	62.69
Fator esponjamiento	40%
Factor llenado	90%
Factor conversión yd3 a m3	0.76455
Capacidad efectiva (Ton/cuchara)	90.28
Número pases programados	4
Tonelaje por ciclo (ton/ciclo)	361.11
<b>Diferencia tonelaje cargado (ton/ciclo)</b>	<b>11.67</b>
<b>Exceso de tonelaje (%)</b>	<b>3.23</b>

El exceso de tonelaje cargado con las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup>, considerando una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup>, con un factor de llenado del 90 % y número de pases en 4, tiene en cuenta una capacidad efectiva de 90.28 t/cuchara o pase y generando un tonelaje por ciclo de 361.11 t/ciclo. Durante el mes de setiembre se generó un incremento del tonelaje en 11.67 t/ciclo o un mayor porcentaje del 3.23 %.

De acuerdo a los parámetros operacionales en equipos de carguío palas eléctricas CAT 7495, se considera una capacidad nominal de 62.69 m<sup>3</sup> y una capacidad efectiva de 90.28 t/cuchara, considerando un factor de llenado del 90 %, esto es producto de un buen control del grado de fragmentación posterior a la voladura de los diferentes frentes de producción en la unidad minera.

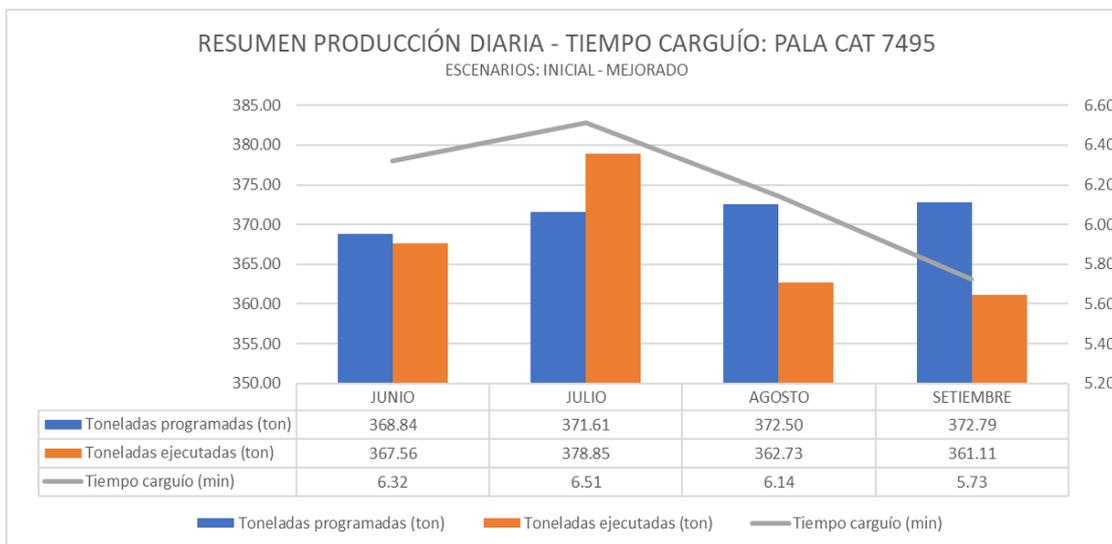
La diferencia o mayor tonelaje cargado al programado considera una variabilidad en la densidad de mineral en 2.24 kg/m<sup>3</sup>, así como el mejor control del grado de fragmentación posterior a la voladura, incidiendo en la capacidad efectiva de las palas eléctricas CAT 7495.

c) Resumen de producción y tiempo de carguío: Pala CAT 7495

**Tabla 15. Resumen producción – tiempo carguío, pala CAT 7495**

**RESUMEN PRODUCCIÓN DIARIA - TIEMPO CARGUÍO: PALA CAT 7495**  
 ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO

PERIODO	Toneladas Ejecutadas (ton/viaje)	Toneladas programadas (ton/viaje)	Densidad (kg/m3)	Tiempo Carguío (min)	DIFERENCIA (ton/viaje)
JUNIO	368.84	367.56	2.28	6.32	1.28
JULIO	371.61	378.85	2.35	6.51	-7.24
AGOSTO	372.50	362.73	2.25	6.14	9.77
SETIEMBRE	372.79	361.11	2.24	5.73	11.67
<b>Promedio</b>	<b>371.43</b>	<b>367.56</b>	<b>2.28</b>	<b>6.17</b>	<b>3.87</b>



**Figura 16. Resumen de producción en palas CAT 7495**

El tonelaje cargado promedio programado por viaje (4 pases) durante el desarrollo del estudio (junio a setiembre) fue de 367.56 t/viaje y el ejecutado fue de 371.43 t/viaje con una mejora de 3.87 t/viaje, con un tiempo de carguío promedio de 6.17 minutos.

Estos resultados, durante el estudio, fueron producto del control de la granulometría posterior a la voladura y mejor control de la densidad asociada a los diferentes frentes de producción y reducción en el tiempo de carguío.

### 4.3 Análisis del tonelaje acarreado: camiones Cat 797F.

Entender el comportamiento del tonelaje acarreado durante el periodo de estudio es directamente proporcional a los tonelajes o *dig rate* de los equipos de carguío.

De igual forma que en el análisis de los equipos de carguío, se realizará un comparativo en el escenario inicial y el escenario mejorado de los equipos de acarreo con camiones CAT 797F.

Las variables operacionales en el proceso de acarreo consideran el tonelaje acarreado, los tiempos asociados al ciclo de acarreo considera tiempos de carga y descarga, tiempos de acarreo con y sin material, así como los tiempos en los diferentes ítems en carguío y descarga, así mismo, la distancia asociada.

a) Escenario inicial: junio y julio

✓ Acarreo mes de junio

**Tabla 16. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de junio**

PRODUCCIÓN DIARIA DE ACARREO: CAMIONES CAT 797F												
ESCENARIO INICIAL: MES DE JUNIO												
Mes	Toneladas (ton)	Distancia (km)	Viaje sin carga (min)	Tiempo Cola banco (min)	Tiempo acuatamiento banco (min)	Tiempo espera carga (min)	Tiempo carguío (min)	Viaje con carga (min)	Tiempo cola destino(min)	Tiempo acuatamiento destino (min)	Tiempo descarga (min)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclos)
01-Jun	378.17	3.52	9.14	0.54	1.11	0.38	2.88	16.32	1.14	1.13	0.95	33.59
02-Jun	378.44	3.27	8.80	0.76	1.41	0.46	3.11	14.76	0.81	1.20	0.95	32.26
03-Jun	378.49	3.55	9.31	0.59	1.31	0.41	2.66	16.52	1.23	1.22	0.95	34.11
04-Jun	372.97	2.78	6.94	0.66	1.04	0.24	2.98	13.56	1.82	1.58	0.87	29.69
05-Jun	379.85	3.58	8.72	0.59	1.25	0.46	2.36	17.07	1.47	1.40	0.89	34.21
06-Jun	374.90	3.40	8.43	1.09	1.57	0.39	2.80	15.37	1.18	1.46	0.94	33.23
07-Jun	376.05	3.74	10.04	0.62	1.48	0.49	2.35	18.34	0.99	1.10	0.90	36.30
08-Jun	376.75	3.41	9.87	0.80	1.39	0.48	2.66	15.49	0.94	1.22	0.96	33.81
09-Jun	374.73	3.61	9.16	0.70	1.44	0.52	2.80	16.38	1.16	1.47	0.91	34.55
10-Jun	375.51	3.63	9.02	0.68	1.32	0.45	2.68	16.90	1.05	1.33	0.91	34.35
11-Jun	371.82	3.86	9.92	0.38	1.26	0.49	2.73	17.43	0.68	1.01	0.96	34.86
12-Jun	369.81	3.49	9.25	0.94	1.29	0.40	3.15	14.96	0.70	1.11	0.95	32.74
13-Jun	372.21	2.94	8.44	0.70	1.21	0.39	2.94	13.46	0.75	0.84	0.95	29.68
14-Jun	372.24	3.38	9.23	1.00	1.27	0.39	3.24	14.26	0.27	0.26	1.03	30.95
15-Jun	372.45	3.53	8.94	0.71	1.19	0.40	3.04	15.31	0.42	0.58	1.05	31.65
16-Jun	371.72	3.27	8.81	0.95	1.48	0.41	2.85	14.76	0.57	0.82	1.00	31.65
17-Jun	371.63	3.68	9.70	0.78	1.30	0.44	2.83	16.49	0.90	1.27	0.97	34.69
18-Jun	377.39	3.42	8.33	0.72	1.48	0.41	2.53	15.60	1.31	1.60	0.97	32.95
19-Jun	371.59	3.41	9.16	0.54	1.30	0.36	3.04	15.47	0.93	1.25	1.12	33.17
20-Jun	373.69	3.62	9.09	0.55	1.41	0.41	2.78	15.94	1.23	1.38	1.05	33.83
21-Jun	370.78	3.60	9.46	0.55	1.20	0.33	2.78	15.74	1.06	1.24	1.08	33.45
22-Jun	374.26	3.58	9.19	0.43	1.15	0.42	2.58	15.99	1.34	1.35	1.01	33.44
23-Jun	372.76	3.26	8.58	0.82	1.24	0.41	2.97	14.23	0.85	1.10	0.91	31.12
24-Jun	372.57	3.43	8.46	0.44	1.12	0.34	2.63	14.88	0.75	1.32	0.99	30.93
25-Jun	377.08	3.76	9.98	0.68	1.31	0.40	2.90	16.72	0.57	0.84	1.01	34.42
26-Jun	377.13	3.86	9.34	0.50	1.05	0.41	2.85	16.62	0.81	1.14	0.94	33.66
27-Jun	378.18	3.81	9.69	0.45	1.20	0.39	2.78	16.04	0.67	1.02	0.97	33.21
28-Jun	378.16	3.73	9.51	0.62	1.68	0.42	3.03	16.48	0.99	1.34	0.91	34.97
29-Jun	378.37	3.71	9.24	0.87	1.56	0.48	2.83	17.20	1.02	1.25	0.93	35.38
30-Jun	378.43	4.06	9.64	0.93	1.33	0.46	2.93	18.14	0.84	1.20	0.97	36.44
<b>PROMEDIO</b>	<b>374.94</b>	<b>3.53</b>	<b>9.11</b>	<b>0.69</b>	<b>1.31</b>	<b>0.41</b>	<b>2.82</b>	<b>15.88</b>	<b>0.95</b>	<b>1.17</b>	<b>0.97</b>	<b>33.31</b>

Durante el mes de junio, se considera un tonelaje promedio diario de acarreo de 374.94 t/viaje, con un tiempo de acarreo de 33.31 minutos y una distancia promedio de 3.53 km, considerando los destinos de zona de acopio y chancadora.

✓ Acarreo mes de julio

**Tabla 17. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de julio**

PRODUCCIÓN DIARIA DE ACARREO: CAMIONES CAT 797F

ESCENARIO INICIAL: MES DE JULIO

Mes	Toneladas (ton)	Distancia (km)	Viaje sin carga (min)	Tiempo Cola banco (min)	Tiempo acuatamiento banco (min)	Tiempo espera carga (min)	Tiempo carguío (min)	Viaje con carga (min)	Tiempo cola destino(min)	Tiempo acuatamiento destino (min)	Tiempo descarga (min)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclo)
01-Jul	377.81	3.89	9.40	0.57	1.19	0.42	2.81	17.19	0.97	1.30	0.96	34.80
02-Jul	376.13	3.64	8.86	0.52	1.29	0.47	2.79	15.16	1.45	1.60	0.89	33.03
03-Jul	378.04	3.78	9.48	0.97	1.65	0.46	2.52	16.49	1.43	1.35	0.89	35.24
04-Jul	380.17	3.78	9.74	0.70	1.27	0.45	2.77	17.38	1.53	1.28	0.97	36.08
05-Jul	379.59	3.86	9.42	0.87	1.41	0.49	2.98	17.58	1.46	1.33	0.92	36.47
06-Jul	380.40	3.79	8.73	0.63	1.42	0.48	2.97	16.47	1.56	1.32	0.98	34.56
07-Jul	380.76	4.01	9.58	0.66	1.63	0.54	2.52	17.21	1.89	1.41	0.94	36.37
08-Jul	378.68	3.62	8.42	0.81	1.40	0.45	2.85	15.89	1.64	1.34	0.93	33.73
09-Jul	374.60	3.73	8.99	0.68	1.34	0.42	2.63	16.10	0.93	1.04	0.92	33.06
10-Jul	374.97	3.36	8.73	0.52	1.22	0.43	2.69	15.20	0.59	0.93	1.02	31.32
11-Jul	374.48	3.69	9.25	0.50	1.11	0.43	2.85	16.08	0.89	1.10	0.98	33.20
12-Jul	372.71	4.20	10.59	0.36	1.09	0.43	2.62	18.33	0.87	0.99	1.04	36.34
13-Jul	371.62	4.04	9.93	0.50	1.19	0.39	2.91	17.55	0.76	1.16	1.03	35.41
14-Jul	373.12	4.28	10.24	0.60	1.44	0.41	2.75	18.44	0.55	1.00	1.07	36.49
15-Jul	373.79	4.15	10.29	1.18	1.52	0.49	2.90	17.22	0.87	1.08	1.05	36.60
16-Jul	370.96	4.29	9.59	0.96	1.36	0.56	2.44	17.26	0.82	1.09	0.96	35.05
17-Jul	374.28	5.10	12.24	0.50	1.32	0.49	2.71	21.80	0.14	0.34	1.07	40.61
18-Jul	373.45	3.72	9.81	0.68	1.43	0.48	2.69	15.68	1.03	1.02	1.06	33.87
19-Jul	375.30	3.38	9.32	0.55	1.27	0.44	2.87	14.06	0.96	1.05	0.99	31.50
20-Jul	376.19	3.75	10.08	0.52	1.20	0.39	2.84	15.91	0.67	1.01	1.08	33.71
21-Jul	376.06	3.71	9.35	0.67	1.47	0.46	2.82	15.09	0.93	1.15	1.01	32.94
22-Jul	373.66	3.64	9.07	0.45	1.10	0.40	2.89	15.35	0.93	1.17	1.00	32.36
23-Jul	378.20	3.85	9.43	0.58	1.41	0.42	2.95	16.83	1.57	1.22	0.94	35.35
24-Jul	379.45	4.05	10.19	0.66	1.51	0.45	2.74	17.86	1.68	1.44	0.90	37.42
25-Jul	378.13	3.58	9.10	0.66	1.48	0.41	2.99	15.44	1.62	1.39	0.92	34.02
26-Jul	377.78	3.60	9.41	1.18	1.57	0.43	3.05	14.98	1.67	1.46	0.94	34.70
27-Jul	380.55	3.89	10.20	1.15	1.59	0.45	3.17	16.41	1.64	1.47	0.91	37.01
28-Jul	377.29	3.63	9.09	1.15	1.80	0.45	3.13	15.63	0.99	1.23	1.01	34.49
29-Jul	378.14	3.68	9.10	0.86	1.40	0.40	3.11	15.74	1.08	1.31	0.96	33.95
30-Jul	377.48	3.28	7.76	0.48	1.16	0.42	2.85	14.02	1.68	2.13	0.96	31.46
31-Jul	378.13	4.14	10.42	0.71	1.51	0.46	2.93	17.73	1.09	1.26	0.87	36.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>376.51</b>	<b>3.84</b>	<b>9.54</b>	<b>0.70</b>	<b>1.38</b>	<b>0.45</b>	<b>2.83</b>	<b>16.52</b>	<b>1.16</b>	<b>1.22</b>	<b>0.97</b>	<b>34.78</b>

Durante el mes de julio, se considera un tonelaje promedio diario de acarreo de 376.51 t/viaje, con un tiempo de acarreo de 34.78 minutos y una distancia promedio de 3.84 km, considerando los destinos de zona de acopio y chancadora.

El análisis de resultados durante el escenario inicial (junio y julio) considera los tonelajes acarreados promedios por ciclo, su tiempo del ciclo de acarreo y su distancia promedio, además el destino la zona de acopio y la chancadora.

b) Escenario mejorado: agosto y setiembre

✓ Acarreo mes de agosto

**Tabla 18. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de agosto**

**PRODUCCIÓN DIARIA DE ACARREO: CAMIONES CAT 797F**

ESCENARIO INCHL: MES DE AGOSTO

Mes	Toneladas (ton)	Distancia (km)	Viaje sin carga (min)	Tiempo Cola banco (min)	Tiempo acuatamiento banco (min)	Tiempo espera carga (min)	Tiempo carguío (min)	Viaje con carga (min)	Tiempo cola destino(min)	Tiempo acuatamiento destino (min)	Tiempo descarga (min)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclo)
01-Ago	380.46	4.03	9.69	0.54	1.29	0.53	2.62	17.51	1.31	1.35	0.93	35.76
02-Ago	380.56	3.84	9.18	0.62	1.43	0.49	2.77	16.45	1.05	1.33	0.96	34.27
03-Ago	378.33	3.06	8.95	1.01	1.95	0.51	2.46	13.31	0.99	0.92	0.95	31.05
04-Ago	377.73	3.90	10.83	0.88	1.41	0.45	2.93	17.14	1.10	1.12	0.94	36.80
05-Ago	376.39	3.55	10.65	0.51	1.49	0.47	2.40	14.44	1.46	1.50	0.94	33.86
06-Ago	374.41	3.81	10.32	0.55	1.14	0.43	2.89	15.74	0.82	1.00	0.97	33.86
07-Ago	373.74	3.86	10.02	0.62	1.13	0.54	2.70	15.83	0.69	1.04	0.98	33.55
08-Ago	373.59	3.62	9.57	0.83	1.55	0.53	2.81	15.56	0.51	0.74	1.00	33.10
09-Ago	374.35	3.53	9.42	0.35	1.02	0.45	3.16	14.93	0.58	0.82	1.02	31.75
10-Ago	374.66	3.72	9.66	0.45	1.23	0.54	2.53	16.15	0.88	1.01	0.97	33.40
11-Ago	373.46	3.58	8.74	0.63	1.11	0.52	3.01	15.55	1.14	1.25	0.98	32.93
12-Ago	374.21	3.76	9.11	1.27	1.42	0.55	2.81	16.25	1.11	1.14	0.98	34.63
13-Ago	379.02	3.52	8.89	0.70	1.26	0.52	2.49	14.96	1.15	1.39	0.97	32.33
14-Ago	374.41	3.77	10.50	1.38	1.56	0.61	2.92	15.50	0.86	1.08	0.98	35.39
15-Ago	373.59	3.63	10.15	1.51	1.75	0.54	3.22	15.28	0.91	1.03	0.97	35.36
16-Ago	373.89	3.97	9.79	1.36	1.51	0.53	3.14	16.80	0.91	1.18	0.93	36.15
17-Ago	373.68	3.86	10.11	1.11	1.30	0.49	3.30	15.93	0.98	1.03	0.96	35.22
18-Ago	374.93	3.54	9.25	1.42	1.58	0.60	2.94	14.75	0.80	0.96	0.95	33.24
19-Ago	374.16	3.85	9.79	0.99	1.34	0.56	2.86	16.16	0.92	1.04	0.96	34.61
20-Ago	380.42	4.22	10.27	0.79	1.41	0.58	2.72	18.83	1.58	1.28	0.94	38.41
21-Ago	379.80	4.01	9.94	1.09	1.48	0.52	2.93	17.22	1.26	1.19	0.98	36.60
22-Ago	380.27	3.83	9.37	1.29	1.56	0.57	2.65	16.03	1.18	1.21	0.96	34.82
23-Ago	380.27	3.72	9.46	0.73	1.26	0.50	2.70	15.69	1.11	1.07	0.95	33.47
24-Ago	380.64	3.85	9.48	0.82	1.44	0.53	2.85	16.38	1.33	1.15	0.96	34.93
25-Ago	379.09	3.83	9.73	1.03	1.53	0.55	2.71	16.47	1.65	1.35	0.94	35.96
26-Ago	378.83	3.79	9.70	0.85	1.36	0.48	2.90	15.53	0.91	0.97	0.96	33.65
27-Ago	377.71	3.34	8.34	0.85	1.60	0.55	2.71	13.86	1.33	1.30	0.97	31.52
28-Ago	380.02	3.99	9.54	0.91	1.48	0.48	2.59	16.91	1.12	1.04	0.95	35.02
29-Ago	378.82	3.98	10.32	0.90	1.29	0.50	2.79	16.76	1.44	1.05	0.93	36.00
30-Ago	380.06	3.93	10.23	1.03	1.39	0.47	2.83	16.57	1.64	1.14	1.00	36.29
31-Ago	378.82	4.77	11.41	0.43	1.18	0.47	2.63	20.74	0.74	0.48	1.01	39.08
<b>PROMEDIO</b>	<b>377.11</b>	<b>3.80</b>	<b>9.76</b>	<b>0.89</b>	<b>1.40</b>	<b>0.52</b>	<b>2.81</b>	<b>16.10</b>	<b>1.08</b>	<b>1.10</b>	<b>0.96</b>	<b>34.61</b>

Durante el mes de agosto, se considera un tonelaje promedio diario de acarreo de 377.11 t/viaje, con un tiempo de acarreo de 34.61 minutos y una distancia promedio de 3.80 km, considerando los destinos de zona de acopio y chancadora.

✓ Acarreo mes de setiembre

**Tabla 19. Tonelaje acarreado camión CAT 797F, mes de setiembre**

PRODUCCIÓN DIARIA DE ACARREO: CAMIONES CAT 797F												
ESCENARIO INICIAL: MES DE SETIEMBRE												
Mes	Toneladas (ton)	Distancia (km)	Viaje sin carga (min)	Tiempo Cola banco (min)	Tiempo acuatamiento banco (min)	Tiempo espera carga (min)	Tiempo cargulo (min)	Viaje con carga (min)	Tiempo cola destino (min)	Tiempo acuatamiento destino (min)	Tiempo descarga (min)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclo)
01-Set	379.57	5.12	12.20	1.08	1.58	0.53	2.84	21.55	0.14	0.26	1.00	41.18
02-Set	379.09	5.01	11.52	0.78	1.38	0.40	2.84	20.72	0.27	0.28	1.07	39.25
03-Set	377.25	4.72	11.65	0.75	1.25	0.46	2.86	19.67	0.24	0.30	1.11	38.28
04-Set	374.76	4.47	11.21	1.11	1.38	0.52	2.86	19.22	0.66	0.54	1.06	38.54
05-Set	376.15	4.71	11.50	0.64	1.14	0.46	2.80	20.13	0.44	0.53	1.06	38.70
06-Set	372.26	5.17	12.96	0.41	1.04	0.46	2.69	21.97	0.17	0.28	1.08	41.07
07-Set	373.88	4.96	12.61	0.79	1.17	0.51	2.75	20.92	0.29	0.60	1.05	40.72
08-Set	376.94	4.07	11.28	0.87	1.46	0.53	2.61	17.38	1.01	1.21	1.00	37.34
09-Set	375.99	3.81	10.39	0.66	1.60	0.58	2.43	16.36	1.02	1.16	1.00	35.20
10-Set	374.04	3.82	9.70	0.62	1.45	0.60	2.36	16.21	0.78	1.03	0.96	33.71
11-Set	373.75	3.74	10.05	0.69	1.61	0.50	2.54	16.01	0.70	0.88	0.97	33.94
12-Set	375.41	3.55	8.90	0.72	1.40	0.51	2.63	15.61	0.86	1.12	1.02	32.78
13-Set	373.45	3.84	9.72	0.98	1.67	0.58	2.54	16.28	0.89	1.33	1.02	35.02
14-Set	374.14	4.01	10.17	0.67	1.38	0.57	2.62	16.59	0.86	1.02	1.05	34.93
15-Set	374.43	4.12	10.24	0.64	1.23	0.59	2.69	17.04	0.96	1.25	1.05	35.70
16-Set	374.35	4.34	10.57	0.57	1.22	0.61	2.38	17.57	0.83	1.08	1.07	35.91
17-Set	379.86	4.37	10.61	1.53	1.78	0.66	2.59	18.59	1.78	1.53	0.99	40.06
18-Set	378.23	4.19	10.21	2.29	1.99	0.62	2.98	17.80	1.42	1.41	0.99	39.70
19-Set	377.73	3.81	10.31	2.33	2.13	0.64	3.33	16.28	1.72	1.58	0.96	39.29
20-Set	378.16	4.24	10.12	2.08	1.84	0.61	2.70	18.73	2.12	1.51	0.96	40.68
21-Set	378.72	3.37	8.90	2.27	1.77	0.53	3.10	14.38	1.70	1.44	1.00	35.08
22-Set	378.29	3.57	10.04	1.94	1.80	0.58	2.78	15.54	1.40	1.38	0.97	36.44
23-Set	380.24	3.56	11.47	1.73	1.91	0.62	2.56	15.70	1.67	1.48	0.96	38.11
24-Set	377.19	3.08	7.94	0.86	1.27	0.41	2.90	13.26	1.21	1.63	0.87	30.35
25-Set	381.45	3.59	9.60	2.28	2.17	0.65	2.36	15.03	1.41	1.40	0.97	35.87
26-Set	379.75	4.03	10.50	1.11	1.51	0.49	2.67	17.79	1.39	1.19	1.03	37.68
27-Set	380.82	4.09	11.23	1.42	1.38	0.53	3.03	17.10	0.80	0.82	1.01	37.33
28-Set	382.06	3.86	10.09	1.40	1.66	0.52	2.82	16.87	1.62	1.31	0.99	37.28
29-Set	378.47	3.69	9.27	1.34	1.22	0.39	3.11	15.50	1.09	1.06	0.97	33.94
30-Set	377.37	3.39	8.38	1.17	1.42	0.43	3.09	14.21	1.46	1.24	0.94	32.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>377.09</b>	<b>4.08</b>	<b>10.44</b>	<b>1.19</b>	<b>1.53</b>	<b>0.54</b>	<b>2.75</b>	<b>17.33</b>	<b>1.03</b>	<b>1.06</b>	<b>1.01</b>	<b>36.88</b>

Durante el mes de setiembre, se considera un tonelaje promedio diario de acarreo de 377.09 t/viaje, con un tiempo de acarreo de 36.88 minutos y una distancia promedio de 4.98 km, teniendo en cuenta los destinos de zona de acopio y chancadora.

El análisis de resultados durante el escenario mejorado (agosto y setiembre) considera los tonelajes acarreados promedios por ciclo, su tiempo del ciclo de acarreo y su distancia promedio, además el destino la zona de acopio y la chancadora, se observa una mejora en el tonelaje acarreado, con mayores distancias y mayor tiempo del ciclo de acarreo.

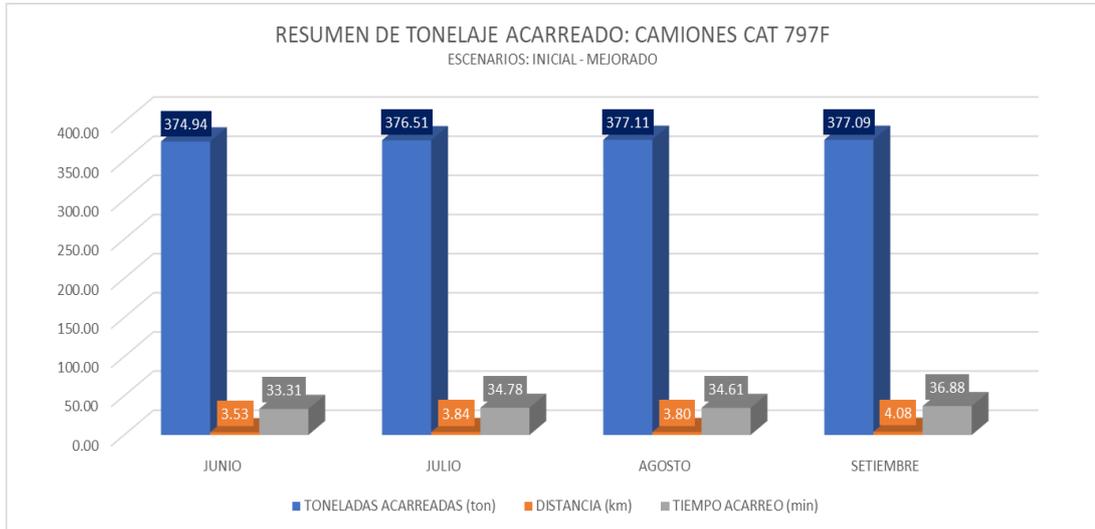
c) Resumen de tonelaje acarreado: escenarios inicial y mejorado

**Tabla 20. Resumen de tonelaje acarreado camión CAT 797F**

**RESUMEN PRODUCCIÓN DIARIA DE ACARREO: CAMIONES CAT 797F**

ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO

MES	ESCENARIO	Toneladas (ton)	Distancia (km)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclo)
JUNIO	INICIAL	374.94	3.53	33.31
JULIO	INICIAL	376.51	3.84	34.78
AGOSTO	MEJORADO	377.11	3.80	34.61
SETIEMBRE	MEJORADO	377.09	4.08	36.88
<b>PROMEDIO</b>		<b>376.41</b>	<b>3.81</b>	<b>34.90</b>



**Figura 17. Resumen de producción en camiones CAT 797F**

El promedio de toneladas acarreadas considera un promedio general de 376.41 t/ciclo con rangos de 374.94 a 377.11 t/ciclo, la distancia promedio es de 3.81 km con rangos de 3.53 a 4.08 km y un tiempo promedio de acarreo de 34.90 min/ciclo con rangos de 33.31 a 36.88 min/ciclo.

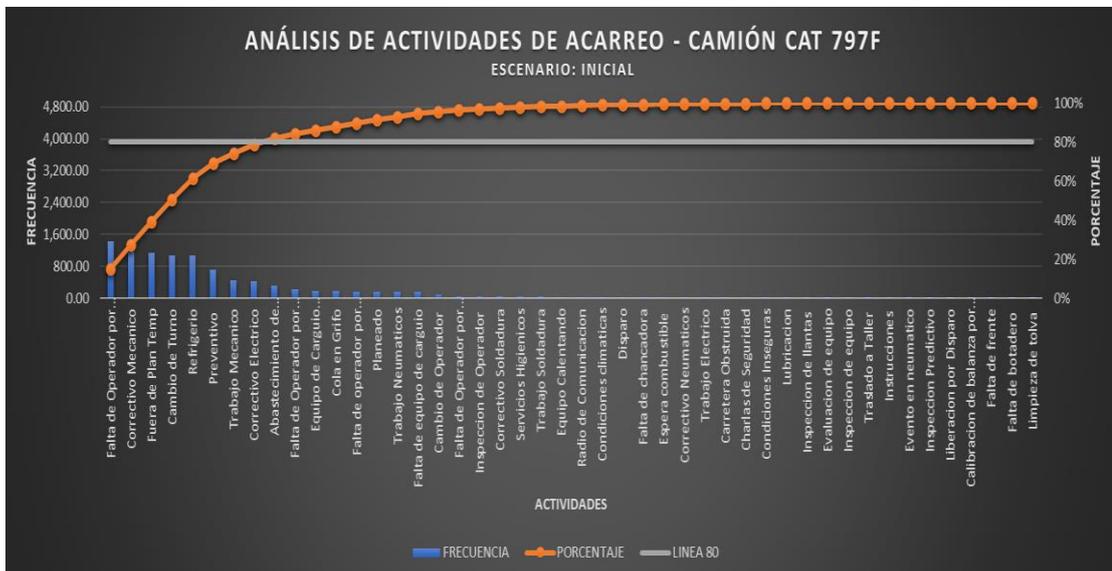
**4.4 Análisis de la pérdida de tiempo operacional: camiones Cat 797F**

Para determinar la pérdida de tiempo operacional de camiones CAT 797f en el proceso de acarreo, se considera el análisis de las diferentes actividades asociadas a este proceso, teniendo en cuenta la herramienta de Pareto. El análisis de Pareto considera el concepto del 80 – 20, donde el 20% de actividades del proceso de acarreo (desde el reparto de guardia hasta finalizado la guardia) representa el 80% de problemas asociados al proceso de acarreo. Para la presente tesis, se relaciona las actividades asociadas a los camiones CAT 797F con su tiempo asociado, durante los escenarios inicial y mejorado.

a) Análisis de las actividades de acarreo mediante Pareto: escenario inicial

**Tabla 21. Análisis de actividades de acarreo camión CAT 797F, escenario inicial**

ANÁLISIS DE ACTIVIDADES: CAMIONES CAT 797F				
ESCENARIO INICIAL				
ACTIVIDADES	FRECUENCIA HORAS	INCIDENCIA (%)	ACUMULADO	% ACUMULADO
Falta de Operador por bloqueo de carretera	1,426.48	15.00%	1,426.48	15.00%
Correctivo Mecanico	1,154.05	12.14%	2580.52	27.14%
Fuera de Plan Temp	1,134.14	11.93%	3714.66	39.07%
Cambio de Turno	1,078.59	11.34%	4793.26	50.42%
Refrigerio	1,064.76	11.20%	5858.02	61.62%
Preventivo	723.65	7.61%	6581.66	69.23%
Trabajo Mecanico	454.71	4.78%	7036.37	74.01%
Correctivo Electrico	431.19	4.54%	7467.56	78.55%
Abastecimiento de Combustible	321.49	3.38%	7789.05	81.93%
Falta de Operador por headcount	218.40	2.30%	8007.45	84.22%
Equipo de Carguio Inoperativo	181.17	1.91%	8188.61	86.13%
Cola en Grifo	174.81	1.84%	8363.42	87.97%
Falta de operador por descanso medico	167.12	1.76%	8530.54	89.73%
Planeado	159.40	1.68%	8689.93	91.40%
Trabajo Neumaticos	153.89	1.62%	8843.82	93.02%
Falta de equipo de carguio	149.35	1.57%	8993.17	94.59%
Cambio de Operador	97.41	1.02%	9090.58	95.62%
Falta de Operador por vacaciones	56.11	0.59%	9146.69	96.21%
Inspeccion de Operador	45.43	0.48%	9192.12	96.69%
Correctivo Soldadura	44.43	0.47%	9236.55	97.15%
Servicios Higienicos	44.00	0.46%	9280.55	97.62%
Trabajo Soldadura	43.35	0.46%	9323.90	98.07%
Equipo Calentando	34.91	0.37%	9358.81	98.44%
Radio de Comunicacion	26.94	0.28%	9385.74	98.72%
Condiciones climaticas	20.42	0.21%	9406.16	98.94%
Disparo	19.64	0.21%	9425.80	99.14%
Falta de chancadora	17.53	0.18%	9443.32	99.33%
Espera combustible	15.48	0.16%	9458.80	99.49%
Correctivo Neumaticos	13.09	0.14%	9471.90	99.63%
Trabajo Electrico	8.98	0.09%	9480.88	99.72%
Carretera Obstruida	5.09	0.05%	9485.97	99.78%
Charlas de Seguridad	3.41	0.04%	9489.38	99.81%
Condiciones Inseguras	3.15	0.03%	9492.53	99.85%
Lubricacion	2.79	0.03%	9495.33	99.87%
Inspeccion de llantas	2.58	0.03%	9497.91	99.90%
Evaluacion de equipo	2.03	0.02%	9499.94	99.92%
Inspeccion de equipo	1.59	0.02%	9501.54	99.94%
Traslado a Taller	1.52	0.02%	9503.05	99.96%
Instrucciones	1.35	0.01%	9504.40	99.97%
Evento en neumatico	1.06	0.01%	9505.46	99.98%
Inspeccion Predictivo	0.88	0.01%	9506.34	99.99%
Liberacion por Disparo	0.35	0.00%	9506.69	99.99%
Calibracion de balanza por operador	0.24	0.00%	9506.92	100.00%
Falta de frente	0.20	0.00%	9507.12	100.00%
Falta de botadero	0.07	0.00%	9507.19	100.00%
Limpieza de tolva	0.06	0.00%	9507.25	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>9,507.25</b>	<b>100.00%</b>		

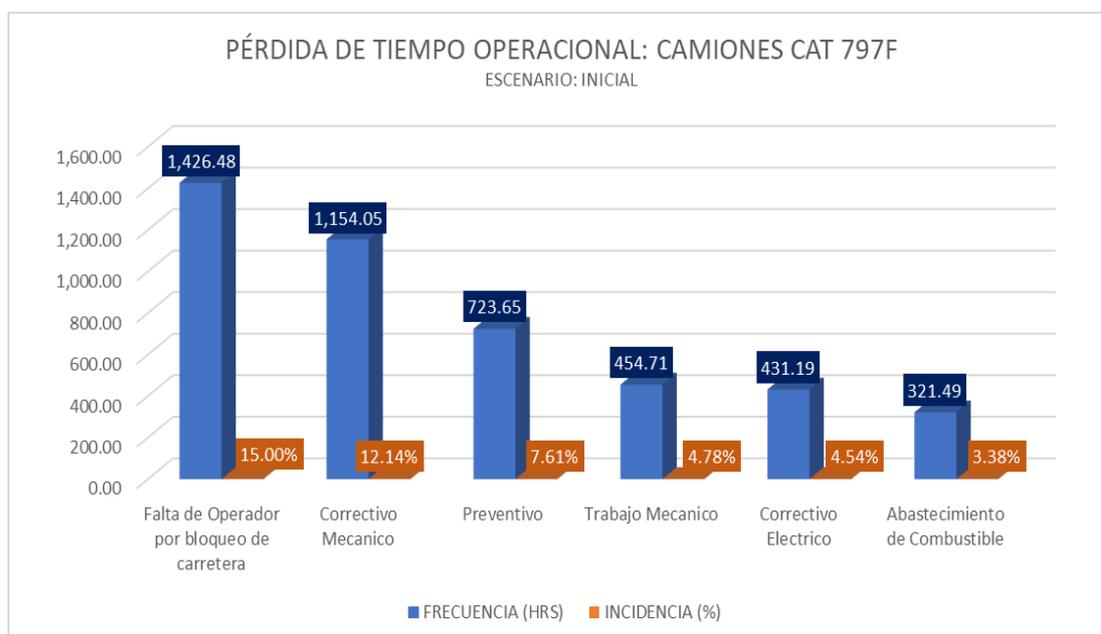


**Figura 18. Análisis de actividades de acarreo, camión CAT 797F, escenario inicial**

Durante el análisis de las actividades de acarreo en camiones CAT 797F en el escenario inicial, mediante la herramienta de Pareto, considera un total de 7,789.05 horas, el que representa el 81.93 % de actividades en el proceso de acarreo. Las actividades principales están asociadas en orden de incidencia a falta de operador por bloqueo de carretera, correctivo mecánico, fuera de plan temp, cambio de turno, refrigerio, preventivo, trabajo mecánico, correctivo eléctrico y abastecimiento de combustible. La pérdida de tiempo operacional durante el escenario inicial considera las siguientes actividades:

**Tabla 22. Pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F, escenario inicial**

PÉRDIDA DE TIEMPO OPERACIONAL: CAMIONES CAT 797F		
ESCENARIO: INICIAL		
ACTIVIDADES	FRECUENCIA (HRS)	INCIDENCIA (%)
Falta de Operador por bloqueo de carretera	1,426.48	15.00%
Correctivo Mecanico	1,154.05	12.14%
Preventivo	723.65	7.61%
Trabajo Mecanico	454.71	4.78%
Correctivo Electrico	431.19	4.54%
Abastecimiento de Combustible	321.49	3.38%
TOTAL	4,511.56	47.45%



**Figura 19. Pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F, escenario inicial**

La pérdida de tiempo operacional relacionado a las actividades operacionales de los camiones CAT 797F durante el escenario inicial consideran un total de 4,511.56 horas siendo sus actividades en mayor pérdida de tiempo: falta de operador por bloqueo de carretera, correctivo mecánico, preventivo, trabajo mecánico, correctivo eléctrico y abastecimiento de combustible.

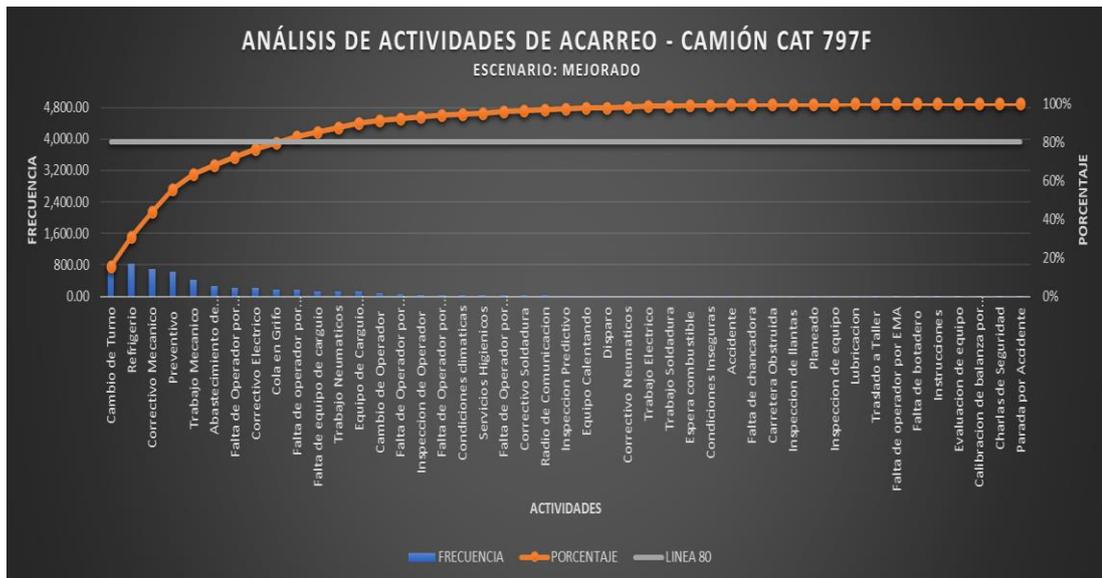
De las actividades que inciden directamente en los camiones CAT 797F en los procesos de acarreo en la pérdida de tiempo operacional en orden de importancia son: el correctivo mecánico con 1,154.05 horas con una incidencia del 12.14 %, el correctivo eléctrico con 431.19 horas con una incidencia del 4.54% y abastecimiento de combustible con 321.49 horas con una incidencia de 3.38 %, los que inciden directamente en el rendimiento de equipos de acarreo en la unidad minera.

La generación de programas de optimización y reducción de costos en los camiones CAT 797 de los procesos de acarreo deberían de estar asociadas a estas actividades.

b) Análisis de las actividades de acarreo mediante Pareto: escenario mejorado

**Tabla 23. Análisis de actividades de acarreo camión CAT 797F, escenario mejorado**

<b>ANALISIS DE ACTIVIDADES: CAMIÓN CAT 797F</b>				
ESCENARIO MEJORADO				
ACTIVIDADES	FRECUENCIA HORAS	INCIDENCIA (%)	ACUMULADO	% ACUMULADO
Cambio de Turno	840.26	15.66%	840.26	15.66%
Refrigerio	821.53	15.31%	1661.78	30.97%
Correctivo Mecanico	697.46	13.00%	2359.24	43.97%
Preventivo	620.10	11.56%	2979.34	55.53%
Trabajo Mecanico	410.46	7.65%	3389.80	63.18%
Abastecimiento de Combustible	269.39	5.02%	3659.18	68.20%
Falta de Operador por headcount	221.31	4.12%	3880.49	72.32%
Correctivo Electrico	215.14	4.01%	4095.64	76.33%
Cola en Grifo	180.65	3.37%	4276.29	79.70%
Falta de operador por descanso medico	169.89	3.17%	4446.17	82.87%
Falta de equipo de carguio	125.62	2.34%	4571.80	85.21%
Trabajo Neumaticos	123.60	2.30%	4695.40	87.51%
Equipo de Carguio Inoperativo	115.81	2.16%	4811.21	89.67%
Cambio de Operador	89.44	1.67%	4900.64	91.34%
Falta de Operador por vacaciones	56.99	1.06%	4957.63	92.40%
Inspeccion de Operador	45.36	0.85%	5002.99	93.24%
Falta de Operador por COVID	35.32	0.66%	5038.31	93.90%
Condiciones climaticas	34.84	0.65%	5073.15	94.55%
Servicios Higienicos	33.32	0.62%	5106.47	95.17%
Falta de Operador por bloqueo de carretera	29.54	0.55%	5136.01	95.72%
Correctivo Soldadura	29.54	0.55%	5165.54	96.27%
Radio de Comunicacion	23.28	0.43%	5188.82	96.71%
Inspeccion Predictivo	22.47	0.42%	5211.29	97.12%
Equipo Calentando	21.89	0.41%	5233.17	97.53%
Disparo	19.29	0.36%	5252.47	97.89%
Correctivo Neumaticos	17.74	0.33%	5270.21	98.22%
Trabajo Electrico	16.70	0.31%	5286.91	98.53%
Trabajo Soldadura	13.81	0.26%	5300.72	98.79%
Espera combustible	11.30	0.21%	5312.03	99.00%
Condiciones Inseguras	10.51	0.20%	5322.54	99.20%
Accidente	10.31	0.19%	5332.85	99.39%
Falta de chancadora	8.06	0.15%	5340.91	99.54%
Carretera Obstruida	5.54	0.10%	5346.45	99.64%
Inspeccion de llantas	3.31	0.06%	5349.75	99.71%
Planeado	3.26	0.06%	5353.01	99.77%
Inspeccion de equipo	3.12	0.06%	5356.13	99.82%
Lubricacion	2.55	0.05%	5358.68	99.87%
Traslado a Taller	2.33	0.04%	5361.01	99.92%
Falta de operador por EMA	2.12	0.04%	5363.13	99.95%
Falta de botadero	0.89	0.02%	5364.01	99.97%
Instrucciones	0.56	0.01%	5364.57	99.98%
Evaluacion de equipo	0.42	0.01%	5364.99	99.99%
Calibracion de balanza por operador	0.26	0.00%	5365.25	99.99%
Charlas de Seguridad	0.26	0.00%	5365.51	100.00%
Parada por Accidente	0.04	0.00%	5365.55	100.00%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>5,365.55</b>	<b>100.00%</b>		

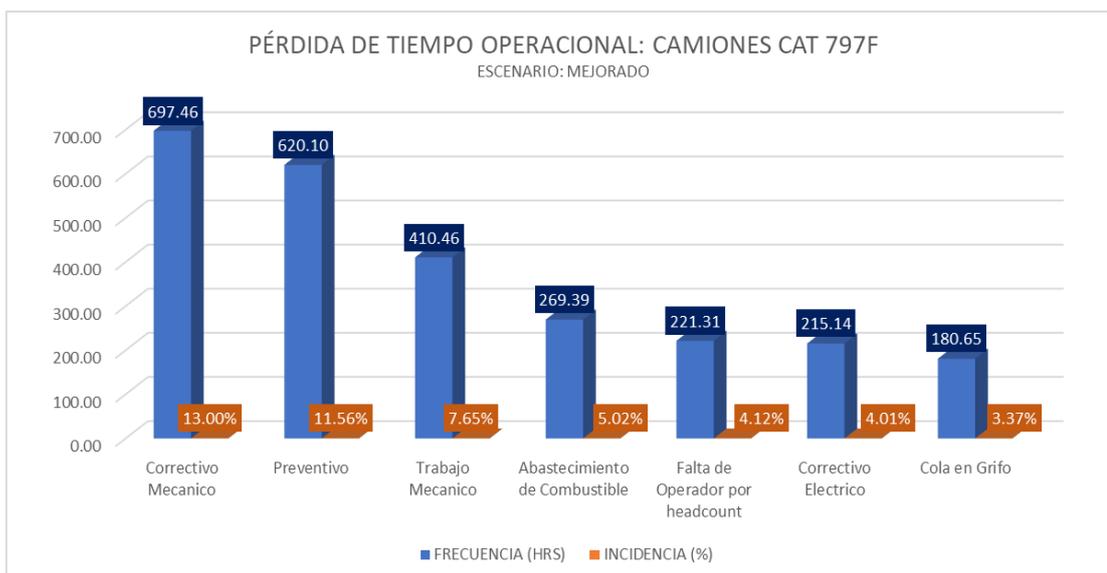


**Figura 20. Análisis de actividades de acarreo, camión CAT 797F, escenario mejorado**

Durante el análisis de las actividades de acarreo en camiones CAT 797F en el escenario mejorado, mediante la herramienta de Pareto, considera un total de 5,365.55 horas, el que representa el 79.70 % de actividades en el proceso de acarreo. Las actividades principales están asociadas en orden de incidencia a: cambio de turno, refrigerio, correctivo mecánico, preventivo, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, falta de operador por headcount, correctivo eléctrico y cola en grifo. La pérdida de tiempo operacional durante el escenario mejorado considera las siguientes actividades:

**Tabla 24. Pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F, escenario mejorado**

PÉRDIDA DE TIEMPO OPERACIONAL: CAMIONES CAT 797F		
ESCENARIO: MEJORADO		
ACTIVIDADES	FRECUENCIA (HRS)	INCIDENCIA (%)
Correctivo Mecanico	697.46	13.00%
Preventivo	620.10	11.56%
Trabajo Mecanico	410.46	7.65%
Abastecimiento de Combustible	269.39	5.02%
Falta de Operador por headcount	221.31	4.12%
Correctivo Electrico	215.14	4.01%
Cola en Grifo	180.65	3.37%
TOTAL	2,614.50	48.73%



**Figura 21. Pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F, escenario mejorado**

La pérdida de tiempo operacional relacionado a las actividades operacionales de los camiones CAT 797F durante el escenario mejorado consideran un total de 2,614.50 horas siendo sus actividades en mayor pérdida de tiempo: correctivo mecánico, preventivo, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, falta de operador por headcount, correctivo eléctrico y cola en grifo.

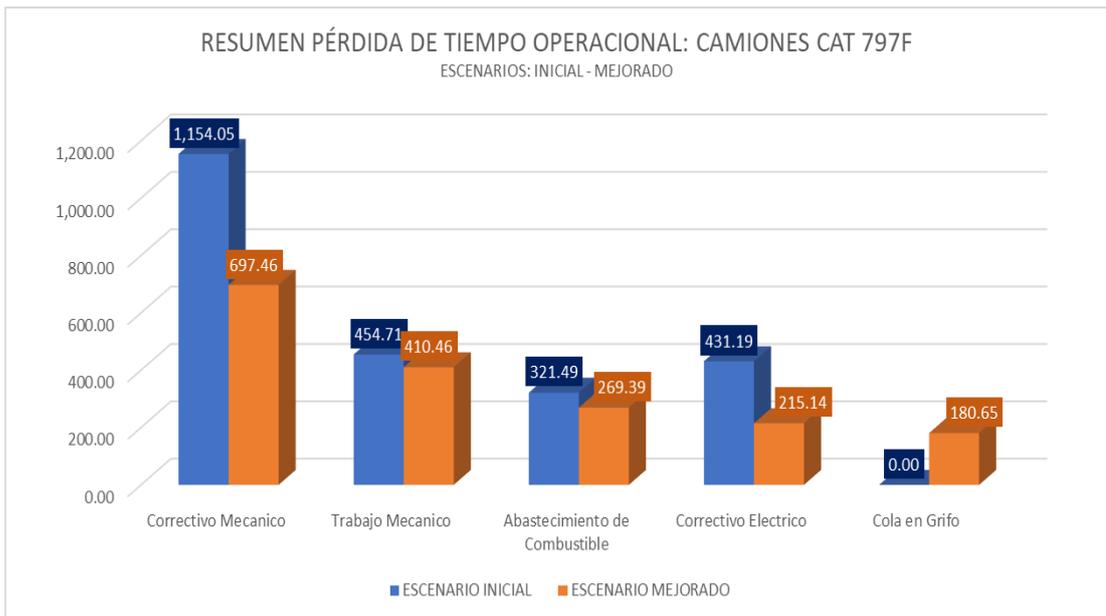
De las actividades que inciden directamente en los camiones CAT 797F en los procesos de acarreo en la pérdida de tiempo operacional en orden de importancia son: el correctivo mecánico con 697.46 horas con una incidencia del 13.0 %, abastecimiento de combustible con 269.39 horas con una incidencia del 5.02 %, el correctivo eléctrico con 215.14 horas con una incidencia del 4.01% y cola en grifo con 180.65 horas con una incidencia del 3.37 %, los que inciden directamente en el rendimiento de equipos de acarreo en la unidad minera.

**c) Resumen de actividades de acarreo: camión CAT 797F**

Como se observa en el análisis de las actividades en camiones CAT 797F, durante el segundo periodo, se genera una menor pérdida de tiempo operacional, siendo los resultados expresados en la siguiente tabla.

**Tabla 25. Resumen de pérdida de tiempo operacional, camión CAT 797F**

RESUMEN DE PÉRDIDA DE TIEMPO OPERACIONAL: CAMIONES CAT 797F		
ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO		
ACTIVIDADES	ESCENARIO INICIAL	ESCENARIO MEJORADO
Correctivo Mecanico	1,154.05	697.46
Trabajo Mecanico	454.71	410.46
Abastecimiento de Combustible	321.49	269.39
Correctivo Electrico	431.19	215.14
Cola en Grifo	0.00	180.65
<b>TOTAL</b>	<b>2,361.43</b>	<b>1773.10</b>



**Figura 22. Resumen de pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F**

De acuerdo al análisis realizado en las actividades de los camiones CAT 797F en procesos de acarreo, se considera un total de pérdidas de tiempo operacional de 2,361.43 horas durante el escenario inicial (junio y julio) y de 1,773.10 horas durante el escenario mejorado (julio y agosto). Las actividades que incidieron en la pérdida de tiempo operacional en ambos escenarios fueron: correctivo mecánico, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, correctivo eléctrico y cola en grifo.

#### 4.5 Validación de la hipótesis

Los resultados obtenidos, mediante el análisis de los indicadores operacionales, considera el comportamiento operacional de las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup> determinando la relación del tonelaje cargado con el ciclo de tiempo de carguío, así mismo, la relación del tonelaje acarreado de camiones CAT 797F con el tiempo del ciclo de acarreo y distancia de acarreo.

Asimismo, se considera el análisis de las actividades asociadas al proceso de acarreo como la pérdida de tiempo operacional, relacionando a sus actividades unitarias de los camiones CAT 797F, durante los periodos de estudio, para validar las hipótesis planteadas.

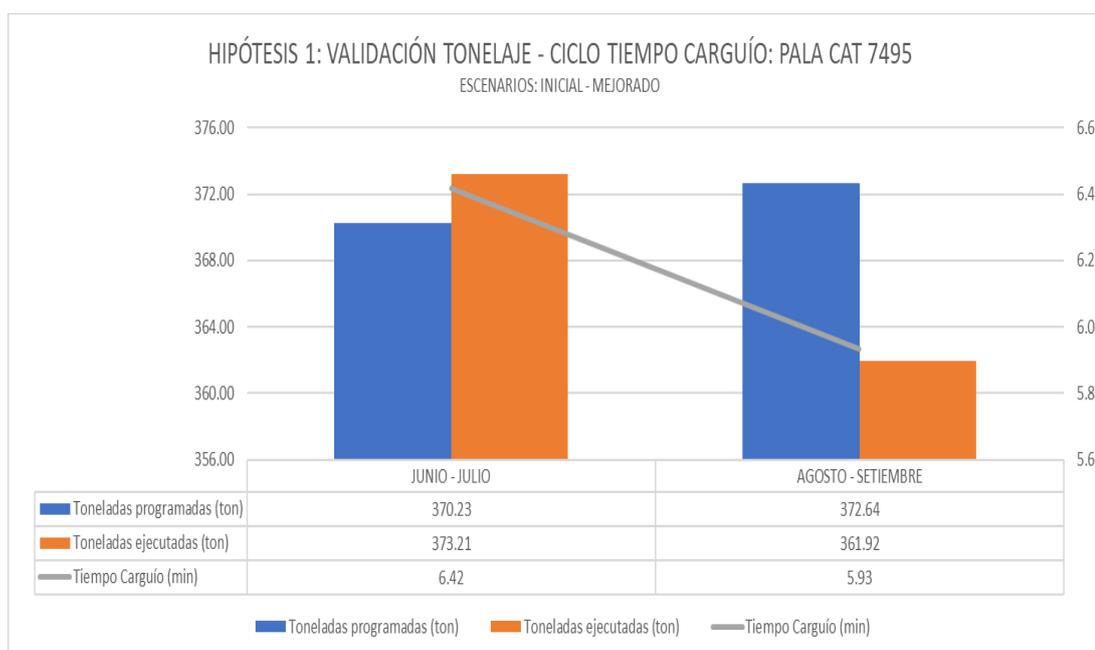
a) Hipótesis 1: relación del tonelaje con el ciclo de tiempo de carguío

La validación de la primera hipótesis está relacionado al tonelaje con el ciclo de tiempo de carguío. La producción analizada considera el tonelaje programado y el tonelaje ejecutado, teniendo en cuenta la variabilidad de la densidad de material y el tiempo de carguío. La variabilidad geológica presente en la unidad minera como sistemas pórfido y zonas de *skarn*, implica una variabilidad de la densidad en los diferentes frentes de producción y la cual influye directamente en la capacidad efectiva de las palas eléctricas CAT 7495 de 82 yd<sup>3</sup>, durante los periodos evaluadas.

**Tabla 26. Hipótesis 1: validación del tonelaje - tiempo ciclo de carguío**

**HIPÓTESIS 1: VALIDACIÓN TONELAJE - CICLO DE TIEMPO CARGUÍO: PALA CAT 7495**  
 ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO

PERIODO	ESCENARIO	Toneladas Ejecutadas (ton/viaje)	Toneladas programadas (ton/viaje)	Densidad (kg/m3)	Tiempo Carguío (min)	DIFERENCIA (ton/viaje)
JUNIO - JULIO	INICIAL	370.23	373.21	2.32	6.42	-2.98
AGOSTO - SETIEMBRE	MEJORADO	372.64	361.92	2.25	5.93	10.72
<b>MEJORA</b>		<b>2.41</b>	<b>-11.28</b>	<b>-0.07</b>	<b>-0.48</b>	<b>7.74</b>



**Figura 23. Validación del tonelaje – ciclo tiempo carguío, pala CAT 7495**

El tonelaje programado y ejecutado con palas CAT 7495 durante el escenario inicial considera un déficit de 2.98 t/viaje, mientras que en el escenario mejorado se observa un incremento en el tonelaje cargado de 10.72 t/viaje. Esta mejora fue producto de un mejor control de la granulometría observada durante el año anterior con un P80 promedio de 2.45” y 51% finos (< 1”). Así mismo, una reducción de densidad en ambos escenarios analizados de 2.32 a 2.25 kg/m<sup>3</sup> y un menor tiempo de carguío de 6.42 a 5.93 minutos.

b) Hipótesis 2: relación del tonelaje con variables operacionales de acarreo

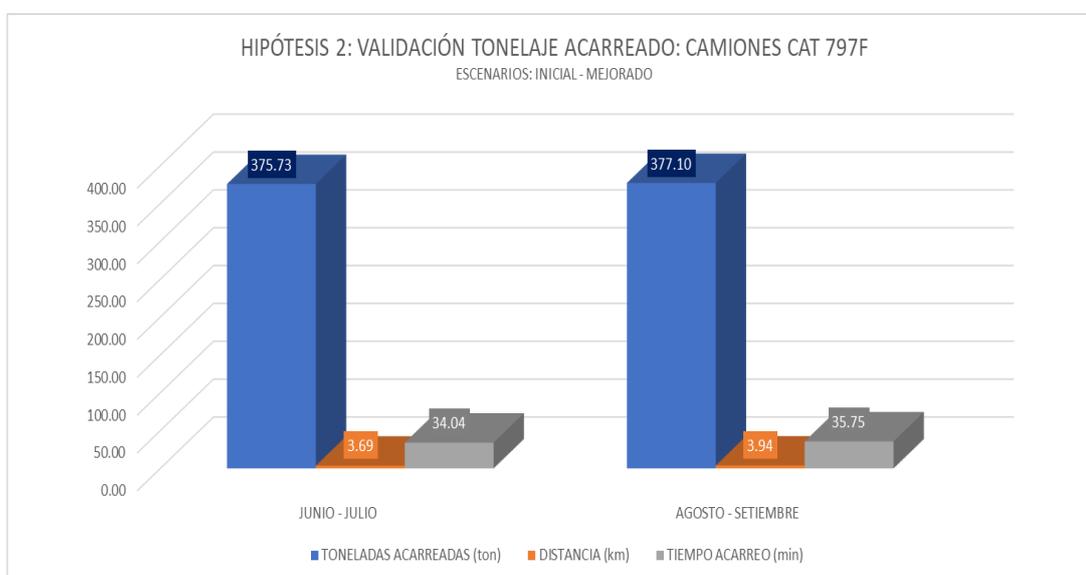
La validación del tonelaje con variables de acarreo en camiones CAT 797F considera la relación del tonelaje acarreado con la distancia desde los bancos hasta la zona de acopio y chancadora, así como el tiempo total de acarreo. Los resultados obtenidos tienen en cuenta una relación directa entre los camiones de acarreo CAT 797F (400 /363 t) con el rendimiento de los equipos de carguío palas CAT 7495, los que inciden en el tonelaje acarreado, considerando 4 pases para ser llenados.

**Tabla 27. Hipótesis 2: tonelaje acarreado con variables operacionales**

**HIPÓTESIS 2. VALIDACIÓN TONELAJE ACARREADO: CAMIONES CAT 797F**

ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO

MES	ESCENARIO	Toneladas (ton/ciclo)	Distancia (km)	TIEMPO TOTAL ACARREO (min/ciclo)
JUNIO - JULIO	INICIAL	375.73	3.69	34.04
AGOSTO - SETIEMBRE	MEJORADO	377.10	3.94	35.75
<b>MEJORA</b>		<b>1.38</b>	<b>0.25</b>	<b>1.70</b>



**Figura 24. Validación hipótesis: producción procesada**

El análisis del tonelaje acarreado en los escenarios inicial y mejorado son de 375.73 y 377.10 t/ciclo, con una mejora de 1.38 t/ciclo en el segundo escenario. Esta mejora del tonelaje

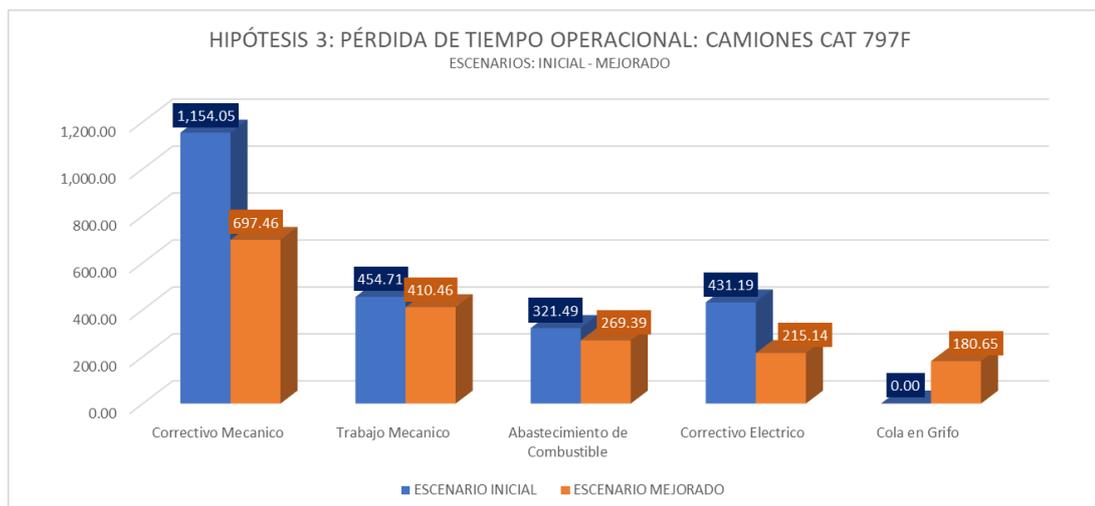
considera un incremento en la distancia de acarreo de 3.69 a 3.94 km, con un incremento de 0.25 km., este mayor incremento en distancia está relacionado a un mayor tiempo de acarreo de 34.04 a 35.75 minutos, con 1.70 minutos mayor. El mayor tonelaje acarreado es producto de un mejor control del grado de fragmentación expuesto en el análisis de carguío con un mejor *dig rate* o tasa de excavación, en los periodos de análisis.

c) Hipótesis 3: validación de la pérdida de tiempo en camiones CAT 797F

El análisis de la pérdida de tiempo operacional, en camiones CAT 797F, considera la relación de las actividades de acarreo desde el reparto de guardia hasta la finalización de esta, identificando las principales actividades operacionales que inciden en la pérdida de tiempo en el proceso de acarreo de los camiones CAT 797F.

**Tabla 28. Hipótesis 3: pérdida de tiempo operacional, camiones CAT 797F**

HIPÓTESIS 3: PÉRDIDA DE TIEMPO OPERACIONAL: CAMIONES CAT 797F			
ESCENARIOS: INICIAL - MEJORADO			
ACTIVIDADES	ESCENARIO INICIAL	ESCENARIO MEJORADO	MEJORA
Correctivo Mecanico	1,154.05	697.46	<b>456.59</b>
Trabajo Mecanico	454.71	410.46	<b>44.25</b>
Abastecimiento de Combustible	321.49	269.39	<b>52.10</b>
Correctivo Electrico	431.19	215.14	<b>216.04</b>
Cola en Grifo	0.00	180.65	<b>-180.65</b>
<b>PÉRDIDA DE TIEMPO (HRS)</b>	<b>2,361.43</b>	<b>1773.10</b>	<b>588.33</b>



**Figura 25. Validación hipótesis: pérdida de tiempo operacional camiones CAT 797F**

Los resultados analizados entre los escenarios inicial y mejorado indican una disminución de 2,361.43 horas a 1,773.10 horas. Esta reducción de pérdida de tiempo operacional está relacionado principalmente a las siguientes actividades y su disminución en el escenario mejorado: correctivo mecánico (456.59 horas), trabajo mecánico (44.25 horas), abastecimiento de combustible (52.10 horas) y correctivo eléctrico (216.04 horas), siendo la actividad cola en

grifo (- 180.65 horas) generándose en el periodo mejorado, lo que implica un mejor control en este ítem evaluado.

Finalmente, el presente estudio realizó el análisis de los indicadores operacionales en equipos de acarreo camiones CAT 797F (400/362 t) para la mejora del rendimiento de acarreo en la unidad minera. La mejora de los indicadores operacionales en el segundo periodo (escenario mejorado) se orientó a la mejora del tonelaje cargado con palas eléctricas CAT 7495 de 83 yd<sup>3</sup>, así como el tonelaje acarreado asociado a la distancia y tiempo de acarreo, para luego analizar las diferentes actividades en camiones CAT 797F y determinar la pérdida de tiempo operacional, incidiendo en el proceso de acarreo.

## CONCLUSIONES

1. El objetivo principal del presente estudio es la mejora del rendimiento de camiones CAT 797F considerando el análisis de los indicadores operacionales en los procesos de acarreo de la unidad minera durante los escenarios inicial (junio y julio) y el escenario mejorado (agosto y setiembre). Los parámetros analizados están relacionados al estudio de los equipos de carguío y acarreo.
2. El tonelaje cargado programado por viaje (4 pases) durante el desarrollo del estudio (junio a setiembre) fue de 367.56 t/viaje y el ejecutado fue de 371.43 t/viaje con una mejora de 3.87 t/viaje, con un tiempo de carguío promedio de 6.17 minutos. Estos resultados, durante el estudio, fueron producto del control de la granulometría posterior a la voladura y mejor control de la densidad asociada a los diferentes frentes de producción y reducción en el tiempo de carguío.
3. El tonelaje cargado programado y ejecutado con palas CAT 7495 durante el escenario inicial considera un déficit de 2.98 t/viaje, mientras que en el escenario mejorado se observa un incremento en el tonelaje cargado de 10.72 t/viaje. Esta mejora fue producto de un mejor control de la granulometría observada durante el año anterior con un P80 promedio de 2.45” y 51% finos (< 1”). Así mismo, una reducción de densidad en ambos escenarios analizados de 2.32 a 2.25 kg/m<sup>3</sup> y un menor tiempo de carguío de 6.42 a 5.93 minutos.
4. El promedio de toneladas acarreadas considera un promedio general de 376.41 t/ciclo con rangos de 374.94 a 377.11 t/ciclo, la distancia promedio es de 3.81 km con rangos de 3.53 a 4.08 km y un tiempo promedio de acarreo de 34.90 min/ciclo con rangos de 33.31 a 36.88 min/ciclo.
5. El análisis del tonelaje acarreado en los escenarios inicial y mejorado son de 375.73 y 377.10 t/ciclo, con una mejora de 1.38 t/ciclo en el segundo escenario. Esta mejora del tonelaje considera un incremento en la distancia de acarreo de 3.69 a 3.94 km, con un incremento de 0.25 km, este mayor incremento en distancia está relacionado a un mayor tiempo de acarreo de 34.04 a 35.75 minutos, con 1.70 minutos mayor. El mayor tonelaje acarreado es producto de un mejor control del grado de fragmentación expuesto en el análisis de carguío con un mejor *dig rate* o tasa de excavación, en los periodos de análisis.
6. De acuerdo al análisis realizado en las actividades de los camiones CAT 797F en procesos de acarreo, se considera un total de pérdidas de tiempo operacional de 2,361.43 horas

durante el escenario inicial (junio y julio) y de 1,773.10 horas durante el escenario mejorado (julio y agosto). Las actividades que incidieron en la pérdida de tiempo operacional en ambos escenarios fueron: correctivo mecánico, trabajo mecánico, abastecimiento de combustible, correctivo eléctrico y cola en grifo.

7. La reducción de pérdida de tiempo operacional está relacionado principalmente a las siguientes actividades durante el escenario mejorado: correctivo mecánico (456.59 horas), trabajo mecánico (44.25 horas), abastecimiento de combustible (52.10 horas) y correctivo eléctrico (216.04 horas), siendo la actividad cola en grifo (- 180.65 horas) generándose en el periodo mejorado, lo que implica un mejor control en este ítem evaluado.
8. Finalmente, el presente estudio realizó el análisis de los indicadores operacionales en equipos de acarreo camiones CAT 797F (400/362 t) para la mejora del rendimiento de acarreo en la unidad minera. La mejora de los indicadores operacionales en el segundo periodo (escenario mejorado) se orientó a la mejora del tonelaje cargado con palas eléctricas CAT 7495 de 83 yd<sup>3</sup>, así como el tonelaje acarreado, considerando la distancia y tiempo de acarreo para luego analizar las diferentes actividades en camiones CAT 797F y determinar la pérdida de tiempo operacional, incidiendo en el proceso de acarreo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda seguir realizando estudios similares considerando parámetros asociados a la variabilidad geológica como tipo de roca, alteración asociada, dureza, índice de volabilidad, etc. en los procesos de carguío y acarreo.
2. Se recomienda realizar estudios del grado de fragmentación posterior a la voladura con diferentes mallas de perforación y voladura y su influencia en las palas eléctricas CAT 7497 y camiones de acarreo CAT 797F.
3. Se recomienda analizar los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo considerando los indicadores de utilización, disponibilidad y horas efectivas operacionales.
4. Se recomienda analizar la información asociada a los indicadores operacionales de equipos de carguío y acarreo de periodos anteriores y generar modelos de predictibilidad en los diferentes frentes de operación y en el cumplimiento de los planes de minado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PIPÓN, Angelina. Servicio de optimización de combustible en camiones de transporte en minería. Plan de negocios (Grado de Magíster en Administración). Santiago: Universidad de Chile, 2023, 78 pp.
2. RIVERA, Milton. Plan de incremento de productividad de camiones de extracción y palas eléctricas en operación minera. Tesis (Grado de magíster en Gestión y Dirección de Empresas). Santiago: Universidad de Chile, 2020, 41 pp.
2. AGUIRRE, Johann y MONCADA, Jason. Optimización del factor de acoplamiento para reducir costos de producción de mineral en una mina a tajo abierto, 2023. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2023, 66 pp.
3. CABANILLAS, Ronny. Aplicación de la teoría de colas para incrementar la producción en el proceso de carguío y acarreo en una mina de cobre del sur del Perú, 2021. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2023.
4. NEYRA, Augusto. Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2020, 146 pp.

## **ANEXOS**

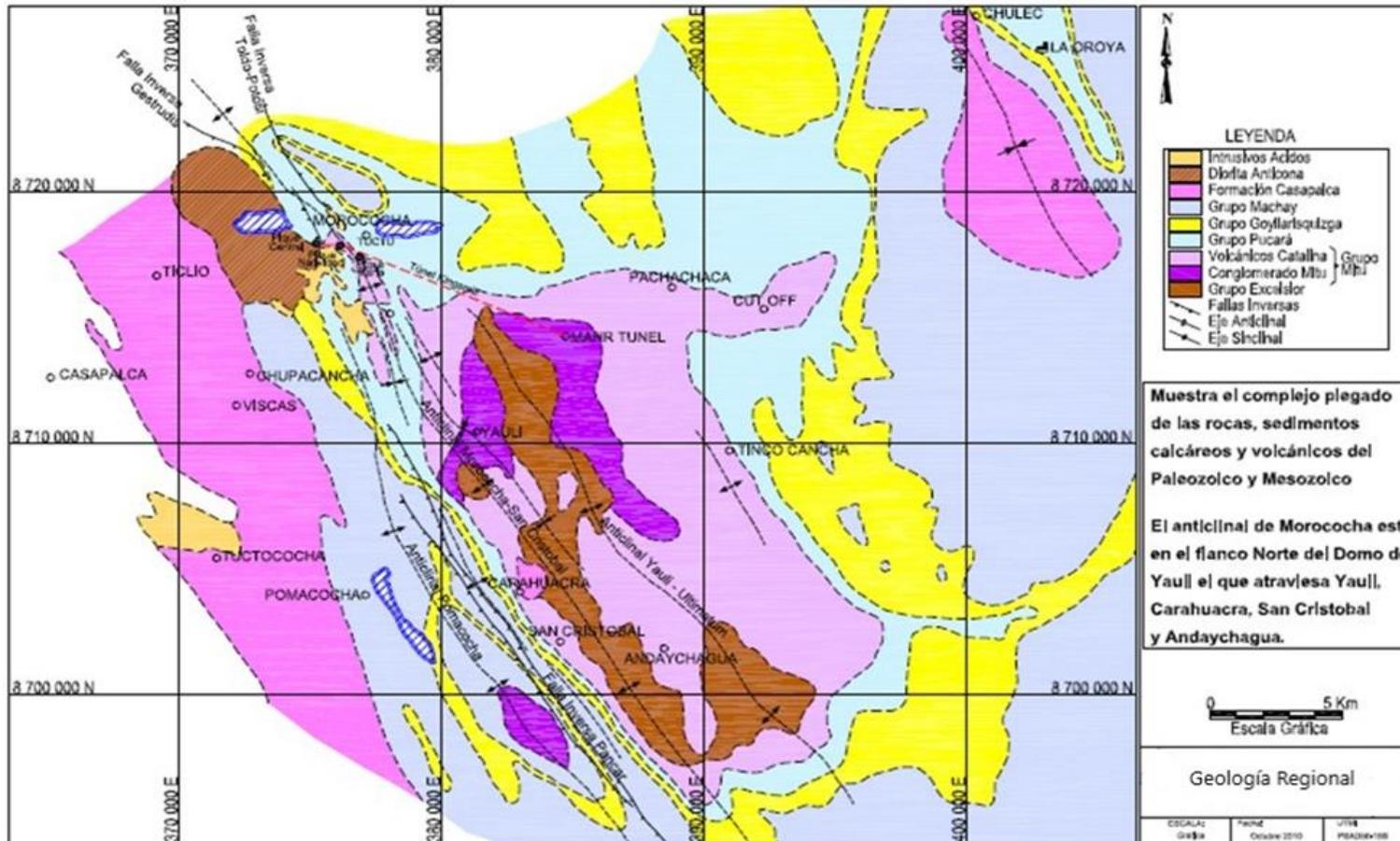
## Anexo 1

### Matriz de operacionalización de variables

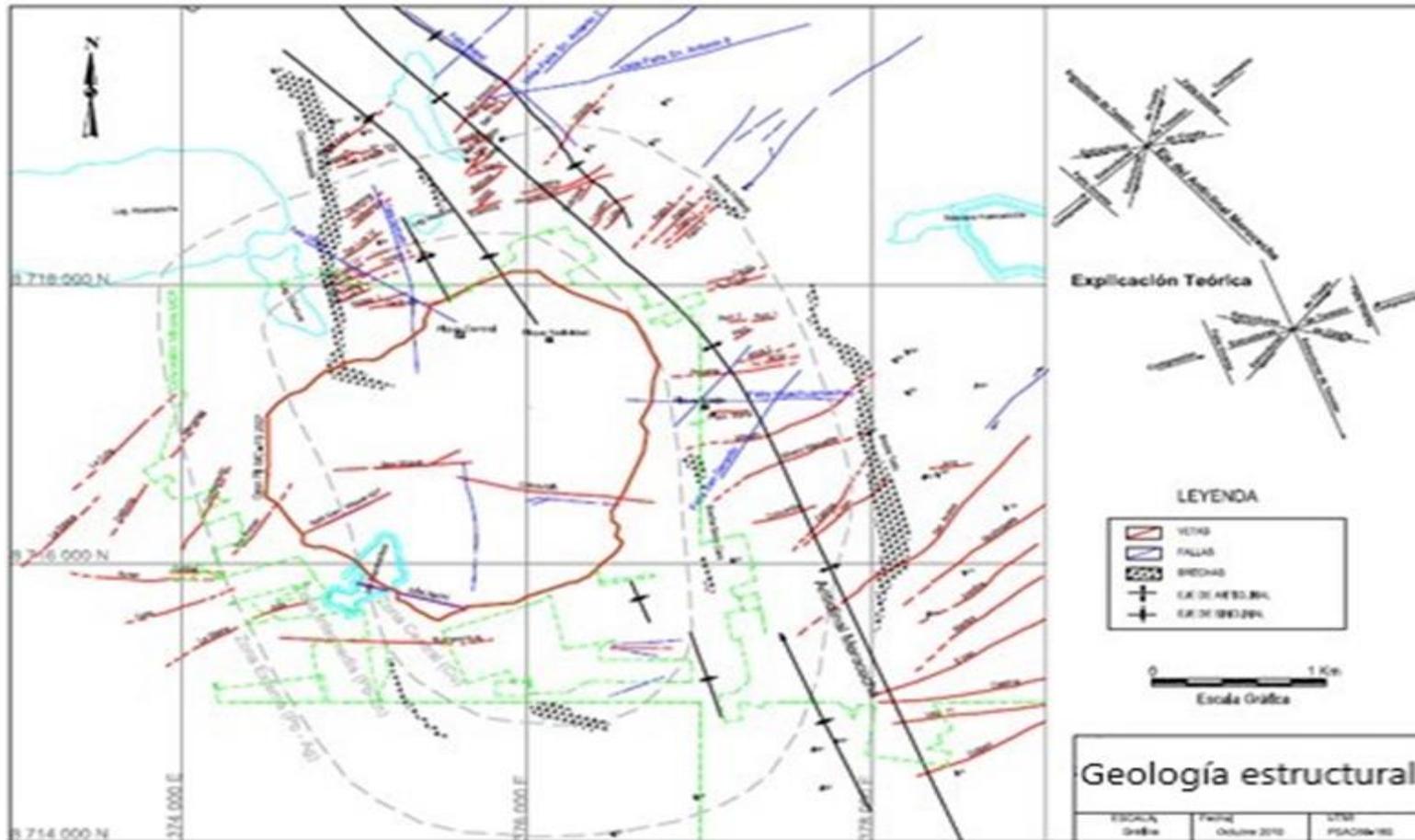
**Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Mejora del rendimiento en procesos de acarreo.	Dentro de la estructura de costos operacionales, el proceso de acarreo influye en gran medida, sobre todo en operaciones con el movimiento de altos tonelajes como lo es en minería a tajo abierto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geológicos</li> <li>• Geomecánicos</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	Modelo geológico  Modelo geomecánico  Indicadores operacionales	Tipo de yacimiento, litología, leyes, etc.  Propiedades físicas, dureza, densidad, etc.  Tonelaje, valor mineral, recuperación metalúrgica, etc.
VD:  Análisis de los indicadores operacionales en camiones CAT 797F.	El constante control del rendimiento de los equipos de acarreo como es el caso del camión CAT 797F de 400 toneladas de capacidad es de vital importancia, para el control de sus costos y mejora del rendimiento operacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de operación.</li> <li>• Indicadores de rendimiento.</li> </ul>	de Acarreo  Operacionales	Perfil acarreo, distancia, tiempo tonelaje acarreado, etc..  Granulometría post voladura, capacidad efectiva, densidad, material, etc.

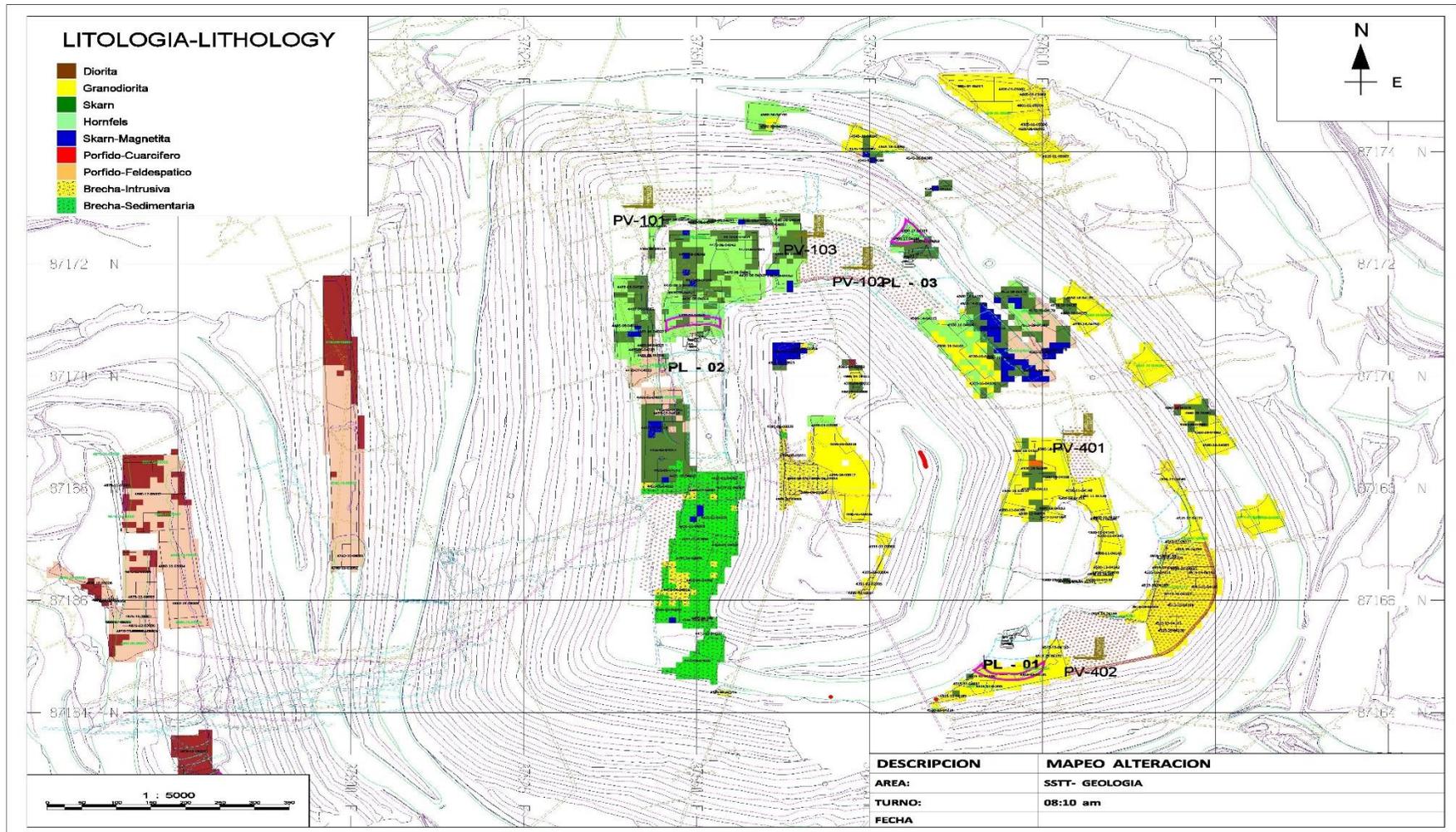
**Anexo 2**  
**Planos en planta y perfil**



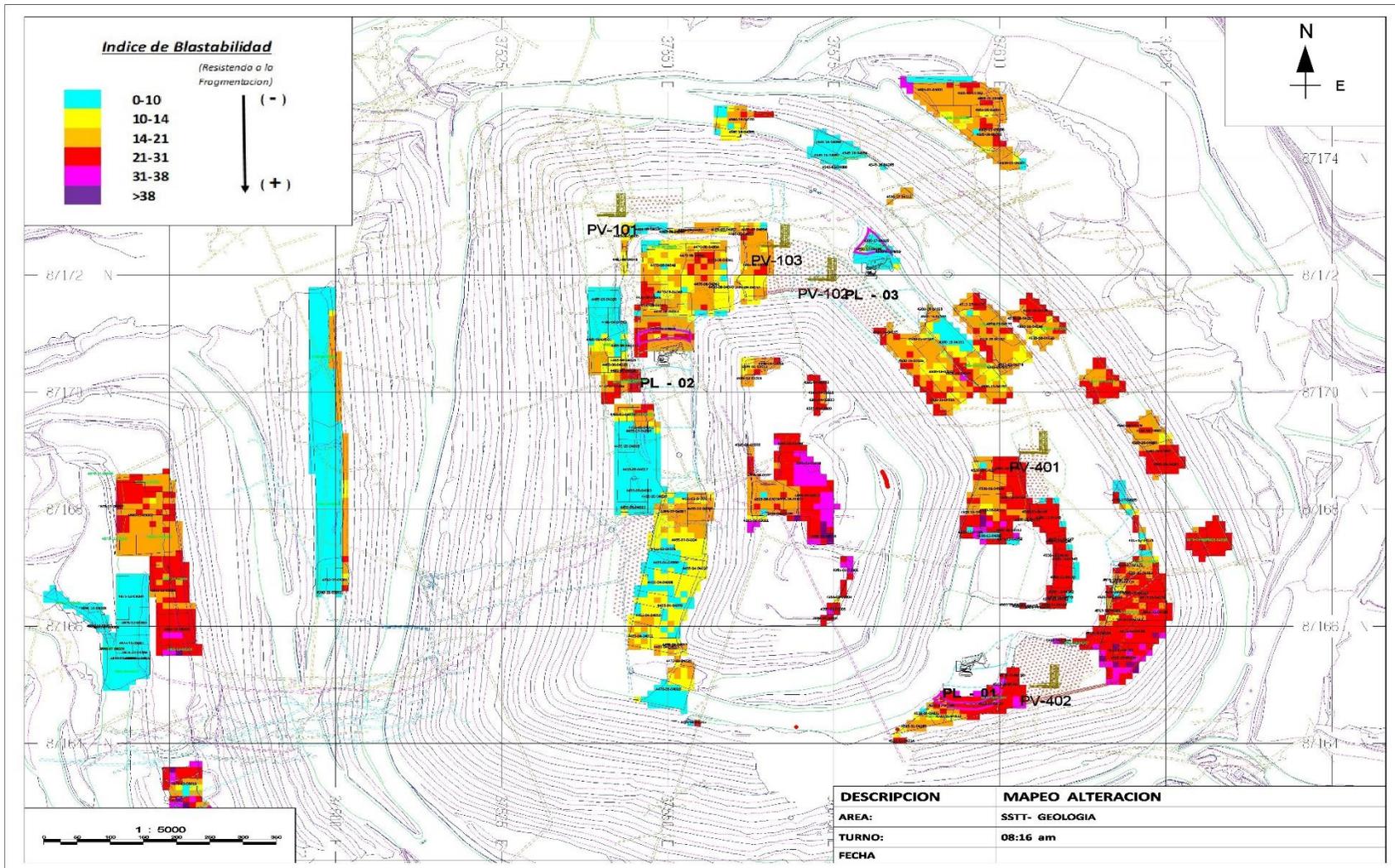
*Figura 2. Geología regional  
Tomada del Área Geología*



*Figura 3. Geología estructural  
Tomada del Área Geología*



*Figura 7. Producción mensual, asociado a su litología.  
Tomada del Área de Planeamiento*



*Figura 8. Producción mensual, asociado a su índice de blastabilidad.  
Tomada del Área de Planeamiento*

### Anexo 3

#### Fotos – Proceso acarreo



*Figura 6. Equipo de carguío, pala Cat 7495  
Tomada del Área de Planeamiento*



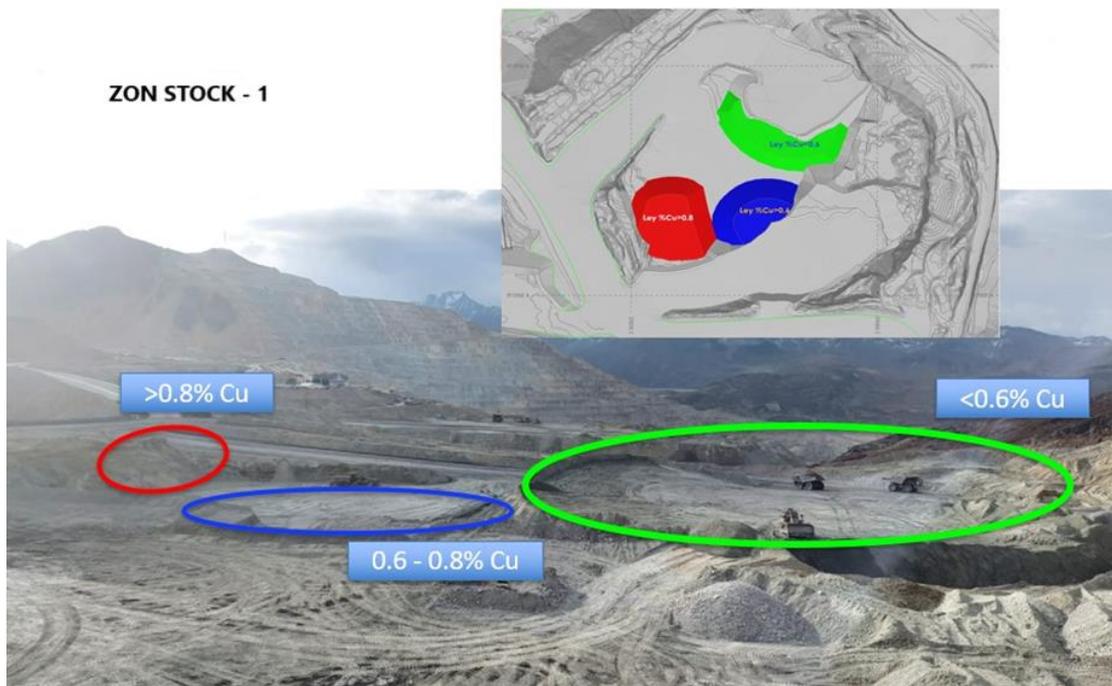
*Figura 5. Equipo de acarreo, camión CAT 797F.  
Tomada del Área de Planeamiento*



*Figura 9. Espera de camiones CAT 797F en la chancadora*



*Figura 10. Equipos de acarreo descargando material en la chancadora*



*Figura 15. Zonas de stock en el área de producción*



*Figura 25. Material post voladura, zona de trabajo*