

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA SELECCIÓN DE
EQUIPO DE ACARREO, "CARRO MINERO Z-20"
VERSUS "MINI DÚMPER", EN MINERÍA
CONVENCIONAL DE LA U.P.
SANTA ROSA, 2022**

TESIS

Presentada por:

Bach. Flor de María Pongo Cáceres

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA SELECCIÓN DE EQUIPO DE ACARREO, "CARRO MINERO Z-20" VERSUS "MINI DÚMPER", EN MINERÍA CONVENCIONAL DE LA U.P. SANTA ROSA, 2022

Tesis sustentada y aprobada el 22 de Julio del 2024, estando el Jurado Calificador integrado por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

1er. MIEMBRO
(SECRETARIO)


.....
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

2do. MIEMBRO
(VOCAL)


.....
MSc. Salomón Merdano Ortiz Quintanilla

ASESOR


.....
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Julio Miguel Fernández Prado, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 07353-2022-FAIN/UNJBG de la tesis titulada:

"ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA SELECCIÓN DE EQUIPO DE ACARREO, "CARRO MINERO Z-20" VERSUS "MINI DÚMPER", EN MINERÍA CONVENCIONAL DE LA U.P. SANTA ROSA, 2022", presentada por el Bachiller Flor de María Pongo Cáceres con código N° 2011-101055, para optar título profesional de Ingeniero de Minas. Que, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del **software de similitud textual TURNITIN** cuenta con el **nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 5 %** Por lo que, **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para la obtención de título profesional, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

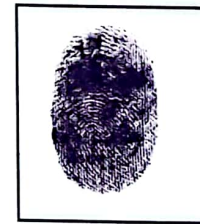
FIRMA ASESOR



Nombres y apellidos: Dr. Julio Miguel Fernández Prado

ORCID: 0000 - 0002 - 3243 - 4255

DNI: 29400045



Huella digital

FIRMA TESISTA



Nombres y apellidos: Bachiller Flor de María Pongo Cáceres

DNI: 72905068



Huella digital

DEDICATORIA

A Dios, y a mi familia por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, y brindarme todo su apoyo incondicional para la realización de este trabajo. A todas las personas que formaron parte de mi desarrollo y aportaron a mi formación tanto personal como profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en especial a mi querida alma mater “Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann” y docentes. A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formar parte de esta prestigiosa universidad y por comprender en muchas ocasiones mis múltiples actividades.

Muchas gracias a todos.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema	4
1.1.1. Antecedentes del problema	4
1.1.2. Problemática de la investigación	6
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. Justificación e importancia	8
1.4. Alcances y limitaciones	9
1.5. Objetivos	10

1.5.1. Objetivo general	10
1.5.2. Objetivos específicos	10
1.6. Hipótesis	11
1.6.1. Hipótesis general	11
1.6.2. Hipótesis específicas	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio	12
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Generalidades de costo	17
2.2.2. Clasificación de costo	17
2.2.3. Determinación del costo de posesión y operación	19
2.2.4. Costos de posesión	20
2.2.5. Costo de operación	23
2.2.6. Transporte y acarreo en la minería	26
2.2.7. Acarreo y transporte en minería subterránea convencional	28
2.2.8. Tiempo total del ciclo de acarreo y transporte	31
2.2.9. Productividad de equipos	34
2.2.10. Factores que influyen en la productividad	34
2.2.11. Cálculos de productividad del equipo	35
2.2.12. Mantenimiento de equipos	37

2.2.13. Ventajas del mantenimiento de un equipo	38
2.3. Definición de términos	38
2.3.1. Costo	38
2.3.2. Gasto	39
2.3.3. Costo unitario	39
2.3.4. Tiempo fijo	39
2.3.5. Tiempo variable	39
2.3.6. Productividad de un equipo	40
2.3.7. Producción de un equipo	40
2.3.8. Tiempo total	40
2.3.9. Lubricación	40
2.3.10. Revisión	41
2.3.11. Limpieza	41
2.3.12. Inspección	41

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación	42
3.2. Población y muestra	43
3.3. Operacionalización de variables	43
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	46
3.5. Procesamiento y análisis de datos	49

3.5.1. Recolección de datos	49
3.5.2. Procesamiento de datos	57
3.5.3. Análisis de datos con estadística descriptiva	60

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación	73
4.2. Análisis y pruebas del contraste de hipótesis	74
4.2.1. Productividad del sistema de acarreo	74
4.2.2. Producción y cumplimiento del sistema de acarreo	75
4.2.3. Tiempo de operación del sistema de acarreo	78
4.2.4. Costo unitario del sistema de acarreo	80
4.3. Discusión de resultados	82
4.3.1. Resultado de productividad	82
4.3.2. Resultado de producción y cumplimiento	83
4.3.3. Resultado de tiempo de operación	83
4.3.4. Resultado de costo unitario	84
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	90

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia	91
Anexo 2. Especificaciones Técnicas del Mini Dumpers	92
Anexo 3. Ruta de Acarreo Bz 480 Destino Mineral	93
Anexo 4. Ruta de Acarreo Bz 520 Destino Mineral	94
Anexo 5. Ruta de Acarreo Bz 550 Destino Desmonte	95
Anexo 6. Control del Sistema de Acarreo con Carro Minero Z-20	96
Anexo 7. Control del Sistema de Acarreo con Mini Dumpers	97
Anexo 8. Registro Producción del Sistema de Acarreo Carro Minero Z-20	98
Anexo 9. Registro Producción del Sistema de Acarreo con Mini Dumpers	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Tasa anual de interés activa promedio de mercado efectiva	22
Tabla 2 Tasa de interés activa promedio de mercado efectiva	22
Tabla 3 Tasa de interés activa promedio de mercado efectiva	24
Tabla 4 Vida útil promedio de neumáticos o llantas	26
Tabla 5 Operacionalización de variables independientes	44
Tabla 6 Operacionalización de variables dependientes	44
Tabla 7 Operacionalización de variables asociadas	45
Tabla 8 Comparativo de equipos del sistema de acarreo	54
Tabla 9 Costo de acarreo diario con carro minero Z-20	55
Tabla 10 Costo de acarreo diario con mini dumpers	56
Tabla 11 Resultado de comparación de equipos	61
Tabla 12 Resultado de las variables de estudio	62
Tabla 13 Prueba de normalidad de variables	70
Tabla 14 Análisis estadístico descriptivo sistema acarreo carro minero Z-2071	
Tabla 15 Análisis estadístico descriptivo sistema acarreo mini dumpers	71
Tabla 16 Análisis de homogeneidad de varianzas	72
Tabla 17 Resumen de resultados por fragmentador	73
Tabla 18 Prueba hipótesis para el indicador productividad	75
Tabla 19 Prueba hipótesis para el indicador producción	77

Tabla 20 Prueba hipótesis para el indicador cumplimiento	78
Tabla 21 Prueba hipótesis para el indicador tiempo de operación	80
Tabla 22 Prueba hipótesis para el indicador costo unitario	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Distribución de costos de operación	19
Figura 2 Tipos de transporte	27
Figura 3 Sistema de acarreo y transporte con locomotora a batería	28
Figura 4 Sistema de acarreo y transporte con Mini Dumpers	29
Figura 5 Sistema de acarreo y transporte con carro minero Z-20	31
Figura 6 Tiempo total del ciclo de acarreo en minería convencional	32
Figura 7 Tiempo de ciclo de acarreo con carro minero Z-20	50
Figura 8 Tonelaje y # viaje con carro minero Z-20	51
Figura 9 Tiempo de ciclo de acarreo con mini dumpers	52
Figura 10 Tonelaje y # viaje con mini dumpers	52
Figura 11 Producción de sistema de acarreo con carro minero Z-20	53
Figura 12 Producción de sistema de acarreo con mini dumpers	53
Figura 13 Tendencia productividad por sistemas de acarreo	63
Figura 14 Tendencia producción por sistemas de acarreo	64
Figura 15 Tendencia cumplimiento por sistemas de acarreo	65
Figura 16 Tendencia tiempo de operación por sistemas de acarreo	66
Figura 17 Tendencia costos unitarios por sistemas de acarreo	67
Figura 18 Caja bigotes variables productividad, producción y cumplimiento	68
Figura 19 Caja bigotes variables tiempo de operación y costo unitario	69

RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo principal, mejorar la productividad en el sistema de acarreo, con la implementación de los mini dumpers eléctricos en la unidad productiva Santa Rosa. La investigación es cuantitativa con diseño descriptivo cuasi experimental, debido a la toma de datos en el proceso de acarreo, con los resultados generados de la investigación se logró confirmar la factibilidad de implementación de los mini dumpers a las operaciones de acarreo en minería convencional, incrementando la producción de tonelaje, disminuyendo los tiempos operativos y los tiempos de gestión en requerimiento de recursos. El estudio permitió satisfacer los requerimientos de planta en el menor tiempo proyectado, asimismo, los mini dumpers generaron un mayor avance en el desarrollo de las labores mineras, acarreando mineral y desmonte de forma dinámica, logrando reducir los costos de y tiempos de acarreo en la operación, generando beneficios considerables.

Palabras clave: productividad, acarreo, mini dumpers.

ABSTRACT

The main objective of this study is to improve productivity in the hauling system, with the implementation of Electric Mini Dumpers in the Santa Rosa production unit. The research is quantitative with a quasi-experimental descriptive design, due to the collection of data in the hauling process, with the results generated from the research it was possible to confirm the feasibility of implementing mini dumpers to hauling operations, increasing the production of tonnage, reducing times and resource requirements in the operation. After the feasibility and production study, it was possible to satisfactorily fulfill the orders of the beneficiation plant in the shortest time projected. Likewise, the mini dumpers will allow greater progress in the development of mine work, hauling ore and waste. With the implementation of the electric mini dumpers, production costs were lowered, hauling times reduced in the operation, generating considerable benefits for the mining unit.

Keywords: productivity, hauling, mini dumpers.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, se lleva a cabo la extracción de oro en todas las formas y dimensiones, desde la explotación de minas de pórfido con tecnología avanzada hasta la minería artesanal utilizando métodos no tecnificados para extraer el metal precioso. Además, existe la minería ilegal que extrae este metal precioso y pone en peligro la vida de los trabajadores. El presente estudio de investigación se lleva a cabo en el proyecto Santa Rosa y se emplea el método de explotación convencional de minería subterránea debido a la naturaleza del yacimiento, que son depósitos Filonianos del tipo de relleno de fracturas y que contienen principalmente oro y otros metales como el cobre, plata y hierro, que son de menor importancia. La extracción se realiza mediante corte y relleno ascendente. Los carros mineros modelo Z-20, que tienen una capacidad de 0,41 m³, lo que equivale a 1,25 toneladas por viaje, se utilizan en la minería. Estos carros deben ser empujados por dos o tres trabajadores para transportar los minerales y materiales estériles, lo que significa que los requerimientos de la planta no se cumplen en su totalidad. El estudio actual, que consta de cuatro capítulos, llamado "Aplicación del Mini Dumper Eléctrico para Mejorar la

Productividad del Sistema de Acarreo de La U.P. Santa Rosa", se ha creado bajo esta premisa.

En el Capítulo I, se establece el Planteamiento del Problema; haciendo referencia a la problemática de la investigación, antecedentes del problema en la U.P. Santa Rosa, formulación del problema enfocado a la mejorar de la productividad para la selección adecuada del equipo de acarreo, justificación e importancia del estudio, alcances y limitaciones de la investigación, objetivos e hipótesis de investigación.

En el Capítulo II, estudiaremos el Marco Teórico; para establecer los lineamientos y conceptos trascendentes del estudio, antecedentes del estudio, bases teóricas para entender y analizar los resultados de productividad en la selección del equipo de acarreo adecuado para la operación, desde un enfoque de producción, tiempo y costo; y la respectiva definición de términos empleados en la presente investigación.

En el Capítulo III, desarrollaremos el Marco Metodológico; se hace referencia al tipo y diseño de investigación; población y muestras tomadas en la U.P. Santa Rosa, operacionalización de variables del estudio en referencia a los objetivos planteados, técnicas e instrumentos utilizados

para la recolección de datos, procesamiento y análisis de datos, para obtener los resultados del presente estudio.

Los hallazgos, la comparación de hipótesis y la discusión de los hallazgos se presentarán en el Capítulo IV, Resultados y Discusión. Finalmente, esta investigación se complementa con sus resultados, sugerencias y referencias bibliográficas correspondientes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Antecedentes del problema

La industria minera se caracteriza por aplicar la mejora continua en sus procesos, con el objetivo de minimizar costos y aumentar su producción. Según Gerens (2021) menciona que: “La disrupción continua ha presentado nuevos riesgos y oportunidades para la minería. La forma en que respondan será fundamental para el éxito de la industria en 2021”. De acuerdo a lo señalado, es indispensable la aplicación de la investigación para ejercer una competitividad y éxito en la minería. La gestión del transporte y/o acarreo en la minería es fundamental y clave para determinar una productividad que beneficie a la empresa, siendo esta una de las actividades de mayor costo en minería. Esam (2019) menciona en que:

Uno de los desafíos de la industria minera es disminuir costos de transporte, pero manteniendo la calidad del servicio. Esto sucede aún más en medianas empresas o en firmas tercerizadas

encargadas de esta parte de la logística. Aunque existe una fuerte inversión en este sector, en los últimos años no ha cambiado mucho el costo. El gasto del transporte en minería representa hasta un 44 % de todo el costo logístico desde el 2010, según el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP).

El uso tradicional de “carros mineros Z-20” está siendo reemplazado por introducción comercial de “mini dumpers” mayormente en la minería convencional. La comparación de estos equipos trae una incertidumbre en cuanto la productividad en cuanto a costo-beneficio. Sin embargo, los elementos claves para su selección dependerán, de acuerdo a Equipo Minero (2014) lo siguiente:

[...] los elementos básicos de la selección de equipos [...], tales como el tamaño apropiado para las condiciones del sitio, la concordancia correcta de pasadas entre cargadores y camiones y la configuración correcta de las máquinas para una seguridad, confiabilidad y mantención óptimas, son válidos y tal vez incluso más críticos en las operaciones subterráneas, donde el tamaño y la capacidad de los equipos de la flota e individuales se ven a menudo condicionados por las limitaciones del espacio de trabajo.

Por lo tanto, los antecedentes precedentes de análisis serán clave para la toma de decisiones de forma cuantitativas (y no solamente cualitativas) como se ve reflejado en la mayoría de pequeñas y artesanales empresas mineras.

1.1.2. Problemática de la investigación

La identificación estará respaldada en el análisis de los equipos de acarreo (carro minero Z-20 contra mini dumper) en cuanto a sus características técnicas como: rendimientos, capacidades, dimensiones, mantenimiento, vida útil, entre otros. Por otro lado, se deben identificar los temas de adquisividad comercial de los equipos, pues es un tema muy importante para la garantía y mantenimiento de los mencionados equipos.

Para la formulación del problema abordarán las preguntas concernientes a los equipos (carro minero Z-20 y mini dumper) como: ¿Qué ventajas y desventajas ofrecen los equipos de acarreo en minería convencional?, ¿En cuánto es la diferencia de costos de producción de cada equipo?, ¿Qué rendimientos técnicos en cuanto a productividad

ofrecen tales equipos? Por lo tanto, la pregunta general y específica se menciona de manera cuantitativa.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existe una diferencia significativa de productividad entre los equipos de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” en minería convencional?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” respecto a la producción en minería convencional?
- b) ¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” respecto al tiempo de operación del ciclo de acarreo en minería convencional?

- c) ¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” respecto al costo en minería convencional?

1.3. Justificación e importancia

La justificación se basa principalmente en la importancia de mejorar la productividad, reducción de costos y aumento de la producción, de las labores de extracción de materiales como como desmonte y mineral en la pequeña minería y minería artesanal. La búsqueda de nuevas alternativas de equipos tecnológicos hace posible el análisis de investigación a priori, aumentando la productividad, no dejando de lado la seguridad en cuanto al bienestar humano, de procesos y medio ambiental.

La demanda del mini dumper versus el carro minero Z-20 en minería convencional hace posible hacer este tipo de análisis de acuerdo a las ventajas que ofrecen cada uno. El costo de cada equipo, así como el pago a los trabajadores que manejan tales equipos involucran diferencias en cuanto a la rentabilidad del uso y mantenimiento son otros aspectos relevantes para tal investigación. El análisis de los equipos mencionados brindará datos cuantitativos para la toma de decisiones en cuanto a su

selección de otras labores o empresas mineras convencionales a fin de mejorar o mantener su productividad.

1.4. Alcances y limitaciones

La investigación presenta un alcance operativo, enfocado en el mejoramiento de la producción, tiempo y costo del acarreo correspondiente a las operaciones mineras. La investigación se limitó a los trabajos de acarreo con el equipo minero Z-20, donde está determinada por la aplicación de energía mecánica; es decir, que tales equipos son manejados por dos o más trabajadores a fuerza bruta; mientras que la limitante del equipo de mini dumper esta ejercido por energía de combustión, diésel principalmente, o energía eléctrica por lo que su suministro es importante, y requerirá de una inversión inicial para su implementación.

En la mayoría de casos los equipos convencionales como el “carro minero Z-20” brinda un estándar en cuanto a sus dimensiones, es posible utilizarlo en la mayoría de labores mineras, mientras que el equipo de mini dumper viene de diferentes dimensiones por su comercialidad, por lo tanto,

es importante limitar su compra de acuerdo a las condiciones de accesibilidad en los frentes de trabajo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la productividad que presenta los equipos de acarreo “carro minero Z-20” versus “mini dumper” en minería convencional.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la producción del equipo de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” en minería convencional.
- b) Determinar los tiempos de operación del ciclo de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” en minería convencional.
- c) Calcular los costos operacionales de los equipos de acarreo “mini dumper” versus “carro minero Z-20” en minería convencional.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El equipo de acarreo de “mini dumper” es más productivo con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

1.6.2. Hipótesis específicas

- a) El equipo de acarreo “mini dumper” genera una mayor producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- b) El equipo de acarreo “mini dumper” presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- c) El equipo de acarreo “mini dumper” genera un menor costo operacional con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Anchiraico & Rojas (2020) En la investigación *“Optimización del Sistema de Acarreo y Transporte en Labores de Preparación de las Zonas de Profundización Mediante la Metodología Six Sigma Operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada”*, se indica que:

[...] se estudia la implementación de la metodología Six Sigma para la optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de la zona de profundización. Estableciéndose que el acarreo y transporte son las etapas con menor eficiencia, generando deficiente ciclo operativo y excesivos consumos de combustible, llantas, repuestos y, por consiguiente, una menor productividad. La finalidad del estudio se basa en optimizar los tiempos improductivos en el proceso de acarreo en las labores de explotación aplicando la metodología Six Sigma, a fin de constituir un modelo de gestión de calidad (p. iii).

Alva Rodríguez (2019) En la investigación *“Mejora Continua en el Proceso Operativo de Carguío y Acarreo de Material para Aumentar la Productividad, Minera Hudbay-Cusco 2017”*. Se establece que:

[..]proponer procedimientos en el proceso productivo de carguío y acarreo de minerales, optimizando los tiempos, con la finalidad de aumentar la producción e ingresos económicos. La investigación se basa en el estudio de eficiencia de operación de la maquinaria, la falta de capacitación, desconocimiento de las metas, disponibilidad de los operadores, factores climatológicos, sociales, entre otros. Se aplicaron metodologías de encuestas y cuestionarios. La investigación obtuvo la reducción de los costos innecesarios, los tiempos muertos de los camiones de acarreo y la productividad mediante el establecimiento de procedimientos estandarizados para la generación de pedidos, la gestión del transporte, la planificación adecuada y la programación de envíos (p. xi).

Leon Flores (2019) En la investigación *“Análisis de la Implementación de la Transición de Equipos de Transporte Dumper a Volquete en una mina subterránea”*, establece que:

[...] Los costos de carguío y acarreo representan el porcentaje mayor en los costos operativos anuales de las unidades mineras y esto se debe a la cantidad de mineral que se extrae anualmente y al rendimiento del sistema de transporte de cada mina. Los sistemas de transporte de mineral cumplen un rol importante desde el punto de vista operativo pues es el encargado de que el mineral explotado sea llevado hasta la planta procesadora y que se cumpla el tonelaje diario transportado de mineral; además, desde el punto de vista económico el hecho de reducir los costos en el transporte de mineral representará una utilidad mayor anual que se reflejará en el flujo de caja de la organización (p. 2).

Maccha Valle (2018) En la investigación “*Selección y Rendimiento de Equipo Pesado en la Mina Subterránea de Compañía Minera Atacocha S.A.A.*”, establece que:

[...] La selección de equipo es uno de los más difíciles problemas que tiene que afrontar, basado en el costo, conveniencia y experiencia en el uso. Debido a que los costos de adquisición y operación de los equipos mineros se incrementan actualmente, es esencial poner énfasis en el rendimiento de un equipo que se

determina por la producción y los costos de los mismos. Algunos de los elementos significativos que forman el factor del costo como el combustible y lubricantes, la vida y servicio de los neumáticos, accesorios y gastos de reparación de los componentes. Un equipo que inicialmente cumple con el rendimiento requerido, se irá deteriorando con el uso. Mediante un mantenimiento eficiente se puede mantener el equipo en estado de operatividad continua, hasta cumplir su vida útil especificada (pp. xvi – xvii).

Quispe Mamani (2017) En la investigación *“Optimización de Costos de Acarreo con Equipo Mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo CIA, de Minas Buenaventura Arequipa”*, se establece que:

[...] En su etapa inicial se ha analizado el costo del equipo, el ciclo de acarreo del equipo utilizado en las operaciones, determinándose el rendimiento del equipo en base a los tiempos óptimos tales como tiempo de limpieza de un frente, tiempo de ida, sin carga, tiempo de retorno, con carga, y rendimiento del equipo (p. viii).

Álvarez Huanca (2014) En la investigación "*Cálculo de la Productividad de Equipos de Acarreo y Transporte - Unidad Minera de Arcata*", se establece que:

[...] Una de las etapas de mayor importancia del proceso del minado, involucra el transporte o acarreo, es por ello que esta debe de ejecutarse de la manera más eficiente y eficaz posible para poder cumplir con los programas de producción establecidos por la organización. La Unidad Operativa Arcata [...] ha considerado un crecimiento promedio de 11,76 % en su producción propia anual. Debido a las constantes exigencias en la producción, seguridad en el trabajo y así como señalar los cambios y profundización de los puntos de carguío y extracción, es necesario realizar un estudio de tiempos que nos permitan poder calcular la productividad de estos equipos, para la mejora de la producción de manera cualitativa y cuantitativa, en el tiempo de jornada laboral, con el mejor uso de los recursos, y al más bajo costo posible (p. 2).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de costo

El costo, según Cruz Lezama (2007), se puede definir como “el sacrificio económico que hace una organización para obtener objetivos a futuro”. El costo es una inversión en actividades y recursos que generan ganancias. Es una representación financiera de las operaciones realizadas y los elementos utilizados. Los procesos de producción, distribución y administración se muestran en términos monetarios. (UNAM, 2003).

2.2.2. Clasificación de costo

Los costos se clasifican en función de diversos criterios, dentro de los que se destacan los siguientes.

- a) En cuanto a su función; los costos se clasifican de acuerdo con las operaciones que reflejan y pueden ser de investigación y desarrollo, de ingeniería del producto, de producción, de distribución y promoción, de servicio al cliente y de estrategia de administración.

- b) Por su asignación; estos se clasifican como costos directos e indirectos, los costos directos corresponden a costos de insumos o actividades que se pueden identificar y cuantificar en un objeto de costos que tengan relación directa con la producción, mientras que los costos indirectos, constituyen al conjunto de gastos que no se pueden identificar y cuantificar en un objeto de costos, son los gastos directos que no se pueden aplicar directamente.

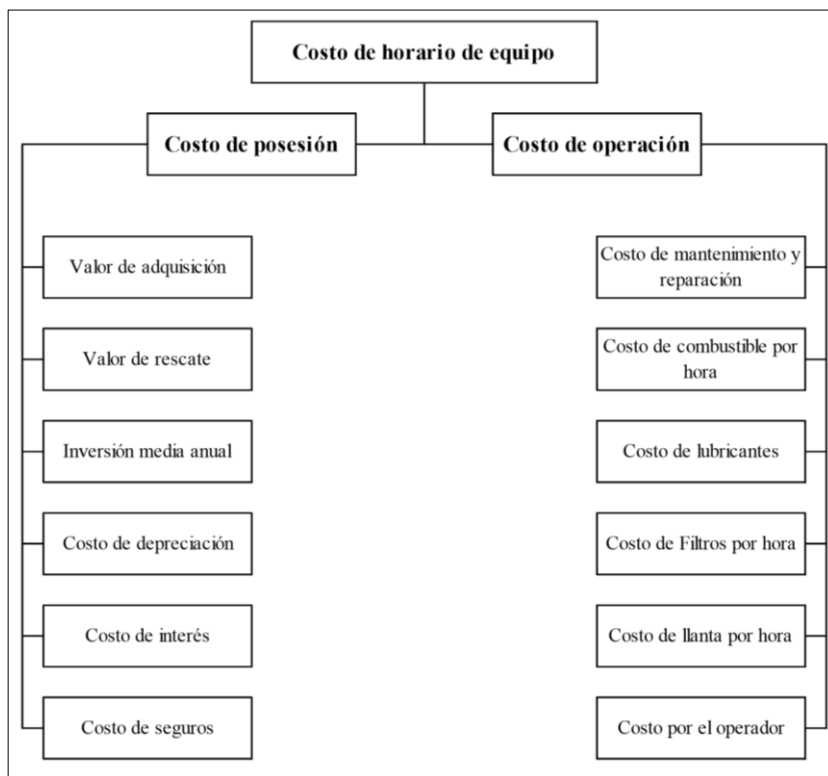
- c) Por su comportamiento; en este grupo se tiene costos fijos o variables, los costos fijos son aquellos que se reparten independientemente de los volúmenes de producción o de las unidades vendidas, mientras que los costos variables son los que varían en proporción directa a los cambios experimentales en los volúmenes de producción o de las unidades vendidas.

- d) Según al periodo que pertenecen; se fijan los inventariables y no inventariables. Los inventariables (o de producto) son aquellos que se relaciona con varios periodos contables y tienen que ver con la valuación de inventarios. Los no inventariables (o del periodo) son la suma de los gastos de las operaciones de solo un periodo contable que no se relacionan con la valuación de inventarios.

- e) Según el momento en que se calculan; están los costos históricos y predeterminados. Los costos históricos, son los costos que se calculan cuando se realizan operaciones de producción o cuando a finalizado el periodo contable. Los costos predeterminados, también conocidos como costos presupuestados, son los costos que se calculan antes de comenzar el proceso de producción o durante el período contable.

2.2.3. Determinación del costo de posesión y operación

Figura 1
Distribución de costos de operación



Fuente: Propia.

El costo de operación, o costo horario del equipo, se define como el costo o la inversión de un equipo o maquinaria, ponerla en funcionamiento, dar su respectivo mantenimiento. En el costo de operación debe incluirse los costos fijos y variables o costo de posesión y costo de operación propiamente dicha. En la figura 01, se presentan la distribución de los costos de posesión y los costos de operación.

2.2.4. Costos de posesión

Es el costo total y permanente por la adquisición de un equipo o maquinaria independiente de la operación del equipo. Este costo involucra el valor de rescate, valor de adquisición, costo de depreciación, costo de interés, inversión media anual y costo de seguros.

- a) Valor de adquisición; corresponde al precio presente del mercado. En esta cotización está incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB) más los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto de Callao (CIF – Callao) pagos de derechos Ad – Valoren, derechos portuarios de almacenaje y transporte hasta el depósito del propietario.
- b) Valor de rescate de una maquinaria; es el valor de reventa que tendrá al final de su vida útil, generalmente piezas que se pueden usar en

otras maquinarias. El valor recuperable suele oscilar entre 10 y 20 % del valor de adquisición.

- c) Inversión media anual; la variación en el rendimiento de una maquinaria a lo largo de su vida útil obliga a buscar un valor representativo e invariable para aplicar intereses, seguros e impuestos. Este valor se conoce como la media de los valores que aparecen en los libros a principios de cada año, después de deducirles la cuota de amortización correspondiente a cada año. Este valor se conoce como inversión media anual.
- d) Costo de depreciación; es el costo justo de retorno de capital, que se produce al reducir el valor original del valor de rescate a lo largo de su vida económica. El periodo de depreciación con respecto a la base legal del artículo 39 del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta se muestra en la Tabla 1.
- e) Costo de interés; el costo de interés del capital invertido es el costo cargado o compensado de la inversión por la adquisición del equipo o maquinaria, ya que cualquier capital invertido en otro negocio produce dividendos. En la tabla 2 se muestra la Tasa anual de Interés Activa Promedio de Mercado Efectiva para el 2022.

Tabla 1

El periodo de depreciación con respecto a la base legal del artículo 39 del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta.

Bienes de depreciación	Porcentaje máximo anual	Máximo periodo anual
Redes de pesca, ganado de trabajo y reproducción.	25 %	Anual
Hornos en general y vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles).	20%	Anual
Maquinaria y equipo utilizados por las actividades petrolera, mineras y de construcción; excepto enseres, muebles y equipos de oficinas.	20%	Anual
Equipos para procesar datos	25%	Anual

Fuente: SUNAT, 2022.

Tabla 2

Tasa de interés activa promedio de mercado efectiva

Tasa de moneda	Tasa anual (%)	Periodo
Moneda Nacional (TAMN)	11,08 %	Anual
Moneda Nacional (TAMN + 1)	12, 08 %	Anual
Moneda Nacional (TAMN + 2)	13, 08 %	Anual
Moneda Extranjera (TAMEX)	6.76 %	Anual

Fuente: Superintendencia de Banca Seguros y AFP, 2022.

- f) Costo de seguros; es el costo del seguro propiamente dicho, impuestos y almacenaje por la adquisición del producto o equipo. Se considerará la tasa anual que debe pagar el propietario a una compañía de seguros para proteger la maquinaria a todo riesgo.

2.2.5. Costo de operación

Corresponde a los gastos del equipo en operación. Los costos de operación derivan de costos de mantenimiento y preparación, costos de mantenimiento y reparación, costos de lubricación, costos por filtros, costos por llantas y costos por operador de equipo.

- a) Costo de mantenimiento y reparación; incluyen los costos de los repuestos y la mano de obra que insume el mantenimiento normal y reacondicionamiento periódico del vehículo a fin de que trabaje con un rendimiento normal, si el equipo es sobre neumáticos el valor de los neumáticos. En la tabla 3, mostrada por Maccha Valle, (2018) se puede observar porcentajes de los mantenimiento y reparación de algunos equipos pesados en minería.

Tabla 3

Porcentajes de los mantenimiento y reparación de algunos equipos pesados en minería.

Descripción	Condiciones		
	Buenas	Medias	Malas
	%	%	%
Perforadora sobre oruga	40	60	80
Martillo neumático	20	30	40
Compresoras neumáticas	60	80	100
Cargadores sobre neumáticos (1,5 – 3,5 yd ³)	45	55	70
Cargadores sobre neumáticos (4,0 – 8,8 yd ³)	40	60	80
Tractores sobre orugas (60 – 190 HP)	40	60	80
Tractores sobre orugas (190– 240 HP)	50	85	115
Volquetes	40	50	60
Camionetas	40	50	60

Fuente: Maccha Valle, 2018.

- b) Costo de combustible; los costos de los combustibles se basan en los precios locales y en el nivel de consumo de combustible del motor. Este último depende de la potencia y del ciclo de tarea del motor. El nivel de consumo de un tipo de vehículo se halla multiplicando la potencia bruta del motor por el consumo nominal de combustible, 0,06 Gal/HP hora, y por el % de ciclo de trabajo.

- c) Costo de lubricación; es el costo total que genera el consumo de los diferentes aceites como aceite de motor, aceite para controles hidráulicos de transmisión y grasas, este consumo está en relación a la capacidad de la máquina y el mantenimiento que se le aplica periódicamente.
- d) Costo por filtros; es el costo que genera el cambio de los filtros que utiliza la máquina tales como filtro de petróleo, aceite, aire, líquido hidráulico entre otros, según requerimiento de la máquina. Este costo se estima que es el 20 % del costo de combustible y lubricantes.
- e) Costo por llantas; es el costo por neumáticos está determinada por la vida útil del mismo y a su vez ésta está en función a las condiciones de manejo operativo, pendientes, superficies de terreno, curvas y mantenimiento. La tabla 4 se puede ver la vida útil promedio de algunos equipos utilizados en minería.
- f) Costo del operador; es el costo que se determina del pago salarial del trabajador por el servicio de trabajo correspondiente al manejo del equipo. Al costo del operador se debe incluir los beneficios de seguros según determina la Ley.

Tabla 4*Vida útil promedio de neumáticos o llantas*

Descripción de Equipos Utilizados (Neumáticos)		Vida útil (h)
Equipos de transporte	Camionetas	1 000
	Volquetes	2 000
	Dumper	3 000
		2 500
Equipos para movimiento de tierras	Cargadores Mototrailas	3 000
	Retroexcavadoras	2 000
	Tractor	2 000
Equipos diversos	Compresoras neumáticas	6 000

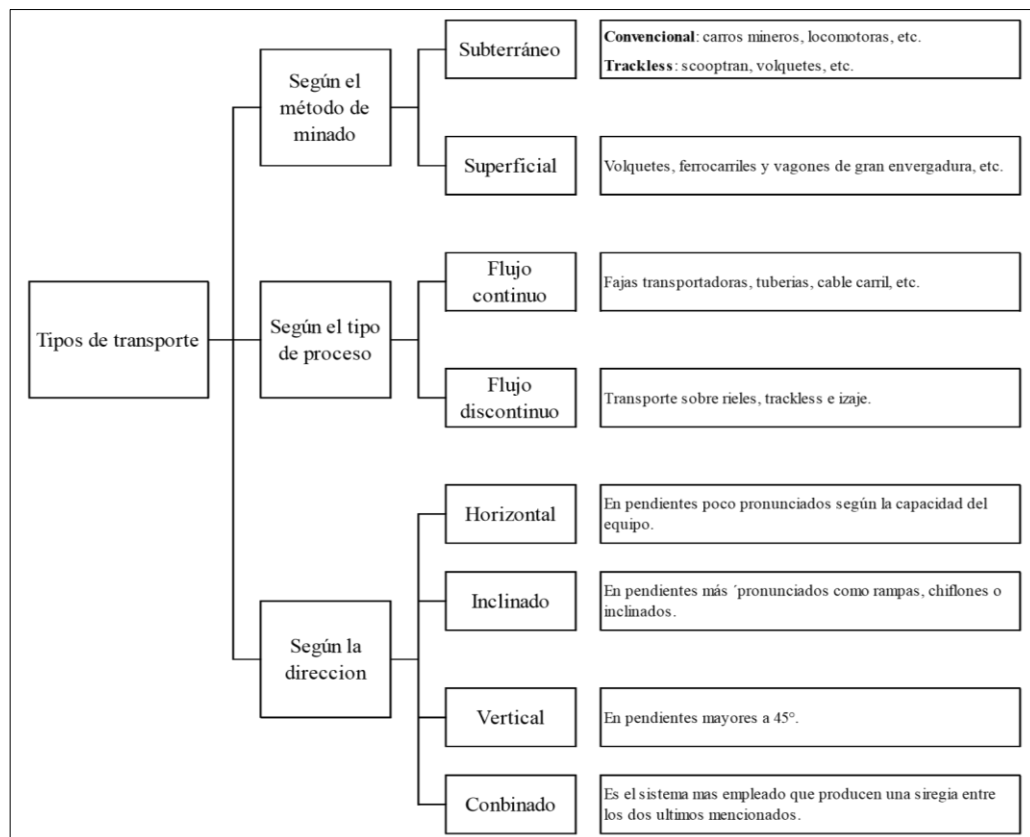
Fuente: Maccha Valle, 2018.

2.2.6. Transporte y acarreo en la minería

La industria minera no es ajena a esta actividad, ya que la actividad minera por el método subterráneo requiere de una serie de instalaciones, mecanismos, normas, personal y equipos debidamente adaptados los que permitirán transportar el material fragmentado de un lugar a otro desde las diferentes labores subterráneas hacia superficie, para beneficio de la

organización (Maccha Valle 2018, p. 12). En la minería, el acarreo se refiere al traslado corto de material roto dentro de una mina o una mina subterránea; es decir, este tipo de transporte tiene restricciones, como un acceso corto y angosto al frente de trabajo. Por otro lado, el transporte abarca traslados más largos de material roto fuera de interior mina o minería superficial sin limitaciones de ningún tipo.

Figura 2
Tipos de transporte



Fuente: Propia.

En la figura 2 se observa los tipos de transporte y se clasifican, básicamente, según el tipo de minado, tipo de proceso y dirección.

2.2.7. Acarreo y transporte en minería subterránea convencional

El acarreo y transporte horizontal en minería subterránea convencional, pequeña minería o minería artesanal, típicamente se da por medio de tres sistemas o equipos mayormente usados.

Figura 3

Sistema de acarreo y transporte con locomotora a batería



Fuente: Jinwang, 2021.

- a) Sistema de locomotoras; este sistema consta de una locomotora y vagones que constituye de rieles para su transporte. El sistema de energía que utiliza la locomotora puede ser a batería o trolley; el primero, consta de “N” baterías de litio recargables por energía de generadores; el segundo, usa la energía directamente de los generadores a través de la línea trolley el cual es paralelo a los rieles.

Figura 4
Sistema de acarreo y transporte con Mini Dumpers



Fuente: Jinwang, 2021.

- b) Mini Dumpers; el equipo de “mini dumper”, que es, básicamente, un equipo que utiliza energía eléctrica o diesel con 4 o 3 ruedas. Los equipos eléctricos poseen dos motores; uno para el funcionamiento de la operación de transporte, y el otro para la elevación de la tolva que descarga el mineral, similar al mecanismo de la tolva de camiones de carga minera. Los equipos a diesel tienen mayor potencia y velocidad con respecto al eléctrico, los suministros de energía para el motor dependerán de las necesidades del consumidor. Finalmente, estos equipos suelen ser trabajados por un operador para la carga, transporte, y descarga del material.
- c) Carro minero Z-20; es un “mini vagón” de aproximadamente 0,5 m³ de capacidad de carga de su tolva y que funcionan mecánicamente por medio de 4 ruedas neumáticas acopladas para su acarreo o transporte (figura 4). La energía aplicada es a pulso o trabajo a fuerza bruta por dos o tres personas de manera horizontal. También, este equipo es utilizado para trabajos de acarreo en inclinados por medio de un “winche” de traslado de un nivel inferior al superior.

Figura 5
Sistema de acarreo y transporte con carro minero Z-20



Fuente: Jinwang, 2021.

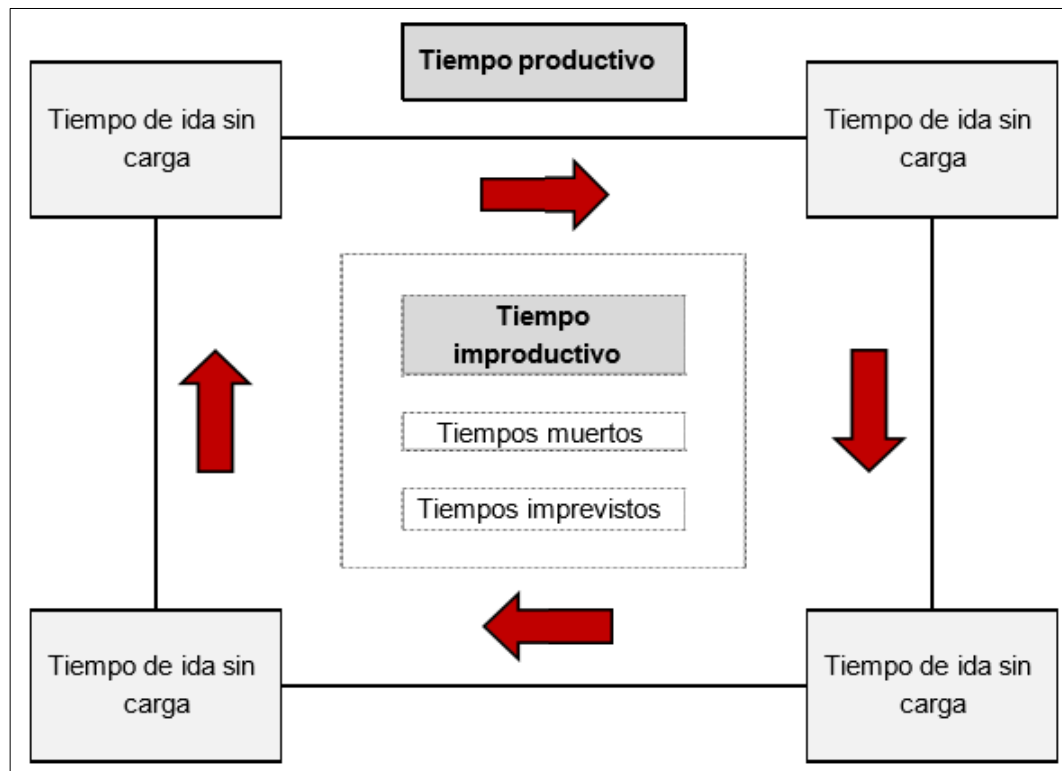
2.2.8. Tiempo total del ciclo de acarreo y transporte

En minería convencional, en lo general, se establece el total de tiempo de operación del equipo; es decir. los tiempos productivos e

improductivos. La figura 6 establece un esquema básico de tiempo total del ciclo de acarreo en minería subterránea convencional.

Figura 6

Tiempo total del ciclo de acarreo en minería convencional



Fuente: Propia.

- a) Tiempo de viaje de ida o sin carga; es el tiempo que demora el equipo de acarreo en ingresar vacío desde el punto de descarga, tolva de finos o desmontera, hasta el punto de carguío. Depende de la distancia de acarreo "D" y de la velocidad que utiliza el equipo vacío o sin carga.

- b) Tiempo de carga y maniobras; el tiempo de carguío que demora el equipo de acarreo en ser llenado de material por el buzón, cargado por el mini scoop, pala neumática, o simplemente llenado por el personal a través de una pala convencional.

- c) Tiempo de descarga y maniobras; este tiempo depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Se debe considerar que en el área de descarga no debe estar ningún equipo en movimiento, para que el equipo pueda ingresar y avanzar en retroceso una determinada distancia y descargar el material realizando las maniobras de aceleración y frenado correspondiente.

- d) Tiempos muertos; es el tiempo improductivo a causa de factores que afectan el ciclo continuo de operación de acarreo de un equipo. Los tiempos muertos pueden ser por congestión o embotellamiento, espera de equipos de carga, maniobras improductivas, imprevistos ajenos al ciclo de acarreo.

- e) Imprevistos; es el tiempo improductivo causado por el mantenimiento no programado dentro de las horas de operación, averías, llenado de combustible, lubricantes, entre otros.

2.2.9. Productividad de equipos

La productividad implica una regla de conducta fundamental para obtener la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga. La productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos o recursos utilizados. Podemos definirla matemáticamente como el cociente que se obtiene dividiendo la producción por uno de los factores de producción, organizando la cooperación y el desarrollo económico. Es así que este término no es una medida de producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos (Álvarez Huanca, 2014, p. 6).

2.2.10. Factores que influyen en la productividad

- a) Factores positivos; son los que mejoran o favorecen la productividad en el equipo, éstos pueden ser el personal altamente capacitado, la innovación de las técnicas de operación, un adecuado mantenimiento de equipos, diseño adecuado de vías y zonas de trabajo para los equipos, comunicación fluida entre conductores y supervisión, y un control detallado de la eficiencia de los equipos.

- b) Factores negativos; son los factores que afectan o disminuyen la productividad en el equipo generando perdidas, estos pueden ser las condiciones de las vías generando resistencia a la rodadura, la administración y logística ineficiente, la inadecuada fragmentación del material a transportar, la falta de recursos humanos, y el problema del tránsito generado por la congestión de equipos.

2.2.11. Cálculos de productividad del equipo

- a) Productividad teórica; es la productividad que está en relación entre el volumen o tonelaje de material transportando y el número de ciclos transportados durante una hora.

$$P_{teo} = \left[\frac{Q}{Ciclo} \right] \quad [1]$$

Donde:

- P_{teo} es la producción teórica del equipo por hora (t/h).
- Q es la capacidad nominal del equipo (t).
- $Ciclo$ es tiempo de un ciclo (h).

- b) Productividad promedio; es la productividad promedio que está en función al peso o volumen producido por el equipo, incluyendo retrasos

variables y fijos. Para estimar la producción promedio, se aplica al periodo de tiempo deseado.

$$P_{pro} = 60 \cdot \left[\frac{(T - R) \cdot e \cdot Q}{T \cdot T_C} \right] \quad [2]$$

Donde:

- P_{pro} es la producción promedio del equipo por hora (t/h).
 - T es la duración del periodo del tiempo total (min).
 - R es el retraso fijo (min).
 - e es la eficiencia de trabajo (%).
 - Q es la capacidad nominal del equipo (t).
 - T es el tiempo de ciclo de transporte (min).
- c) Productividad máxima; está en función al peso o volumen producido por el equipo, considerando retrasos variables. Esta producción se aplica para el numero de transporte asignadas por el equipo de carguío, para lograr la producción requerida.

$$P_{máx} = 60 \cdot \left[\frac{e \cdot Q}{T_C} \right] \quad [3]$$

Donde:

- $P_{máx}$ es la producción máxima del equipo por hora (t/h).

- e es la eficiencia de trabajo (%).
- Q es la capacidad nominal del equipo (t).
- T es el tiempo de ciclo de transporte (min).

2.2.12. Mantenimiento de equipos

García S. (2010) Es un conjunto de acciones que se realizan a los equipos, máquinas e instalaciones para garantizar una buena conservación de los activos, una mayor disponibilidad, una utilidad eficiente y la capacidad de operar. Sus tipos se detallan a continuación.

- a) Mantenimiento preventivo; son aquellos mantenimientos previos que se dan durante el inicio de la operación del equipo a trabajar a través de la revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y confiabilidad.
- b) Mantenimiento predictivo; o denominado programado, éste se realiza durante las fechas establecidas y están en función de las horas de uso del equipo como sus partes o repuestos contenidos, corresponde a actividades como cambio de filtros, llantas, limpieza y mantenimiento del motor, entre otros.

- c) Mantenimiento correctivo; es el mantenimiento que se da cuando el equipo se avería durante la operación o por otros factores, dejando de funcionar y se le da la evaluación y reparo al respecto.

2.2.13. Ventajas del mantenimiento de un equipo

Los mantenimientos preventivos que se le da a un equipo para su adecuado rendimiento requerido traen consigo las siguientes ventajas.

- Se tiene un control y seguimiento de equipos.
- Reduce las acciones de mantenimiento correctivo.
- Mejora y aumenta la vida útil de los equipos.
- Reduce los costos de operación.
- Mantiene el rendimiento del equipo en su operación.
- Se logra predecir las correcciones de mantenimiento del equipo.
- Aumenta la productividad del equipo.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Costo

Es una inversión en actividades y recursos que generan beneficios, se muestra en términos monetarios, los procesos de producción, distribución y administración.

2.3.2. Gasto

El término se refiere a una inversión que se aplica directamente a los resultados y se considera una parte del costo.

2.3.3. Costo unitario

Es un cociente que se obtiene dividiendo el costo total entre los volúmenes de producción para evaluar el estado de la producción, calcular la utilidad y hacer un análisis de marginalidad.

2.3.4. Tiempo fijo

Esta determinado por el tiempo de giro y maniobras que ejecuta el equipo para ser cargado de material mediante un equipo o mecanismo de llevado de material, en minería convencional se hace referencia a chutes.

2.3.5. Tiempo variable

Esta determinado por la ida y retorno del equipo de acarreo, donde se determina dividiendo la distancia entre las velocidades medias de ambos trayectos.

2.3.6. Productividad de un equipo

Es el rendimiento que ofrece un equipo de acuerdo a su capacidad que ofrece. Esto se refleja normalmente con la producción a un cierto tiempo.

2.3.7. Producción de un equipo

Es la cantidad o capacidad de un equipo para que produzca un cierto tipo de trabajo, como ejemplo, se tiene a la capacidad de la tolva instalada de material a transportar.

2.3.8. Tiempo total

Es el tiempo de funcionamiento de una máquina o equipo que puede tener. En este momento, consideramos los momentos ociosos y muertos, como las interrupciones debido a fallas o averías. (Barco S., 2017, p. 36)

2.3.9. Lubricación

Es el cambio y revisión de aceite de la máquina, así como el engrase y lubricación de las partes mecánicas de la máquina.

2.3.10. Revisión

Es una operación que se realiza con instrumentos de medición para encontrar o detectar una falla o desgaste en una pieza de máquina.

2.3.11. Limpieza

El operario o personal de mantenimiento de la maquinaria está a cargo de esta tarea. consiste en limpiar la máquina interna y externa.

2.3.12. Inspección

Son las responsabilidades asignadas al operador o trabajador que está a cargo de supervisar el mantenimiento de las máquinas para detectar y detectar averías o fallas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El estudio actual reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada comparativa, porque se analiza la aplicación de los sistemas de acarreo, comparando los sistemas de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers desde la perspectiva de productividad, producción, tiempos operativos y costos unitarios. El diseño de investigación corresponde a un enfoque descriptivo y cuantitativo, de diseño de tipo no experimental, pues no se ha manipulado las variables de estudio para obtener los resultados esperados. Sin embargo, se observan fenómenos de campo a fin de ser analizados desde un aspecto técnico económico, enfocados en los resultados de productividad, producción, tiempos y costos; desde los puntos de vista mencionados, se pretende evaluar las bondades de la aplicación de ambos sistemas, a fin de determinar su principal impacto e influencia en el control de operaciones de la unidad productiva Santa Rosa.

3.2. Población y muestra

La población corresponde a la ejecución y aplicación de los sistemas de acarreo con equipos como el carro minero Z-20 y el mini dumper en la unidad productiva Santa Rosa, su aplicación se da mayormente en minería convencional subterránea. Su estudio se enfoca en la evaluación de sus características técnicas enfocados en las variables de productividad, producción, tiempo y costos. Mientras que la muestra, corresponde a la aplicación y comparación de ambos sistemas de acarreo, en el nivel de producción 3590. En el anexo 3 al 5, se observan los diagramas de estudio correspondiente a los tramos de evaluación de rutas de acarreo de mineral y desmonte.

3.3. Operacionalización de variables

La presente investigación ha definido las variables independientes, dependientes y asociadas. Las siguientes tablas contienen las definiciones operativas, los indicadores y las dimensiones de cada una. El estudio de las variables nos permitirá evaluar y realizar el contraste de hipótesis de investigación; las variables independientes, representan el cambio del comportamiento matriz de la investigación (tabla 5), mientras que las

variables dependientes, representan los resultados obtenidos al analizar los cambios observables y medibles (tabla 6).

Tabla 5
Operacionalización de variables independientes

Operacionalización de la variable independiente (VI)		
Variable	Operacional	Indicadores
Sistema de Acarreo	Corresponde a los sistemas de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers, está asociado al rendimiento de los equipos mediante el control de tiempos y ciclo de acarreo.	Especificaciones técnicas Ciclo de acarreo (min) - Tiempo de carguío (min) - Tiempo de ida (min) - Tiempo de descarga (min) - Tiempo de retorno (min) Eficiencia (%)

Fuente: propia.

Tabla 6
Operacionalización de variables dependientes

Operacionalización de la variable dependiente (VD)		
Variable	Operacional	Indicadores
Productividad del Sistema de Acarreo	Corresponde a los resultados de la aplicación del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers, está asociado al rendimiento de la producción de la unidad productiva Santa Rosa.	Productividad de acarreo (t/h) Producción Nv 3590 (t) Tiempo de operación (h) Costo unitario (USD/t) - Costo de adquisición - Costo de mano de obra - Costo de accesorios y repuestos - Costo de mantenimiento - Costo de operativo

Fuente: propia.

Tabla 7
Operacionalización de variables asociadas

Operacionalización de variables asociadas		
Variable	Operacional	Indicadores
Recursos Humanos	Corresponde a la información de personal adecuado y necesario para realizar la actividad de acarreo de acuerdo a las rutas y destino.	Operador mina Ayudantes mina
Operaciones	Corresponde al método de explotación y sistemas operacionales de la unidad productiva Santa Rosa	Método de explotación Sistema de extracción por tolvas
Topografía	Corresponde a las labores de estudio del NV 3590, necesario para definir las rutas de acarreo.	Rutas de acarreo según destino
Mantenimiento	Corresponde a las variables de mantenimiento de los equipos y componentes necesarios para conservar adecuadamente el sistema de acarreo.	Equipos de acarreo Componentes de equipos Supervisión de equipos
Proyectos	Corresponde a la adquisición de los equipos e infraestructura necesaria para la aplicación del sistema de acarreo.	Adquisición de equipos Infraestructura de acarreo

Fuente: propia.

Las variables asociadas, como operaciones, topografía, mantenimiento y proyectos; son variables que interfieren directamente en los resultados, sin embargo, no se consideran como materia de estudio, por lo tanto, es tratada como información (tabla 7).

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

El estudio actual se investigó utilizando métodos de análisis descriptivo de variables principales a través de la observación y análisis documental.

- a) Observación; este fue el principal método para la recopilación de datos, utilizado para calcular los tiempos y la producción del sistema de acarreo. Esta técnica es parte fundamental de cualquier proceso de investigación y permite recolectar datos de campo para su posterior análisis, utilizando guías de campo.

- b) Análisis documental; los datos obtenidos en campo y las estadísticas de los KPIs que se utilizaron para analizar e identificar las brechas de la producción; la revisión de los catálogos de los fabricantes del carro minero Z-20 y del mini dumpers eléctrico Modelo LK-135 2000 W, y datos técnicos de los equipos. La obtención de los datos mencionados no permitirá verificar y validar los resultados de la comparación entre los sistemas de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico.

Los instrumentos de la presente investigación para las técnicas en campo, corresponden a las guías de observación, guías de análisis documental, validez y confiabilidad.

- a) Guías de observación; permite recopilar datos de campo sobre los tiempos de acarreo y productividad. Los datos son analizados y procesados en el programa Excel. Las guías de observación a través de un conjunto de indicadores nos orientarán la observación del fenómeno y permitirán estudiar los aspectos relevantes.
- b) Guías de análisis documental; se utilizaron datos de campo y estadísticos, catálogos de los fabricantes para obtener información técnica sobre los equipos, lo que permitió el análisis de datos para la revisión general y las comparaciones técnicas en términos de tiempo, ciclos de acarreo y toneladas transportadas entre carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico LK-135 2000 W.
- c) Guías de confiabilidad y validez; la validez del proyecto de investigación, se centra en garantizar la optimización de las herramientas utilizadas, para la confiabilidad se utilizaron datos de gabinete y de campo para el análisis adecuado y el procesamiento posterior de los resultados del proyecto de investigación.

El procedimiento de las técnicas de recolección y análisis de datos se detallan a continuación.

- a) Etapa preliminar; inicio con la estructuración del proceso de ejecución del informe de investigación mediante antecedentes y fuentes bibliográficas, artículos, revistas, catálogos y trabajos técnicos sobre el tema propuesto para la investigación, posteriormente se procedió a programar los trabajos para la recolección de datos.
- b) Etapa de campo; con los instrumentos para la toma de datos, se procede a realizar el control de registros en el Nv 3590, utilizando las técnicas de observación y los instrumentos elaborados como la guía de observación, para registrar la realidad la problemática en el incumplimiento de la productividad en el sistema de acarreo, monitoreando los tiempos, ciclos y producción en el sistema de acarreo, para luego analizar y procesar la etapa de gabinete.
- c) Etapa de gabinete; después de recopilar todos los datos en campo utilizando el instrumento de guía de observación, la estadística de las operaciones, para alimentar a la base de datos y procesarlos con el programa Excel y SPSS, sincerando los controles identificados en campo, la información recopilada tiene como objetivo mejorar la

eficiencia del sistema de acarreo previsto en el proyecto de investigación y lograr las metas establecidas.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

De acuerdo a los datos registrados en el estudio, se procederá a realizar el procesamiento y análisis de datos correspondientes al sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers del Nv 3590.

3.5.1. Recolección de datos

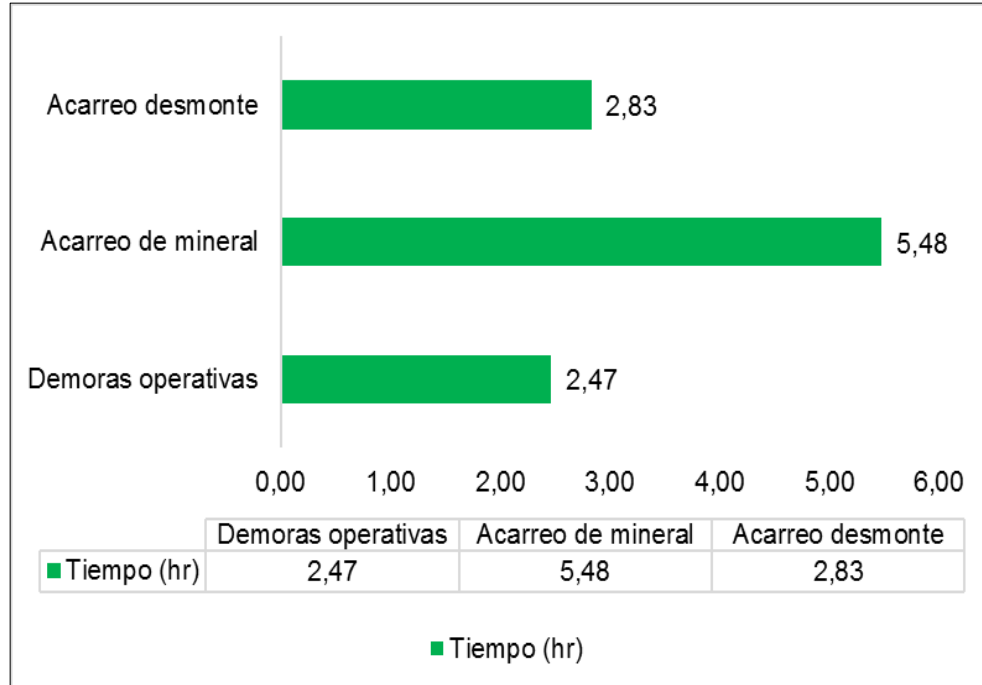
Para la presente investigación, la recolección de datos se basa en la obtención del registro del control del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers del Nv 3590 de las rutas observadas en el anexo 3 al 5 de acuerdo al destino.

Para facilitar el transporte y el drenaje del agua acumulada de la perforación desde el interior de la mina hacia la superficie, el gradiente está inclinado positivamente en sentido de avance en línea recta. La pendiente es del 1 % o 1 centímetro por cada 10 metros, lo que sería en el nivel de extracción 3590, donde se realiza el sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumper eléctrico.

a) Sistema de acarreo con carro minero Z-20; el control de tiempos se realiza para determinar el ciclo de acarreo de acuerdo a las rutas observadas en el anexo 3 al 5, donde se identifican 2 buzones con destino mineral correspondientes al Bz 480 y Bz 520 respectivamente, y el Bz 550 de destino del material de desmonte, respecto a las operaciones se realizan en el Nv 3590, con un carro minero Z-20 y 3 ayudantes quienes realizan el acarreo del material (anexo 6).

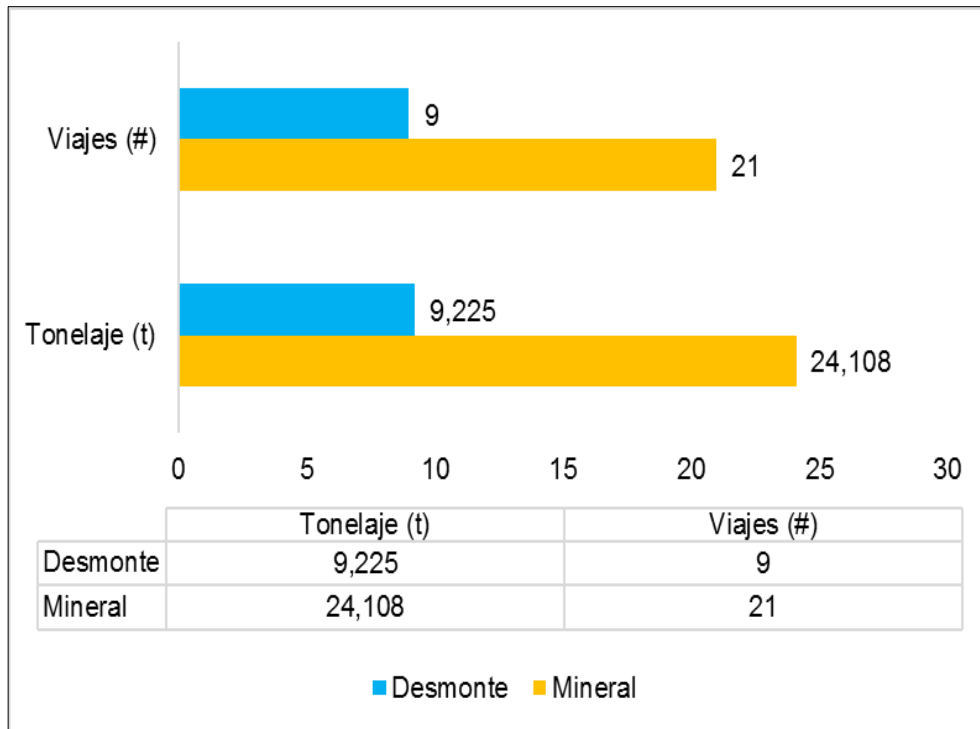
Figura 7

Tiempo de ciclo de acarreo con carro minero Z-20



Fuente: Propia.

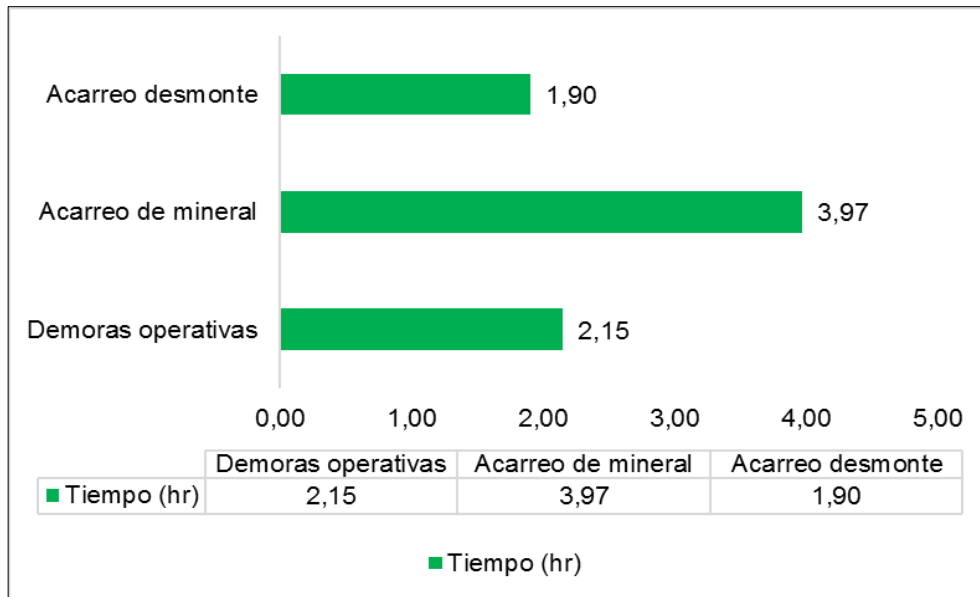
Figura 8
Tonelaje y # viaje con carro minero Z-20



Fuente: Propia.

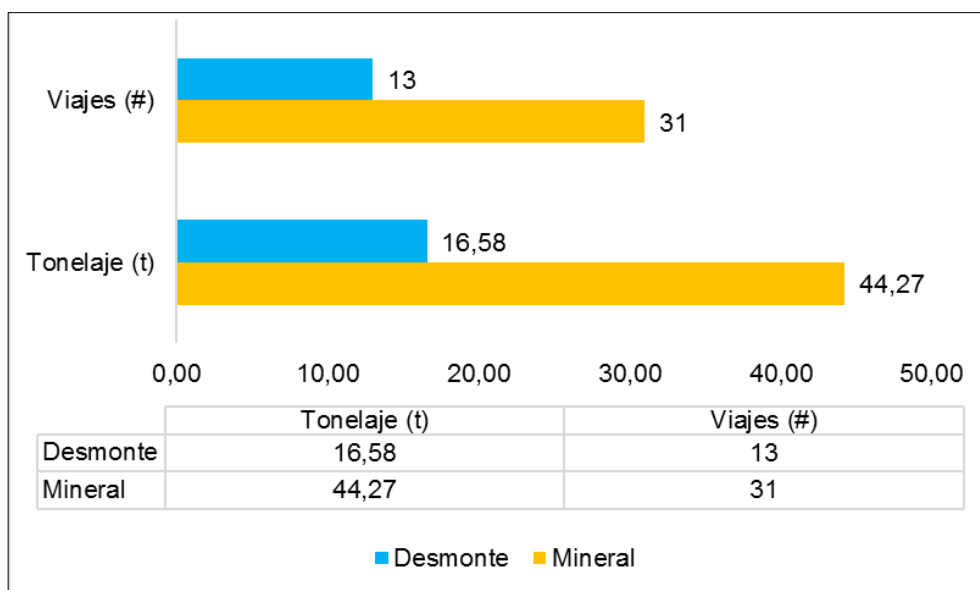
b) Sistema de acarreo con mini dumper eléctrico; el control de tiempos se realiza para determinar el ciclo de acarreo de acuerdo a las rutas observadas en el anexo 3 al 5, donde se identifican 2 buzones con destino mineral correspondientes al Bz 480 y Bz 520 respectivamente, y el Bz 550 de destino del material de desmonte, respecto a las operaciones se realizan en el Nv 3590, con un mini dumper y un operador que realiza el acarreo del material (anexo 7).

Figura 9
Tiempo de ciclo de acarreo con mini dumpers



Fuente: Propia.

Figura 10
Tonelaje y # viaje con mini dumpers

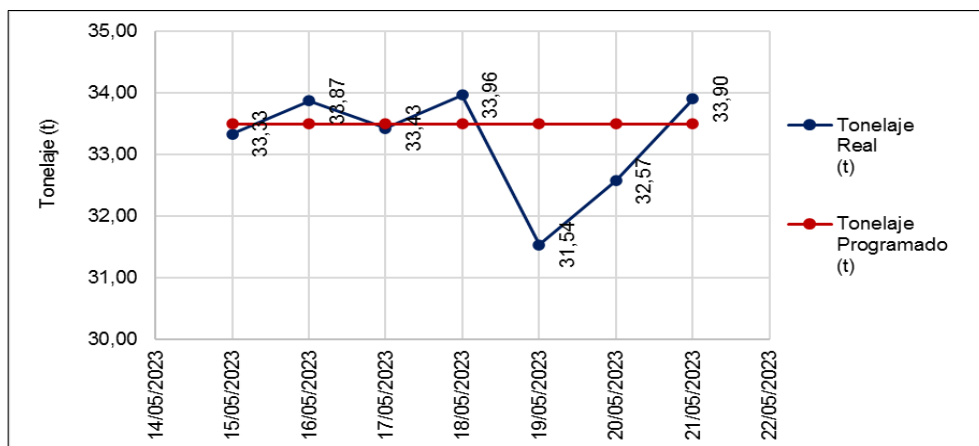


Fuente: Propia.

Para el análisis de la producción se obtuvo el siguiente registro correspondiente al tonelaje semanal alcanzado por el sistema de acarreo con carro minero Z-20 (anexo 8) y mini dumpers (anexo 9).

Figura 11

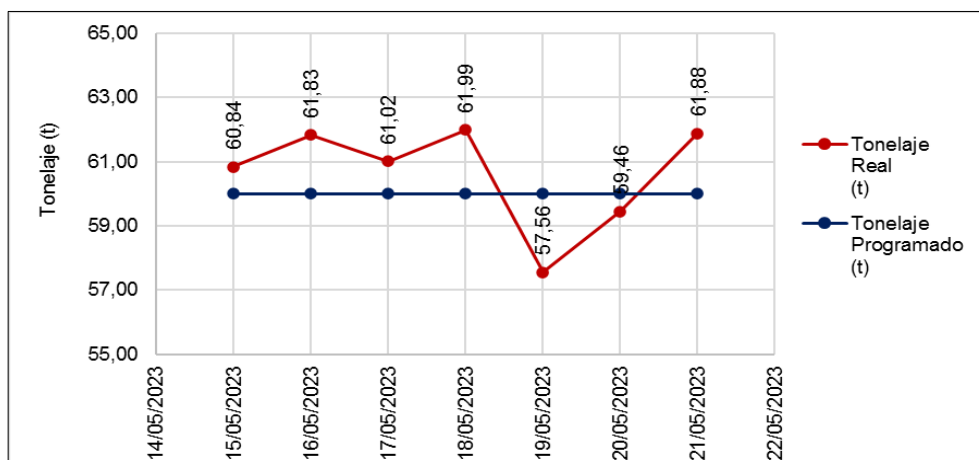
Producción de sistema de acarreo con carro minero Z-20



Fuente: Propia.

Figura 12

Producción de sistema de acarreo con mini dumpers



Fuente: Propia.

Para el análisis de los costos del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers, es necesario determinar las diferencias que presentan ambos equipos respecto a características técnicas y costos (tabla 8).

Tabla 8
Comparativo de equipos del sistema de acarreo

Carro Minero Z-20	Mini Dumper Eléctrico LK-135 2 000 W
Se requiere de 3 carreros para realizar el traslado del equipo.	Se requiere un operador capacitado para manejar el equipo.
El esfuerzo y desgaste físico es mayor al momento de mover el equipo con cada viaje, generando el riesgo ergonómico hacia el personal.	El equipo es conducido por el operador mediante fuerza mecánica del equipo, lo que reduce el desgaste y el esfuerzo físico. Esto reduce el riesgo ergonómico para el personal encargado.
La capacidad de transporte es de 1,125 t	La capacidad de transporte es de 1,5 t
Es necesario 3 remuneraciones en el desarrollo de las actividades.	Es necesario 1 remuneración en el desarrollo de las actividades.
Costo unitario S/ 7 500	Costo unitario S/ 15 000

Fuente: propia.

De acuerdo a la comparación técnicas y costos de los equipos, se procede a establecer el costo de acarreo para equipo como se puede observar en las siguientes tablas.

Tabla 9*Costo de acarreo diario con carro minero Z-20*

P.U. Acarreo con Carro Minero Z-20					
Mano de obra					
Personal	Cantidad	Horas	Tarea	Jornal	Costo (USD)
Carreros	3	8	3	47,37	
Leyes sociales (103,99 %)				49,26	
Costos fijos y GG				9,09	
Sub total					58,35
Implementos de seguridad					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (USD)	Vida útil (días)	Costo (USD)
Guantes de cuero	par	3	3,03	20	0,45
Protector	pza	3	13,08	320	0,12
Guantes de jebe neoprene	par	3	4,46	25	0,54
Lentes de seguridad	pza	3	5,75	90	0,19
Botas de jebe	par	3	14,50	120	0,36
Correas portalámparas	pza	3	3,08	350	0,03
Mameluco, camisa y pantalón	pza	3	15,05	120	0,38
Filtro de respirador 3M	par	3	6,60	20	0,99
Sujetador de casco	pza	3	0,95	90	0,03
Lampara KLM + cargador	pza	3	57,79	500	0,35
Respiradores 3M	pza	3	18,68	120	0,47
Tapón de oídos	par	3	1,15	115	0,03
Tafilete de protector	pza	3	2,71	120	0,07
Sub total					4,00
Equipo de acarreo	P.U. (USD)	Repuestos (%)	Vida útil 3 años (h)	Cantidad (h)	Costo (USD)
Carro minero Z-20	1 973,68	80%	8640	8	3,29
Sub total					3,29
Costos directos					65,64
Utilidad (10 %)					6,56
Imprevistos (3 %)					1,97
Total					74,18

Fuente: propia.

Tabla 10*Costo de acarreo diario con mini dumpers*

P.U. Acarreo con Dumper Eléctrico					
Mano de obra					
Personal	Cantidad	Horas	Tarea	Jornal	Costo (USD)
Carreros	1	8	1	17,11	
Leyes sociales (103,99 %)				17,79	
Costos fijos y GG				9,09	
Sub total					26,88
Implementos de seguridad					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (USD)	Vida útil (días)	Costo (USD)
Guantes de cuero	par	1	3,03	20	0,15
Lentes de seguridad	pza	1	5,75	90	0,06
Guantes de jebe neoprene	par	1	4,46	25	0,18
Protector	pza	1	13,08	320	0,04
Correas portalámparas	pza	1	3,08	350	0,01
Mameluco, camisa y pantalón	pza	1	15,05	120	0,13
Botas de jebe	par	1	14,50	120	0,12
Tapón de oídos	par	1	1,15	115	0,01
Respiradores 3M	pza	1	18,68	120	0,16
Filtro de respirador 3M	par	1	6,60	20	0,33
Lampara KLM + cargador	pza	1	57,79	500	0,12
Sujetador de casco	pza	1	0,95	90	0,01
Tafílete de protector	pza	1	2,71	120	0,02
Sub total					1,33
Equipo de acarreo	P.U. (USD)	Repuestos (%)	Vida útil 3 años (h)	Cantidad (h)	Costo (USD)
Carro minero Z-20	3 947,37	80%	8640	8	6,58
Sub total					6,58
Costos directos					34,80
Utilidad (10 %)					3,48
Imprevistos (3 %)					1,04
Total					39,32

Fuente: propia.

3.5.2. Procesamiento de datos

De acuerdo a las variables de estudio y decisión, se procede a realizar los cálculos correspondientes.

a) Productividad

$$\text{Productividad de acarreo (t/h)} = \frac{\text{Tonelaje Real (t)}}{\text{Horas Operativas (h)}} \quad [4]$$

Para determinar la productividad, a partir de las tablas del anexo 8 y 9, procedemos a calcular la productividad de cada sistema al aplicar la expresión [4]. Para el sistema de acarreo con carro minero Z-20, se obtuvo un tonelaje real de 33,33 t de un total de 8,31 h de operación, al aplicar la expresión [4], se calcula la productividad, obteniendo una producción de 4,01 t/h.

Mientras que para el sistema de acarreo con mini dumpers, se obtuvo un tonelaje real de 60,84 t de un total de 5,88 h de operación, al aplicar la expresión [4], se calcula la productividad, obteniendo una producción de 10,35 t/h.

b) Producción y cumplimiento

$$\text{Cumplimiento (\%)} = \frac{\text{Producción Real (t)}}{\text{Producción Programada (t)}} \quad [5]$$

Para determinar el cumplimiento de la producción, a partir de las tablas del anexo 8 y 9, procedemos a calcular el cumplimiento de la producción por cada sistema al aplicar la expresión [5]. Para el sistema de acarreo con carro minero Z-20, se obtuvo una producción diaria real de 33,33 t, al aplicar la expresión [5], se calcula el cumplimiento de producción, obteniendo un cumplimiento de 99,50 %.

Para el sistema de acarreo con mini dumpers, se obtuvo una producción diaria real de 60,84 t, al aplicar la expresión [5], se calcula el cumplimiento de producción, obteniendo un cumplimiento de 101,41 %.

c) Tiempo de operación

Para determinar el tiempo de operación, a partir de las tablas del anexo 6 y 7, procedemos a calcular el tiempo de operación del acarreo de mineral y desmonte. Para el sistema de acarreo con carro minero Z-20, en la figura 7, se observa 5,48 h de operación de mineral y 2,83 h de operación para el desmonte, obteniendo un total de 8,31 h de operación,

considerando 2,47 h de demoras operativas. Mientras que para el sistema de acarreo con mini dumpers, en la figura 9, se observa 3,97 h de operación de mineral y 1,90 h de operación para el desmonte, obteniendo un total de 5,88 h de operación, considerando 2,15 h de demoras operativas.

d) Costos unitarios

$$\text{Costo operativo de acarreo (USD/t)} = \frac{\text{Costo diario de acarreo (USD)}}{\text{Tonelaje Real (t)}} \quad [6]$$

Para determinar el costo operativo de acarreo, a partir de las tablas 9 y 10, procedemos a calcular el costo operativo de acarreo de cada sistema al aplicar la expresión [6]. Para el sistema de acarreo con carro minero Z-20, se obtuvo un costo diario de acarreo de 74,18 USD de un total de 33,33 t de producción, al aplicar la expresión [6], se calcula el costo operativo de acarreo, obteniendo un costo de 2,33 USD/t.

Mientras que para el sistema de acarreo con mini dumpers, se obtuvo un costo diario de acarreo de 39,32 USD de un total de 60,84 t de producción, al aplicar la expresión [6], se calcula el costo operativo de acarreo, obteniendo un costo de 0,65 USD/t.

$$\text{Costo unitario de acarreo (USD/h)} = \frac{\text{Costo diario de acarreo (USD)}}{\text{Horas Operativas (h)}} \quad [7]$$

Para determinar el costo unitario de acarreo, a partir de las tablas 9 y 10, procedemos a calcular el costo unitario de acarreo de cada sistema al aplicar la expresión [7]. Para el sistema de acarreo con carro minero Z-20, se obtuvo un costo diario de acarreo de 74,18 USD de un total de 8,31 h de operación, al aplicar la expresión [7], se calcula el costo unitario de acarreo, obteniendo un costo de 8,93 USD/h.

Mientras que para el sistema de acarreo con mini dumpers, se obtuvo un costo diario de acarreo de 39,32 USD de un total de 5,88 h de operación, al aplicar la expresión [7], se calcula el costo unitario de acarreo, obteniendo un costo de 6,69 USD/h.

3.5.3. Análisis de datos con estadística descriptiva

Los ítems de recolección de datos y procesamiento de datos se muestran en la Tabla 11, para la comparación de los sistemas de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico.

Tabla 11
Resultado de comparación de equipos

Comparación de equipos	Unidad	Carro Minero Z-20	Mini Dumpers Eléctrico
Costo de equipos (S/.)	USD	1 973,68	3 947,37
N° de personas para el acarreo	und	3	1
Capacidad de carga	m3	0,41	0,51
Demoras operativas	h	2,47	2,15
Acarreo de desmonte	h	2,83	1,90
Acarreo de mineral	h	5,48	3,97
Precio unitario	USD/d	74,18	39,32
Costo unitario de acarreo	USD/h	8,93	6,69
Costo operativo de acarreo	USD/t	2,23	0,65
Productividad de acarreo	t/h	4,01	10,35
Porcentaje de producción	%	99,50	101,41

Fuente: Propia.

En la tabla 11, se puede observar que el sistema de acarreo con mini dumpers eléctrico, presenta un menor costo unitario respecto al sistema de acarreo con carro minero Z-20, esto se debe a la reducción de la mano de obra que se requiere para realizar las actividades, de la misma forma se observa un incremento en la productividad de la operación, debido a la reducción del tiempo del ciclo de acarreo y demoras operativas, mejorando el cumplimiento de la producción.

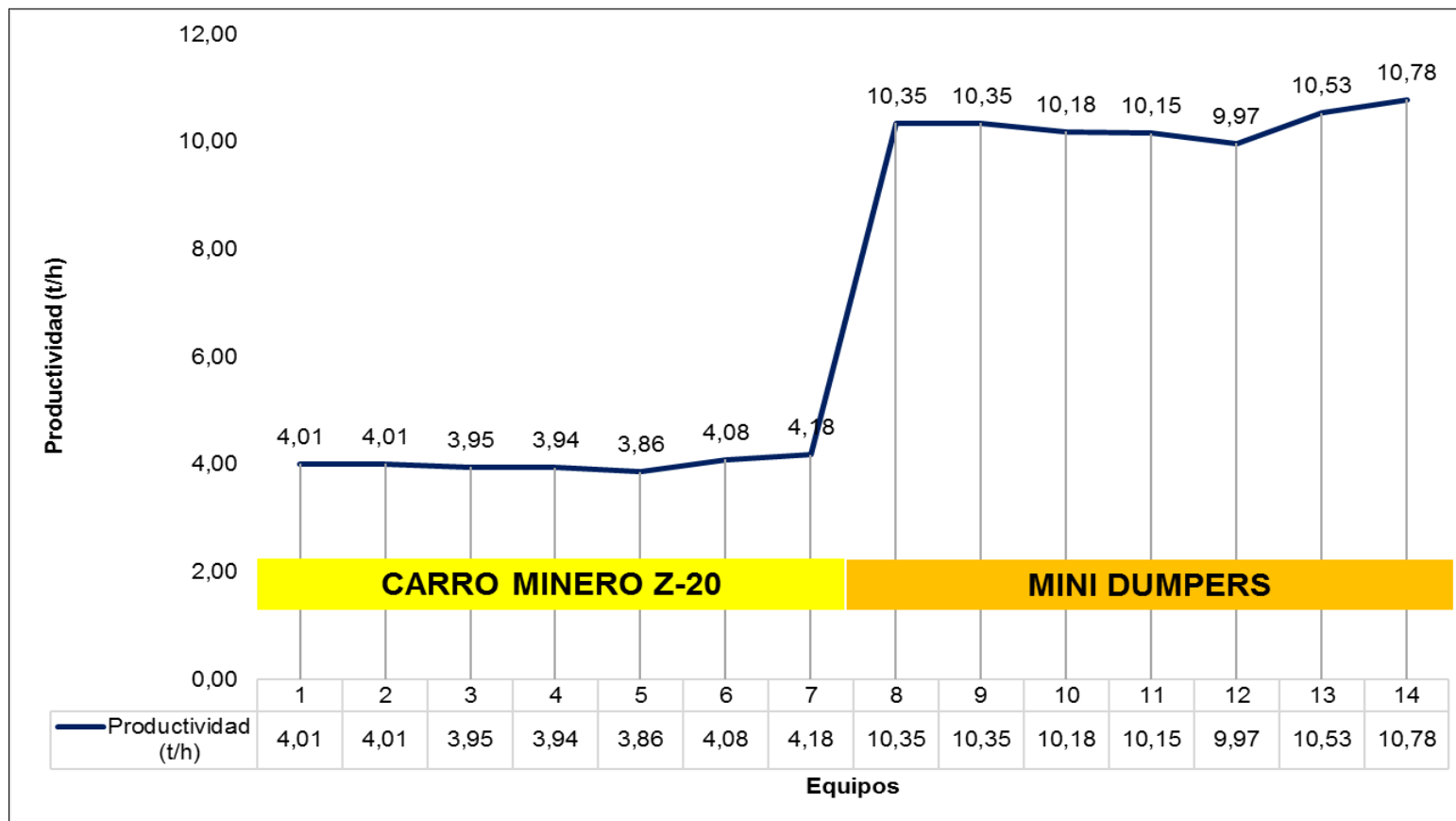
Los datos recolectados y procesados se muestran en la Tabla 12, donde las principales variables de análisis son la productividad, producción, cumplimiento, tiempo de operación y costo unitario de acarreo.

Tabla 12
Resultado de las variables de estudio

Equipo	Productividad (t/h)	Producción (t)	Cumplimiento (%)	Tiempo de Operación (h)	Costo Unitario (USD/h)
Carro Minero Z-20	4,01	33,33	99,50	8,31	8,93
	4,01	33,87	101,11	8,44	8,78
	3,95	33,43	99,79	8,47	8,76
	3,94	33,96	101,38	8,63	8,60
	3,86	31,54	94,14	8,16	9,09
	4,08	32,57	97,24	7,98	9,30
	4,18	33,90	101,20	8,11	9,14
Mini Dumpers	10,35	60,84	101,41	5,88	6,69
	10,35	61,83	103,04	5,98	6,58
	10,18	61,02	101,70	5,99	6,56
	10,15	61,99	103,32	6,11	6,44
	9,97	57,56	95,94	5,78	6,81
	10,53	59,46	99,10	5,64	6,97
	10,78	61,88	103,14	5,74	6,85

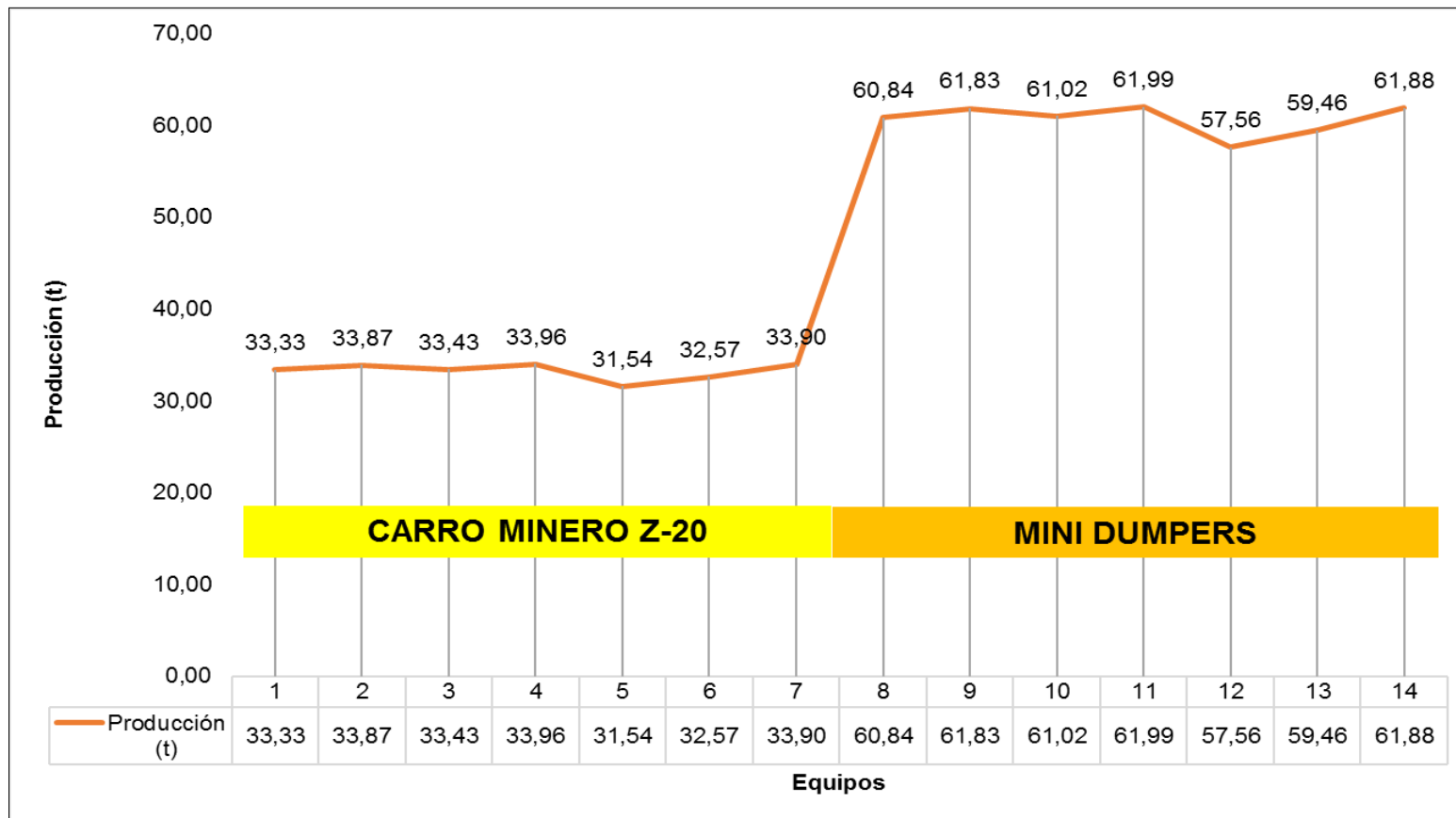
Fuente: Propia.

Figura 13
Tendencia productividad por sistemas de acarreo



Fuente: Propia.

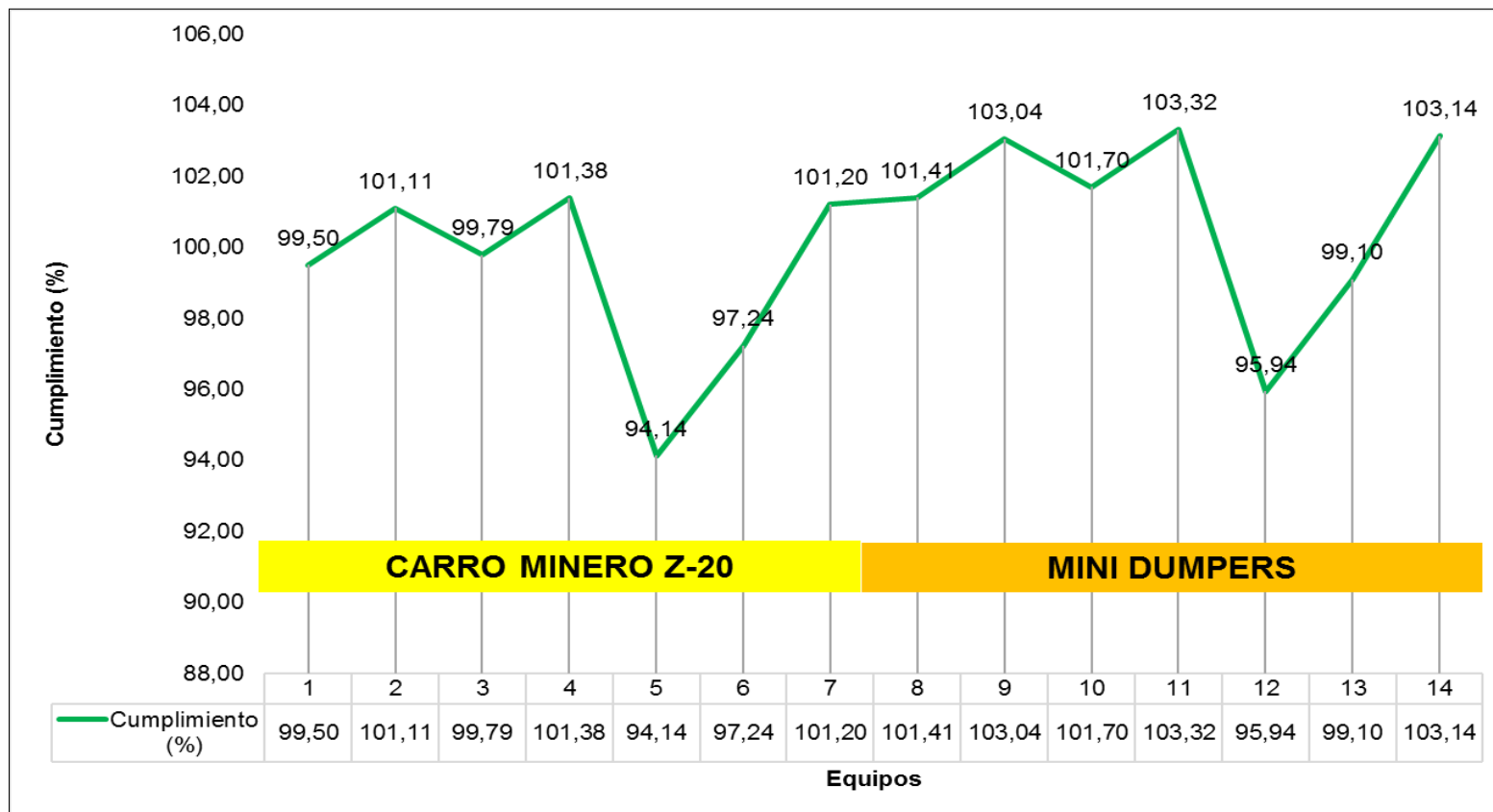
Figura 14
Tendencia producción por sistemas de acarreo



Fuente: Propia.

Figura 15

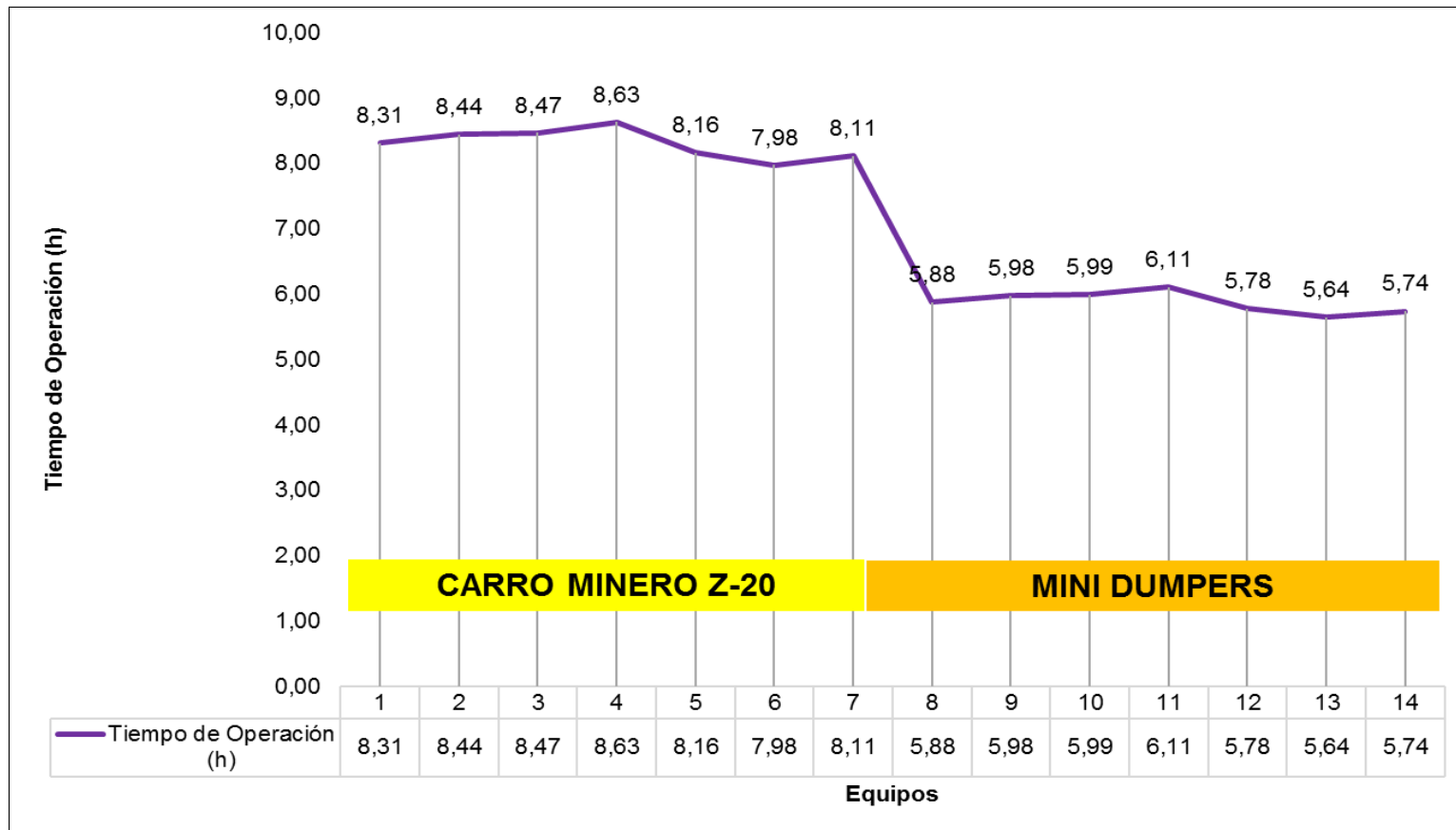
Tendencia cumplimiento por sistemas de acarreo



Fuente: Propia.

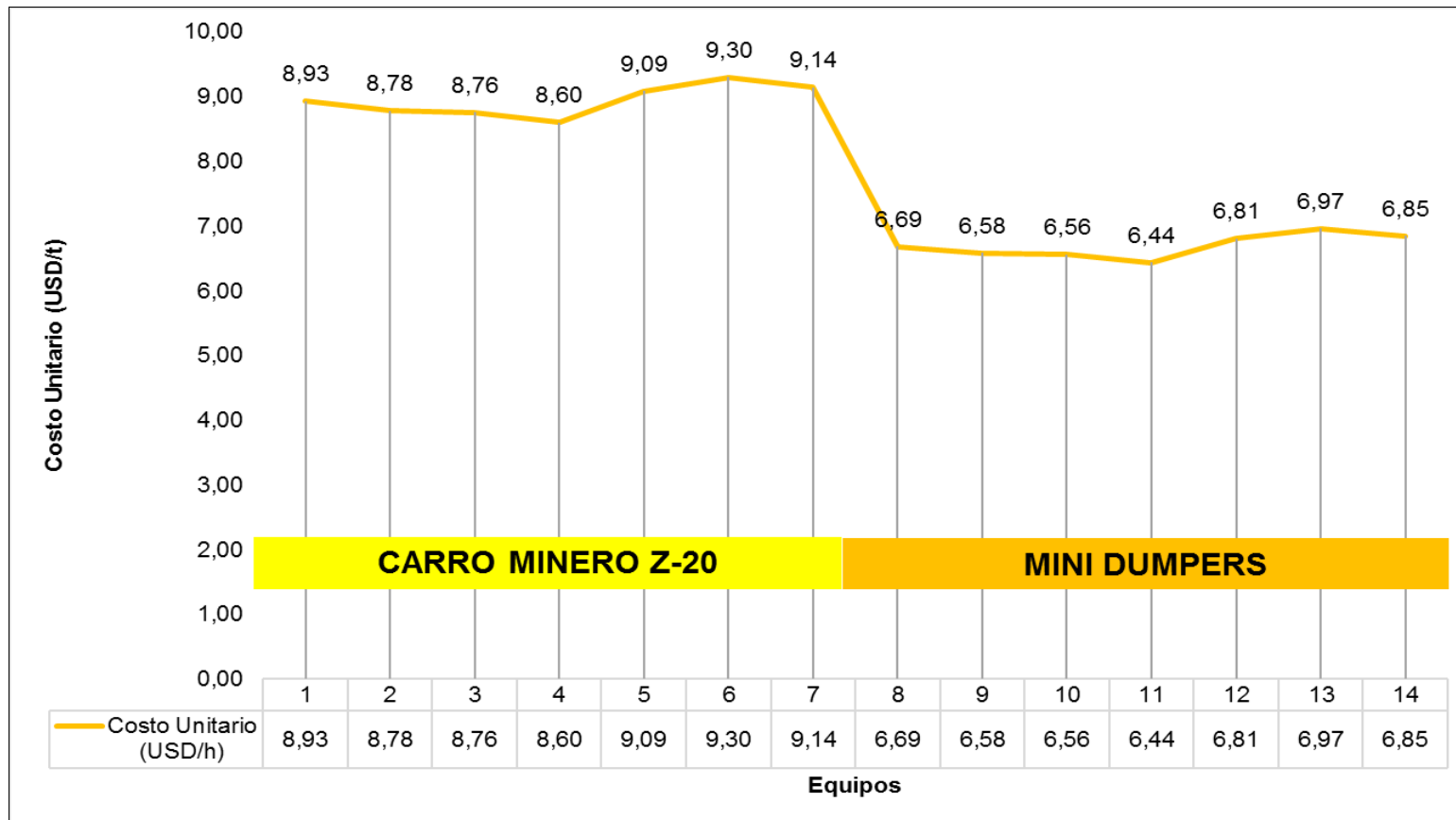
Figura 16

Tendencia tiempo de operación por sistemas de acarreo



Fuente: Propia.

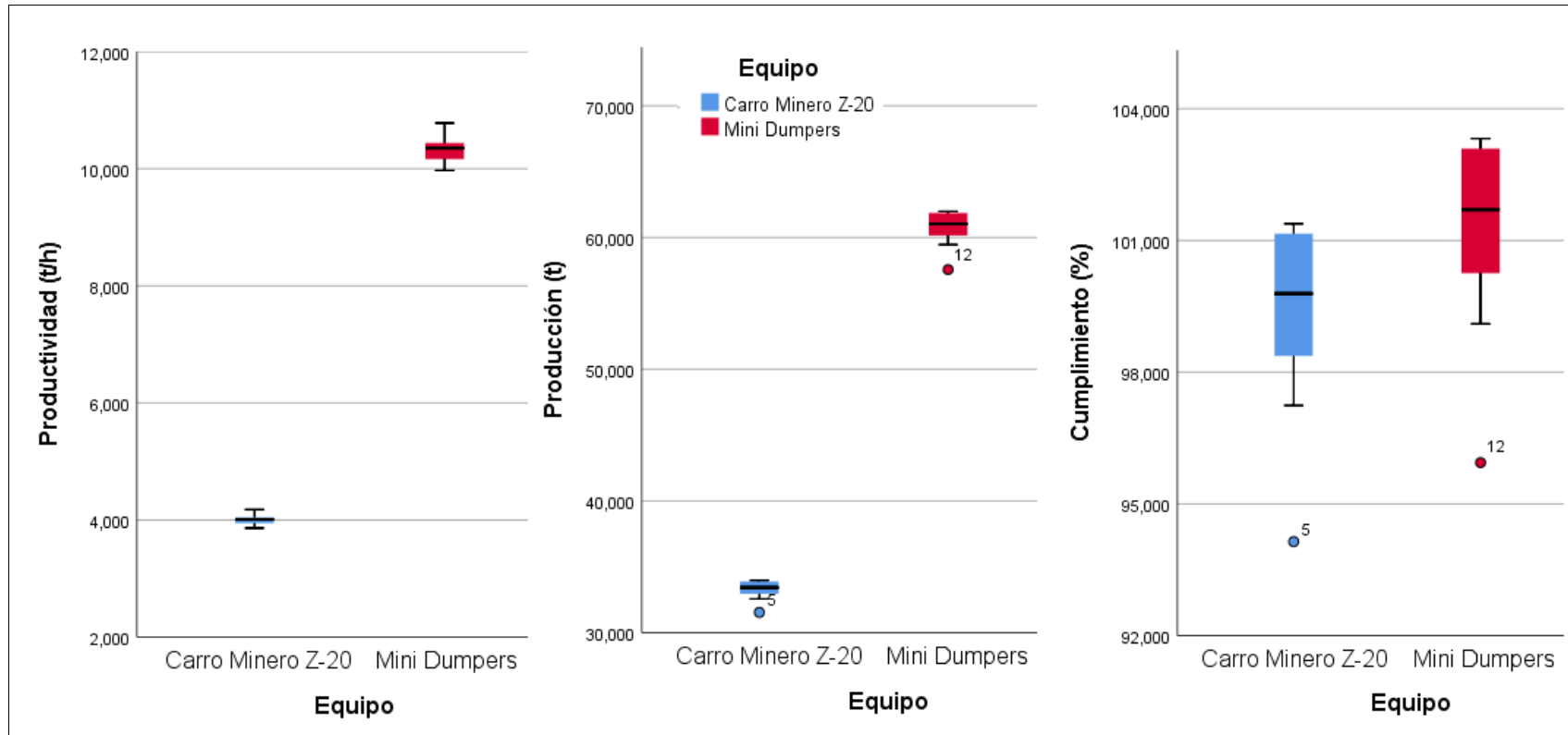
Figura 17
Tendencia costos unitarios por sistemas de acarreo



Fuente: Propia.

Figura 18

Caja de bigotes de las variables productividad, producción y cumplimiento

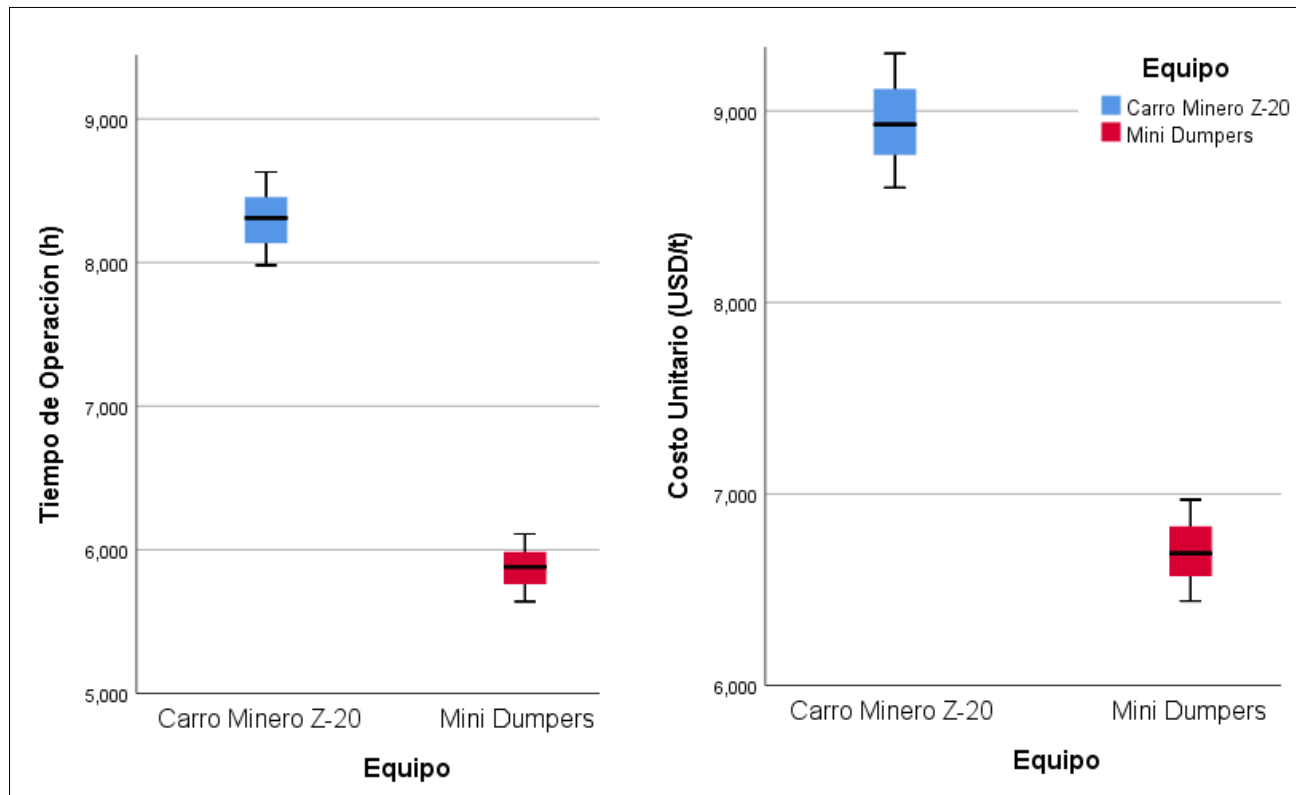


Fuente: Propia.

Nota. Se observa altos erráticos en las variables producción y cumplimiento, y mejor asimetría en la variable productividad

Figura 19

Caja de bigotes de las variables tiempo de operación y costo unitario



Fuente: Propia.

Nota. Se observa una mejor asimetría en las variables de tiempo de operación y costo unitario

a) Prueba de normalidad de datos; en la tabla 13, se observa los resultados del análisis de normalidad de las variables; de acuerdo a la evaluación del P-valor ($\alpha > 0,05$), se acepta H_0 para distribución normal; se considera la prueba de Shapiro-Wilk, por tener muestras menores a 50, y se determina que las variables productividad, producción, cumplimiento, tiempo de operación y costo unitario, presentan una distribución normalizada, por lo tanto, no muestra la presencia de valores erráticos considerables.

Tabla 13
Prueba de normalidad de variables

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk					
	Carro Minero Z-20			Mini Dumpers		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad (t/h)	0,970	7	0,899	0,969	7	0,891
Producción (t)	0,834	7	0,088	0,834	7	0,086
Cumplimiento (%)	0,834	7	0,087	0,834	7	0,087
Tiempo de Operación (h)	0,971	7	0,907	0,972	7	0,914
Costo Unitario (USD/t)	0,968	7	0,885	0,970	7	0,902

Fuente: propia.

b) Análisis descriptivos de datos; luego de comprobar la normalización de las variables e identificar los valores erráticos, por medio del gráfico de

bigotes (figura 19), se procede a realizar el análisis estadístico descriptivo de cada variable según el sistema de acarreo.

Tabla 14

Análisis estadístico descriptivo sistema de acarreo con carro minero Z-20

Estadístico	Productividad (t/h)	Producción (t)	Cumplimiento (%)	Tiempo de Operación (h)	Costo Unitario (USD/t)
Media	4,004	33,229	99,194	8,300	8,943
Mediana	4,010	33,430	99,790	8,310	8,930
Desviación	0,104	0,888	2,655	0,229	0,247
Desv. Error	0,039	0,336	1,003	0,087	0,093
Mínimo	3,860	31,540	94,140	7,980	8,600
Máximo	4,180	33,960	101,380	8,630	9,300
Rango	0,320	2,420	7,240	0,650	0,700

Fuente: propia.

Tabla 15

Análisis estadístico descriptivo sistema de acarreo con mini dumpers

Estadístico	Productividad (t/h)	Producción (t)	Cumplimiento (%)	Tiempo de Operación (h)	Costo Unitario (USD/t)
Media	10,330	60,654	101,093	5,874	6,700
Mediana	10,350	61,020	101,700	5,880	6,690
Desviación	0,267	1,625	2,706	0,164	0,187
Desv. Error	0,101	0,614	1,023	0,062	0,071
Mínimo	9,970	57,560	95,940	5,640	6,440
Máximo	10,780	61,990	103,320	6,110	6,970
Rango	0,810	4,430	7,380	0,470	0,530

Fuente: propia.

c) Análisis homogeneidad de varianzas; se realiza la prueba de Levene, de acuerdo al P-valor ($\alpha > 0,05$), se acepta H_0 para homogeneidad de varianzas; se observa que las variables productividad, producción, cumplimiento, tiempo de operación y costo unitario, presentan homogeneidad en las varianzas (tabla 16).

Tabla 16
Análisis de homogeneidad de varianzas

Variables	Prueba de homogeneidad de varianzas			
	Levene	gl1	gl2	Sig.
Productividad (t/h)	3,459	1	12	0,088
Producción (t)	1,869	1	12	0,197
Cumplimiento (%)	0,002	1	12	0,963
Tiempo de Operación (h)	1,056	1	12	0,324
Costo Unitario (USD/t)	0,756	1	12	0,402

Fuente: propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

Los hallazgos de los capítulos anteriores se resumen en la Tabla 17, correspondientes a las variables de estudio productividad, producción, cumplimiento, tiempo de operación y costo unitario, referente al estudio de los sistemas de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico.

Tabla 17
Resumen de resultados por fragmentador

Equipo	Estadístico	Productividad (t/h)	Producción (t)	Cumplimiento (%)	Tiempo de Operación (h)	Costo Unitario (USD/h)
Mini Dumpers (μ1)	Media	10,33	60,65	101,09	5,87	6,70
	Desv.	0,27	1,62	2,71	0,16	0,19
	Desv. Error	0,10	0,61	1,02	0,06	0,07
Carro Minero Z-20 (μ2)	Media	4,00	33,23	99,19	8,30	8,94
	Desv.	0,10	0,89	2,65	0,23	0,25
	Desv. Error	0,04	0,34	1,00	0,09	0,09

Fuente: propia.

4.2. Análisis y pruebas del contraste de hipótesis

4.2.1. Productividad del sistema de acarreo

Para contrastar la hipótesis alternativa, el equipo de acarreo de “mini dumper” es más productivo con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional; es necesario proponer la hipótesis alternativa (H1) e hipótesis nula (Ho) en base a los indicadores de evaluación. Respecto al indicador Productividad (t/h); para contrastar resultados de mejora en incremento con una significancia (α): $\alpha = 0,05$, se define las hipótesis de evaluación.

- Hipótesis alternativa (H1): $\mu_1 > \mu_2$; el equipo de acarreo de “mini dumper” es más productivo con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$; el equipo de acarreo de “mini dumper” mantiene la productividad con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

La tabla 18 muestra que el P-valor (Sig = 0,000) es menor que la significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, debido a la diferencia entre las medias,

se decide rechazar H_0 . Además, al observar los valores positivos del intervalo de confianza ($\mu_1 - \mu_2 > 0$), se acepta H_1 ; entonces se puede afirmar que el equipo de acarreo de “mini dumper” es más productivo con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional, con una significancia del 5 %.

Tabla 18
Prueba hipótesis para el indicador productividad

Prueba de muestras independientes		Prueba t para la igualdad de medias						
H1: $\mu_1 > \mu_2$	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias		Intervalo confianza al 95 %		
H0: $\mu_1 = \mu_2$				Medias	Error estándar	Inferior	Superior	
Productividad (t/h)								
Varianzas iguales	58,424	12,00	0,000	6,326	0,108	6,090	6,562	
Varianzas diferentes	58,424	7,77	0,000	6,326	0,108	6,075	6,577	

Fuente: propia.

4.2.2. Producción y cumplimiento del sistema de acarreo

Para contrastar la hipótesis alternativa, el equipo de acarreo “mini dumper” genera una mayor producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional; los indicadores de evaluación deben determinar

la hipótesis alternativa (H1) y la hipótesis nula (Ho). Se definen las hipótesis de evaluación para contrastar los resultados de mejora en incremento con una significancia (α): $\alpha = 0,05$, en relación al indicador de producción (t).

- Hipótesis alternativa (H1): $\mu_1 > \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” genera una mayor producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” mantiene la producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

La tabla 19 muestra que el P-valor (Sig = 0,000) es menor que la significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, debido a la diferencia entre las medias, se decide rechazar Ho. Además, al observar los valores positivos del intervalo de confianza ($\mu_1 - \mu_2 > 0$), se acepta H1; entonces se puede afirmar que el equipo de acarreo “mini dumper” genera una mayor producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional, con una significancia del 5 %.

Tabla 19*Prueba hipótesis para el indicador producción*

Prueba de muestras independientes		Prueba t para la igualdad de medias						
H1: $\mu_1 > \mu_2$	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias		Intervalo confianza al 95 %		
H0: $\mu_1 = \mu_2$				Medias	Error estándar	Inferior	Superior	
Producción (t)	Varianzas iguales	39,188	12,00	0,000	27,426	0,700	25,901	28,951
	Varianzas diferentes	39,188	9,29	0,000	27,426	0,700	25,850	29,001

Fuente: propia.

Se definen las hipótesis de evaluación con respecto al indicador de cumplimiento (%) y para contrastar los resultados de mejora en incremento con una significancia (α): $\alpha = 0,05$.

- Hipótesis alternativa (H1): $\mu_1 > \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” genera una mayor producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” mantiene la producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

La tabla 20 muestra que el P-valor (Sig = 0,210) es mayor que la significancia ($\alpha = 0,05$). Como resultado, se decide aceptar H1 porque hay igualdad entre las medias; entonces se puede afirmar que el equipo de acarreo “mini dumper” el equipo de acarreo “mini dumper” mantiene la producción con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional, respecto al indicador de cumplimiento, con una significancia del 5 %.

Tabla 20
Prueba hipótesis para el indicador cumplimiento

Prueba de muestras independientes		Prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias		Intervalo confianza al 95 %	
H1: $\mu_1 > \mu_2$	H0: $\mu_1 = \mu_2$				Medias	Error estándar	Inferior	Superior
Cumplimiento (%)	Varianzas iguales	1,325	12,00	0,210	1,899	1,433	-1,223	5,020
	Varianzas diferentes	1,325	12,00	0,210	1,899	1,433	-1,223	5,020

Fuente: propia.

4.2.3. Tiempo de operación del sistema de acarreo

Para contrastar la hipótesis alternativa, el equipo de acarreo “mini dumper” presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional; los indicadores de evaluación deben determinar la hipótesis alternativa (H1) y la hipótesis nula

(Ho). Las hipótesis de evaluación se definen con respecto al indicador Tiempo de Operación (h) para contrastar los resultados de mejora en reducción con una significancia (α): $\alpha = 0,05$.

- Hipótesis alternativa (H1): $\mu_1 < \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” mantiene el tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

La tabla 21 muestra que el P-valor (Sig = 0,000) es menor que la significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, debido a la diferencia entre las medias, se decide rechazar Ho. Además, al observar los valores negativos del intervalo de confianza ($\mu_1 - \mu_2 < 0$), se acepta H1; entonces se puede afirmar que el equipo de acarreo “mini dumper” presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional, con una significancia del 5 %.

Tabla 21*Prueba hipótesis para el indicador tiempo de operación*

Prueba de muestras independientes		Prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias		Intervalo confianza al 95 %	
H1: $\mu_1 < \mu_2$	Ho: $\mu_1 = \mu_2$				Medias	Error estándar	Inferior	Superior
Tiempo de Operación (h)	Varianzas iguales	-22,748	12,00	0,000	-2,426	0,107	-2,658	-2,193
	Varianzas diferentes	-22,748	10,87	0,000	-2,426	0,107	-2,661	-2,191

Fuente: propia.

4.2.4. Costo unitario del sistema de acarreo

Para contrastar la hipótesis alternativa, el equipo de acarreo “mini dumper” genera un menor costo operacional con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional; los indicadores de evaluación deben determinar la hipótesis alternativa (H1) y la hipótesis nula (Ho). Se establecen las hipótesis de evaluación en relación al indicador Costo Unitario (USD/h) para contrastar los resultados de mejora en reducción con una significancia (α): $\alpha = 0,05$.

- Hipótesis alternativa (H1): $\mu_1 < \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” genera un menor costo operacional con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.
- Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$; el equipo de acarreo “mini dumper” mantiene el costo operacional con respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional.

Tabla 22
Prueba hipótesis para el indicador costo unitario

Prueba de muestras independientes		Prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias		Intervalo confianza al 95 %	
H1: $\mu_1 < \mu_2$	H0: $\mu_1 = \mu_2$				Medias	Error estándar	Inferior	Superior
Costo Unitario (USD/t)	Varianzas iguales	-19,170	12,00	0,000	-2,243	0,117	-2,498	-1,988
	Varianzas diferentes	-19,170	11,17	0,000	-2,243	0,117	-2,500	-1,986

Fuente: propia.

La tabla 22 muestra que el P-valor (Sig = 0,000) es menor que la significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, debido a la diferencia entre las medias, se decide rechazar Ho. Además, al observar los valores negativos del

intervalo de confianza ($\mu_1 - \mu_2 < 0$), se acepta H_1 ; entonces se puede afirmar que el equipo de acarreo “mini dumper” presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al “carro minero Z-20” en minería convencional, con una significancia del 5 %.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Resultado de productividad

De acuerdo al análisis de contraste de hipótesis, la aplicación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico aumenta considerablemente la productividad de las operaciones, de 4 t/h a 10,33 t/h, generando de esta forma un aporte en la mejora del desarrollo de las operaciones de la unidad productiva Santa Rosa, estableciendo un nuevo presupuesto en la producción, el cual debe ser cumplido para satisfacer la nueva demanda de acarreo de mineral y desmonte. Por lo tanto, se logró una congruencia con la afirmación de los estudios de Anchiraico & Rojas (2020), Alva Rodríguez (2019) y Álvarez Huanca (2014).

4.3.2. Resultado de producción y cumplimiento

De acuerdo al análisis de contraste de hipótesis, la aplicación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico incrementa significativamente la producción de acarreo del Nv 3590, de 33,23 t a 60,65 t, asegurando de esta forma el cumplimiento de la programación del material de acarreo. Este método demuestra que, para cumplir con los objetivos de producción, la selección y reemplazo del equipo deben ser muy bien analizados, cumpliendo con todas las expectativas de factibilidad. Por lo tanto, se logró una congruencia con la afirmación de los estudios de Álvarez Huanca (2014) y Quispe Mamani (2017).

4.3.3. Resultado de tiempo de operación

De acuerdo al análisis de contraste de hipótesis, la aplicación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico reduce significativamente el tiempo de operación de acarreo de mineral y desmonte, de 8,30 h a 5,87 h, incrementando la productividad de acarreo. Este método reduce los retrasos operativos, el acarreo de desmonte y el acarreo de mineral. El mini dumper eléctrico requiere menos tiempo para completar el ciclo de acarreo y cumplir con la producción programada en la operación minera. Por lo

tanto, se logró una congruencia con la afirmación de los estudios de Álvarez Huanca (2014), Quispe Mamani (2017) y Leon Flores (2019).

4.3.4. Resultado de costo unitario

De acuerdo al análisis de contraste de hipótesis, la aplicación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico reduce significativamente el costo unitario de acarreo, de 8,94 USD/t a 6,70 USD/t, incrementando la factibilidad de operaciones de la unidad productiva Santa Rosa. Desde este enfoque, la evaluación de los equipos utilizados en acarreo se basa en su factibilidad operativa para la reducción de costos, por lo que es importante utilizar equipos que reduzcan los costos operativos, como lo demuestra el mini dumper eléctrico. Por lo tanto, se logra una congruencia con la afirmación de los estudios de investigación de Quispe Mamani (2017) y León Flores (2019).

CONCLUSIONES

La aplicación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico en la unidad productiva Santa Rosa aumenta considerablemente la productividad de las operaciones de acarreo respecto al sistema de acarreo con carro minero Z-20, de 4 t/h a 10,33 t/h, generando un aporte de mejora al desarrollo de nuevas labores para satisfacer la demanda de acarreo de mineral y desmonte.

El sistema de acarreo con mini dumper eléctrico incrementa significativamente la producción de acarreo del Nv 3590, de 33,23 t a 60,65 t, asegurando el cumplimiento de la programación del material de acarreo respecto al sistema de acarreo con carro minero Z-20.

El sistema de acarreo con mini dumper eléctrico reduce significativamente el tiempo de operación de acarreo de mineral y desmonte, de 8,30 h a 5,87 h, incrementando la productividad de acarreo respecto al sistema de acarreo con carro minero Z-20.

El sistema de acarreo con mini dumper eléctrico reduce significativamente el costo unitario de acarreo, de 8,94 USD/t a 6,70 USD/t, incrementando la factibilidad de operaciones de la unidad productiva Santa Rosa respecto al sistema de acarreo con carro minero Z-20.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis general de los aspectos técnicos y operativos de la implementación del sistema de acarreo con mini dumper eléctrico, para determinar la factibilidad de las operaciones del nivel de estudio, enfocando el análisis a los niveles de riesgo que pueda generar su implementación.

Se recomienda capacitar periódicamente a los operadores de los equipos para mejorar la toma de decisiones del operador, en cuanto a medidas correctivas y preventivas antes, durante y después de las operaciones de los mini dumpers eléctricos para reducir los riesgos existentes.

Se recomienda fomentar la implementación de equipos mini dumper eléctricos a zonas con similar operación minera, su factibilidad se incrementa en la minería subterránea convencional, mejorando tecnológicamente el sistema de acarreo.

Se recomienda realizar un estudio del impacto de la implementación del sistema de acarreo con mini dumpers eléctrico en la seguridad y salud ocupacional de unidad productiva Santa Rosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alva Rodríguez, C. A. (2019). *Mejora continua en el proceso operativo de carguío y acarreo de material para aumentar la productividad, minera Hudbay-Cusco 2017. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].* Repositorio Institucional – Universidad Cesar Vallejo.

Álvarez Huanca, V. O. (2014). *Cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - Unidad Minera de Arcata. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín].* Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Nacional de San Agustín.

Anchiraico Giraldo, A. L. y Rojas Oré, K. R. (2020). *Optimización del sistema de acarreo y transporte en labores de preparación de las zonas de profundización mediante la metodología Six Sigma operada por la E.C.M. Zicsa en la Unidad Minera Inmaculada. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].* Repositorio Institucional – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Equipo Minero (2014). *La selección de equipos es clave para la productividad de las operaciones de carga y acarreo subterráneas.* <https://www.equipominero.com/contenidos/seleccion-equipos-productividad-operaciones-cargaacarreo-subterraneas/>

Esam (2019). *Logística de transporte en la industria minera: ¿cómo se maneja en el Perú?* <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/03/logistica-detransporte-en-la-industria-minera-como-se-maneja-en-el-peru/>

Gerens (2021). *Los 10 principales riesgos y oportunidades para la minería.* <https://gerens.pe/blog/los-10-principales-riesgos-y-oportunidades-comercialespara-la-mineria-y-los-metales-en-2021/>

Leon Flores, E. F. (2019). *Análisis de la implementación de la transición de equipos de transporte “dumper a volquete” en una mina subterránea.* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Católica del Perú.

Maccha Valle, J. C. (2018). *Selección y rendimiento de equipo pesado en la mina subterránea de Compañía Minera Atacocha S.A.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Quispe Mamani, W. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo CIA, de minas Buenaventura Arequipa.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de San Agustín.

Agustin.

UNAM (2003). *Tutorial para la asignatura costos y presupuestos.* Díaz
Alonso et al, Ed.; Fondo Editorial FCA.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicadores	Metodología
<p>Análisis de Productividad para Selección de Equipo de Acarreo, "Carro Minero Z-20" Versus "Mini Dúmpers", en Minería Convencional de La U.P. Santa Rosa, 2022</p>	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Variable Independiente	Tipo de Investigación
	¿Existe una diferencia significativa de productividad entre los equipos de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" en minería convencional?	Determinar la productividad que presenta los equipos de acarreo "carro minero Z-20" versus "mini dumper" en minería convencional.	El equipo de acarreo de "mini dumper" es más productivo con respecto al "carro minero Z-20" en minería convencional.	VI: Sistema de Acarreo	Especificaciones técnicas Ciclo de acarreo (min) -Tiempo de carguío (min) -Tiempo de ida (min) -Tiempo de descarga (min) -Tiempo de retorno (min) Eficiencia (%)	Investigación aplicada de enfoque cuantitativo.
						Nivel de Investigación
						Investigación de diseño no experimental.
						Método de Investigación
						La investigación enfoque descriptivo cuantitativa de diseño no experimental.
	Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	Variable Dependiente	Variable Dependiente	Población y Muestra
	¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" respecto a la producción en minería convencional?	Determinar la producción del equipo de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" en minería convencional.	El equipo de acarreo "mini dumper" genera una mayor producción con respecto al "carro minero Z-20" en minería convencional.	VD: Productividad del Sistema de Acarreo	Productividad de acarreo (t/h) Producción Nv 3590 (t) Tiempo de operación (h) Costo unitario (USD/t)	La población corresponde a la aplicación del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico en la unidad productiva Santa Rosa. La muestra corresponde a la aplicación del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers en el Nv 3590.
				Variables Asociadas	Variables Asociadas	Técnicas e Instrumentos
	¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" respecto al tiempo de operación del ciclo de acarreo en minería convencional?	Determinar los tiempos de operación del ciclo de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" en minería convencional.	El equipo de acarreo "mini dumper" presenta un menor tiempo de operación en el ciclo de acarreo respecto al "carro minero Z-20" en minería convencional.	Recursos Humanos Operaciones Topografía	Operador mina Ayudantes mina Método de explotación Sistema de extracción por tolvas Rutas de acarreo según destino	Se aplica técnica de observación y análisis documental del sistema de acarreo con carro minero Z-20 y mini dumpers eléctrico. Respecto a los instrumentos se aplica guías de observación, guías de análisis documental, confiabilidad y validez. El procedimiento de se realiza en preliminarmente, campo y gabinete.
				Mantenimiento	Equipos de acarreo Componentes de equipos Supervisión de equipos	El tratamiento de datos corresponde al análisis descriptivo de la variable independiente y análisis cuantitativo de la variable productividad, producción, cumplimiento, tiempo de operación y costo unitario; el análisis estadístico y normalidad se realiza con la prueba de Shapiro Wilk, el análisis de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene, y el contraste de hipótesis del investigador con la prueba t Student del programa SPSS.
	¿En qué medida influye la selección de equipo de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" respecto al costo en minería convencional?	Calcular los costos operacionales de los equipos de acarreo "mini dumper" versus "carro minero Z-20" en minería convencional.	El equipo de acarreo "mini dumper" genera un menor costo operacional con respecto al "carro minero Z-20" en minería convencional.	Proyectos	Adquisición de equipos Infraestructura de acarreo	

Fuente: propia.

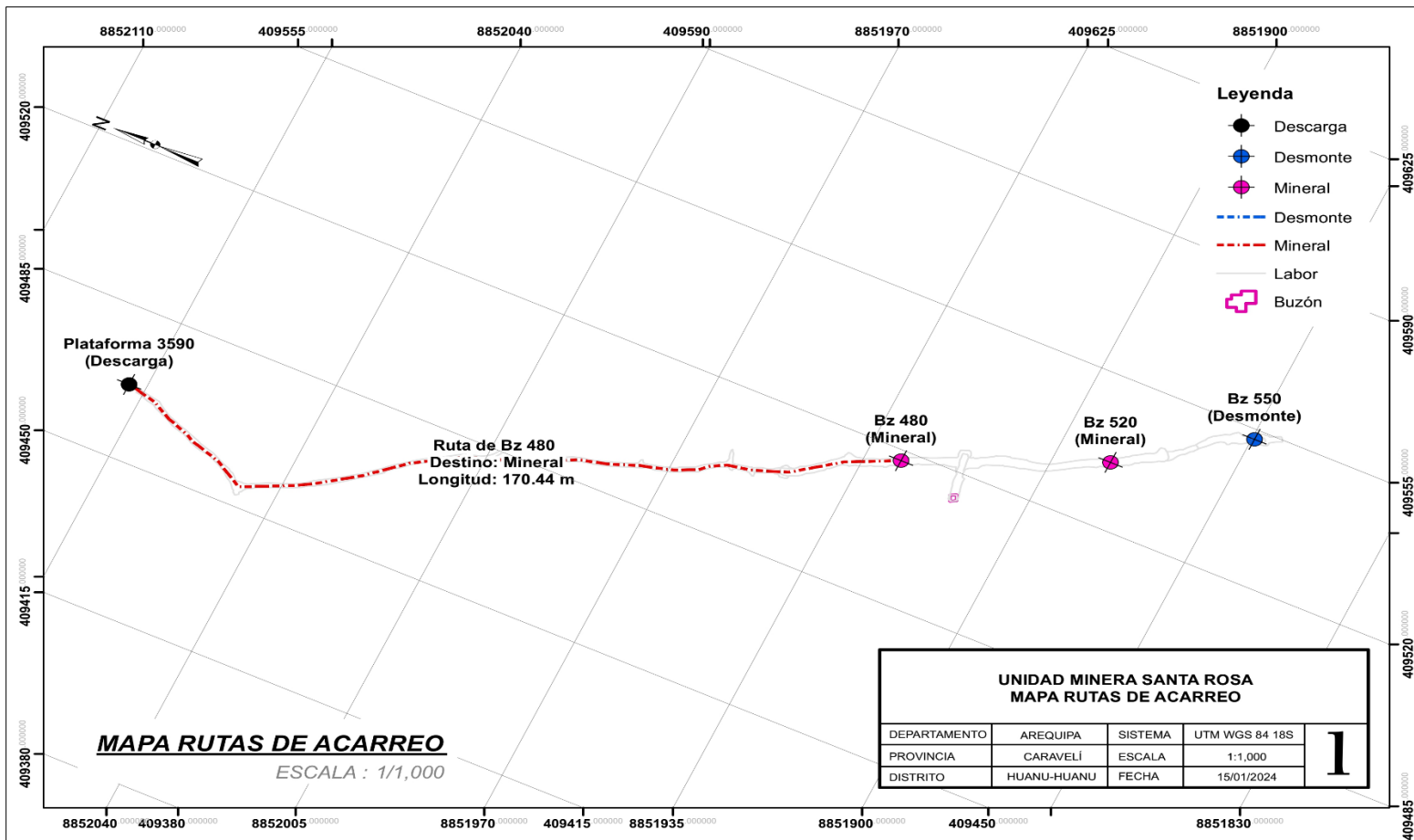
Anexo 2. Especificaciones Técnicas del Mini Dumpers

Especificaciones Técnicas del Equipo

Color	Amarrillo
Marca	SL Dumpers
Modelo	LK-135 2 000 W
Tipo de motor	Eléctrico
Número de baterías	5 und
Capacidad de carga	1 500 kg
Carrocería	Acero
Peso neto	500 kg
Potencia de motor de levante de tolva	1 000 W
Potencia de motor de tracción	2 000 W
Tiempo de carga	6 h
Tiempo de trabajo	8 h
Velocidad máxima	25 km/h
Grado de inclinación de la tolva	25°
Espesor de la tolva	3 mm
Tamaño del vehículo	2,90 m x 0,90 m x 1,10 m
Tamaño de la tolva	1,45 m x 0,90 m x 0,60 m
Cargador	Incluido con el producto, no requiere de una instalación especial para el cargado.

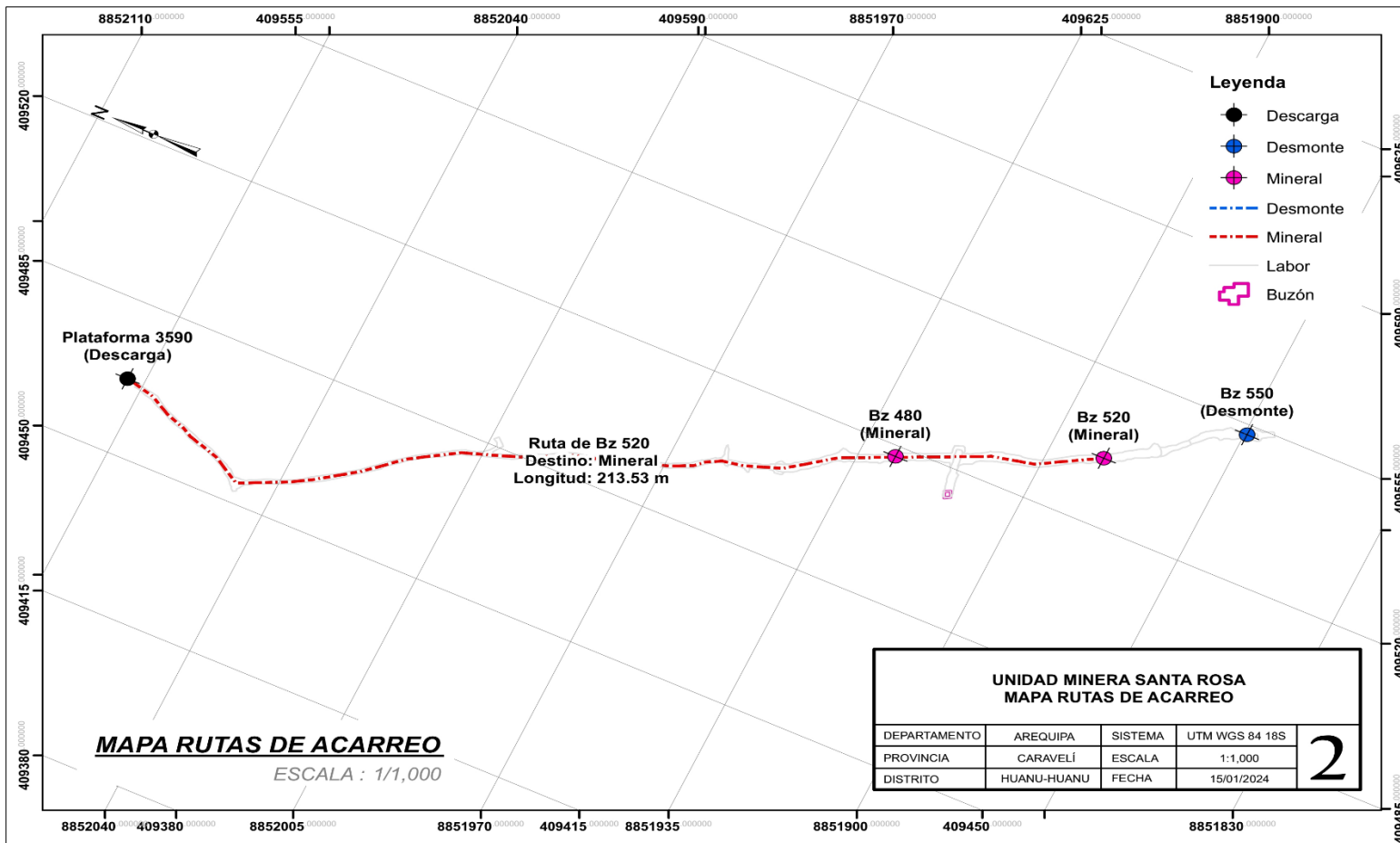
Fuente: Propia.

Anexo 3. Ruta de Acarreo Bz 480 Destino Mineral



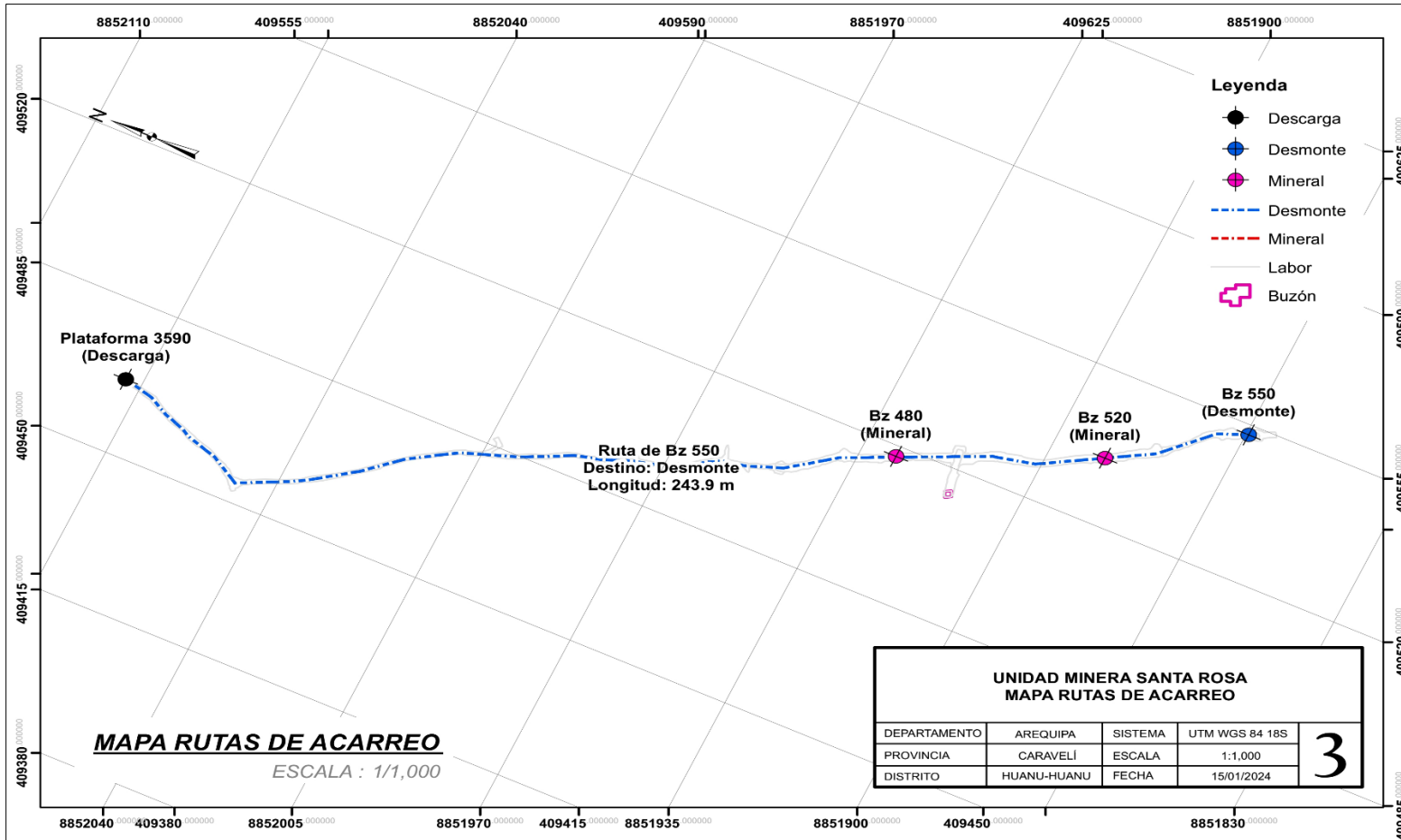
Fuente: Propia.

Anexo 4. Ruta de Acarreo Bz 520 Destino Mineral



Fuente: Propia.

Anexo 5. Ruta de Acarreo Bz 550 Destino Desmante



Fuente: Propia.

Anexo 6. Control del Sistema de Acarreo con Carro Minero Z-20

Fecha	Actividad	Destino	Distancia (m)	Carguío (min)	Ida (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Ciclo de Acarreo (min)	Tiempo (h)	Tiempo Acumulado (h)	Descripción	Capacidad (m3)	Peso Específico (g/m3)	Tonelaje (t)	Tonelaje Acumulado (t)
15/05/2023	Charla de seguridad								0,25	0,25	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Reparto de guardia								0,17	0,42	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Traslado de personal								0,25	0,67	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Traslado de equipos								0,13	0,80	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	0,88	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	7,12	1,00	5,93	17,05	0,28	1,17	Operación	0,41	2,80	1,148	1,15
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	6,89	1,00	5,83	16,72	0,28	1,45	Operación	0,41	2,80	1,148	2,30
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	7,36	1,00	5,84	17,20	0,29	1,73	Operación	0,41	2,80	1,148	3,44
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	6,98	1,00	5,81	16,79	0,28	2,01	Operación	0,41	2,80	1,148	4,59
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	6,77	1,00	5,73	16,50	0,28	2,29	Operación	0,41	2,80	1,148	5,74
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	7,27	1,00	5,87	17,13	0,29	2,57	Operación	0,41	2,80	1,148	6,89
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	6,80	1,00	5,82	16,62	0,28	2,85	Operación	0,41	2,80	1,148	8,04
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	6,99	1,00	6,11	17,10	0,29	3,14	Operación	0,41	2,80	1,148	9,18
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	7,53	1,00	5,85	17,38	0,29	3,43	Operación	0,41	2,80	1,148	10,33
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	7,30	1,00	5,98	17,27	0,29	3,71	Operación	0,41	2,80	1,148	11,48
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	3,80	Demoras operativas				11,48
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,76	1,00	4,82	14,58	0,24	4,04	Operación	0,41	2,80	1,148	12,63
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,65	1,00	4,77	14,42	0,24	4,28	Operación	0,41	2,80	1,148	13,78
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,92	1,00	4,62	14,54	0,24	4,52	Operación	0,41	2,80	1,148	14,92
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,98	1,00	5,01	14,99	0,25	4,77	Operación	0,41	2,80	1,148	16,07
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,72	1,00	4,58	14,30	0,24	5,01	Operación	0,41	2,80	1,148	17,22
15/05/2023	Almuerzo/refrigerio								0,75	5,76	Demoras operativas				17,22
15/05/2023	Traslado de personal								0,25	6,01	Demoras operativas				17,22
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	6,09	Demoras operativas				17,22
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,43	1,00	4,75	14,17	0,24	6,33	Operación	0,41	2,80	1,148	18,37
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,49	1,00	4,58	14,07	0,23	6,56	Operación	0,41	2,80	1,148	19,52
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,77	1,00	4,49	14,26	0,24	6,80	Operación	0,41	2,80	1,148	20,66
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,92	1,00	4,69	14,61	0,24	7,05	Operación	0,41	2,80	1,148	21,81
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,74	1,00	4,65	14,38	0,24	7,29	Operación	0,41	2,80	1,148	22,96
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	5,76	1,00	4,83	14,58	0,24	7,53	Operación	0,41	2,80	1,148	24,11
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	7,61	Demoras operativas				24,11
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,06	1,00	6,57	18,64	0,31	7,92	Operación	0,41	2,50	1,025	25,13
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,24	1,00	6,99	19,23	0,32	8,24	Operación	0,41	2,50	1,025	26,16
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,46	1,00	6,42	18,88	0,31	8,56	Operación	0,41	2,50	1,025	27,18
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	7,75	1,00	7,13	18,88	0,31	8,87	Operación	0,41	2,50	1,025	28,21
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,25	1,00	6,69	18,94	0,32	9,19	Operación	0,41	2,50	1,025	29,23
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,08	1,00	6,42	18,50	0,31	9,50	Operación	0,41	2,50	1,025	30,26
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,27	1,00	6,74	19,01	0,32	9,81	Operación	0,41	2,50	1,025	31,28
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	8,19	1,00	6,65	18,83	0,31	10,13	Operación	0,41	2,50	1,025	32,31
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	7,81	1,00	7,06	18,87	0,31	10,44	Operación	0,41	2,50	1,025	33,33
15/05/2023	Revisión preventiva y guardado de equipo								0,25	10,69	Demoras operativas				33,33
15/05/2023	Traslado del personal								0,08	10,77	Demoras operativas				33,33

Fuente: propia.

Anexo 7. Control del Sistema de Acarreo con Mini Dumpers

Fecha	Actividad	Destino	Distancia (m)	Carguío (min)	Ida (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Ciclo de Acarreo (min)	Tiempo (h)	Tiempo Acumulado (h)	Descripción	Capacidad (m3)	Peso Específico (g/m3)	Tonelaje (t)	Tonelaje Acumulado (t)
15/05/2023	Charla de seguridad								0,25	0,25	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Reparto de guardia								0,17	0,42	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Traslado de personal								0,25	0,67	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Traslado de equipos								0,05	0,72	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	0,80	Demoras operativas				0,00
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,37	1,00	1,78	8,15	0,14	0,94	Operación	0,51	2,80	1,428	1,43
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,37	1,00	1,76	8,13	0,14	1,07	Operación	0,51	2,80	1,428	2,86
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,47	1,00	1,71	8,18	0,14	1,21	Operación	0,51	2,80	1,428	4,28
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,29	1,00	1,78	8,07	0,13	1,34	Operación	0,51	2,80	1,428	5,71
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,39	1,00	1,77	8,16	0,14	1,48	Operación	0,51	2,80	1,428	7,14
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,30	1,00	1,84	8,14	0,14	1,61	Operación	0,51	2,80	1,428	8,57
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,43	1,00	1,88	8,31	0,14	1,75	Operación	0,51	2,80	1,428	10,00
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,50	1,00	1,76	8,26	0,14	1,89	Operación	0,51	2,80	1,428	11,42
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,43	1,00	1,70	8,13	0,14	2,03	Operación	0,51	2,80	1,428	12,85
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,47	1,00	1,69	8,16	0,14	2,16	Operación	0,51	2,80	1,428	14,28
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,39	1,00	1,77	8,16	0,14	2,30	Operación	0,51	2,80	1,428	15,71
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,36	1,00	1,75	8,11	0,14	2,43	Operación	0,51	2,80	1,428	17,14
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,49	1,00	1,69	8,18	0,14	2,57	Operación	0,51	2,80	1,428	18,56
15/05/2023	Bz 520	Mineral	213,53	3,00	2,47	1,00	1,84	8,31	0,14	2,71	Operación	0,51	2,80	1,428	19,99
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	2,79	Demoras operativas				19,99
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,80	1,00	1,46	7,26	0,12	2,91	Operación	0,51	2,80	1,428	21,42
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,93	1,00	1,47	7,40	0,12	3,04	Operación	0,51	2,80	1,428	22,85
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,85	1,00	1,42	7,27	0,12	3,16	Operación	0,51	2,80	1,428	24,28
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,84	1,00	1,36	7,20	0,12	3,28	Operación	0,51	2,80	1,428	25,70
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,88	1,00	1,39	7,27	0,12	3,40	Operación	0,51	2,80	1,428	27,13
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,81	1,00	1,49	7,30	0,12	3,52	Operación	0,51	2,80	1,428	28,56
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,85	1,00	1,45	7,30	0,12	3,64	Operación	0,51	2,80	1,428	29,99
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,88	1,00	1,42	7,29	0,12	3,76	Operación	0,51	2,80	1,428	31,42
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,81	1,00	1,38	7,19	0,12	3,88	Operación	0,51	2,80	1,428	32,84
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,85	1,00	1,41	7,25	0,12	4,00	Operación	0,51	2,80	1,428	34,27
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,84	1,00	1,37	7,21	0,12	4,12	Operación	0,51	2,80	1,428	35,70
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,97	1,00	1,47	7,44	0,12	4,25	Operación	0,51	2,80	1,428	37,13
15/05/2023	Almuerzo/refrigerio								0,75	5,00	Demoras operativas				37,13
15/05/2023	Traslado de personal								0,05	5,05	Demoras operativas				37,13
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	5,13	Demoras operativas				37,13
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,92	1,00	1,39	7,31	0,12	5,25	Operación	0,51	2,80	1,428	38,56
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,97	1,00	1,38	7,35	0,12	5,37	Operación	0,51	2,80	1,428	39,98
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,93	1,00	1,46	7,39	0,12	5,50	Operación	0,51	2,80	1,428	41,41
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,93	1,00	1,35	7,27	0,12	5,62	Operación	0,51	2,80	1,428	42,84
15/05/2023	Bz 480	Mineral	170,44	3,00	1,82	1,00	1,36	7,18	0,12	5,74	Operación	0,51	2,80	1,428	44,27
15/05/2023	Inspección de SSO								0,08	5,82	Demoras operativas				44,27
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,73	1,00	2,06	8,79	0,15	5,97	Operación	0,51	2,50	1,275	45,54
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,82	1,00	2,15	8,96	0,15	6,12	Operación	0,51	2,50	1,275	46,82
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,65	1,00	2,07	8,72	0,15	6,26	Operación	0,51	2,50	1,275	48,09
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,64	1,00	1,98	8,61	0,14	6,41	Operación	0,51	2,50	1,275	49,37
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,74	1,00	2,05	8,80	0,15	6,55	Operación	0,51	2,50	1,275	50,64
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,86	1,00	2,09	8,96	0,15	6,70	Operación	0,51	2,50	1,275	51,92
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,61	1,00	2,14	8,74	0,15	6,85	Operación	0,51	2,50	1,275	53,19
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,57	1,00	2,10	8,67	0,14	6,99	Operación	0,51	2,50	1,275	54,47
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,83	1,00	2,03	8,86	0,15	7,14	Operación	0,51	2,50	1,275	55,74
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,72	1,00	2,05	8,77	0,15	7,29	Operación	0,51	2,50	1,275	57,02
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,85	1,00	1,99	8,84	0,15	7,43	Operación	0,51	2,50	1,275	58,29
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,76	1,00	2,04	8,80	0,15	7,58	Operación	0,51	2,50	1,275	59,57
15/05/2023	Bz 550	Desmante	243,9	3,00	2,66	1,00	2,07	8,74	0,15	7,73	Operación	0,51	2,50	1,275	60,84
15/05/2023	Revisión preventiva y guardado de equipo								0,25	7,98	Demoras operativas	0,51	2,50	1,275	62,12
15/05/2023	Traslado del personal								0,05	8,03	Demoras operativas	0,51	2,50	1,275	63,39

Fuente: propia.

Anexo 8. Registro de Producción del Sistema de Acarreo con Carro Minero Z-20

Fecha	Mineral		Desmante		Total		Cumplimiento (t)
	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	
15/05/2023	24,11	24	9,23	9,5	33,33	33,5	100%
16/05/2023	24,50	24	9,37	9,5	33,87	33,5	101%
17/05/2023	24,18	24	9,25	9,5	33,43	33,5	100%
18/05/2023	24,56	24	9,40	9,5	33,96	33,5	101%
19/05/2023	22,81	24	8,73	9,5	31,54	33,5	94%
20/05/2023	23,56	24	9,01	9,5	32,57	33,5	97%
21/05/2023	24,52	24	9,38	9,5	33,90	33,5	101%

Fuente: Propia.

Anexo 9. Registro de Producción del Sistema de Acarreo con Mini Dumpers

Fecha	Mineral		Desmunte		Total		Cumplimiento (t)
	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	Tonelaje Real (t)	Tonelaje Programado (t)	
15/05/2023	44,27	44	16,58	16	60,84	60	101%
16/05/2023	44,98	44	16,84	16	61,83	60	103%
17/05/2023	44,40	44	16,62	16	61,02	60	102%
18/05/2023	45,11	44	16,89	16	61,99	60	103%
19/05/2023	41,88	44	15,68	16	57,56	60	96%
20/05/2023	43,26	44	16,20	16	59,46	60	99%
21/05/2023	45,02	44	16,86	16	61,88	60	103%

Fuente: Propia.