

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE
MINERAL MEDIANTE EQUIPOS DE BAJO
PERFIL MOTORIZADOS EN EL INCREMENTO
DE PRODUCCIÓN EN SERMEP - PATAZ, 2023”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Ivan Antenor Miguel Quepque

Asesor:

Mg. Ing. Nixon Brayan Peche Melo

Código ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-4690-3518>

Trujillo - Perú

2024

Jurado evaluador

Jurado 1 Presidente(a)	JVAN JOVANOVIC AGUIRRE
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	NIXON BRAYAN PECHE MELO
	Nombre y Apellidos

Informe de similitud



Página 2 of 85 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trrcid::1:3089132713




19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1331 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 of 85 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trrcid::1:3089132713

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mis padres, quienes con su inmenso amor y apoyo inquebrantable me han enseñado a perseguir mis sueños con determinación.

A mis hermanos, por su invaluable compañía, su apoyo constante y por todos los momentos que hemos compartido durante esta etapa.

Iván Antenor Miguel Quepque

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, por su amor incondicional y su constante motivación, por enseñarme el valor de la perseverancia y guiarme hacia mis metas.

A mis amigos, compañeros incondicionales, por su apoyo, su presencia y por todos los momentos compartidos que hicieron de esta etapa una experiencia memorable.

Agradezco a mis profesores, en especial a mi asesor Ing. Nixon Brayan Peche Melo, por su guía excepcional, sus consejos y su gran aporte a mi formación académica.

Agradecido con la Universidad Privada del Norte, por proporcionarme las herramientas y el ambiente ideal para mi crecimiento académico.

Iván Antenor Miguel Quepque

Tabla de contenido

	Pág.
Jurado evaluador.....	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenido.....	6
Índice de tablas	8
Índice de figuras	9
Resumen	10
Abstract.....	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	23
1.3. Objetivos	23
1.4. Hipótesis	24
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	25
2.1. Tipo de investigación.....	25
2.1.1. Según el propósito	25
2.1.2. Según el diseño	25
2.2. Diseño de investigación.....	26
2.3. Variables	26
2.3.1. V1: Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados	26
2.3.2. V2: Producción en una empresa minera	27
2.4 Población y muestra.....	28
2.4.1 Población	28
2.4.2 Muestra	29
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	29
2.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	29
2.5.2. Instrumentos de recolección de datos	29
2.5.3. Validación del instrumento de recolección de datos	31

2.5.4 Procedimientos y análisis de datos	31
2.6 Consideraciones éticas.....	33
CAPÍTULO III: RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
4.1 Discusión	50
4.2 Conclusiones.....	58
REFERENCIAS	60
ANEXOS	62
ANEXO N° 1. Matriz de Consistencia.....	62
ANEXO N° 2. Matriz de operacionalización de variables.....	63
ANEXO N° 3. Ficha de observación tiempo de acarreo	64
ANEXO N° 4. Ficha de observación de transporte.....	65
ANEXO N° 5. Ficha Técnica Ficha de observación tiempo de acarreo.....	66
ANEXO N° 6. Ficha Técnica tiempo de Transporte (Sistema de vagones).....	68
ANEXO N° 7. Ficha Técnica Ficha de observación tiempo de acarreo (Eq. Mot Bajo Perfil).....	69
ANEXO N° 8. Ficha Técnica tiempo de transporte (Eq. Mot Bajo Perfil).....	70
ANEXO N° 9. Validación de experto de instrumentos.....	71

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Durabilidad del ciclo (min).</i>	21
Tabla 2: Matriz de clasificación de variables.	27
Tabla 3: <i>Matriz de operacionalización de variable independiente.</i>	27
Tabla 4: <i>Matriz de operacionalización de variable dependiente.</i>	28
Tabla 5: <i>Producción diaria de mineral acarreo por tren y pala neumática.</i>	37
Tabla 6: <i>Cantidad de viajes por labor.</i>	38
Tabla 7: <i>Tiempo de ciclo de carguío.</i>	38
Tabla 8: <i>Cantidad de viajes según la unidad de acarreo.</i>	39
Tabla 9: <i>Requerimientos de acarreo.</i>	39
Tabla 10: <i>Producción diaria.</i>	44
Tabla 11: <i>Tiempo de acarreo.</i>	44
Tabla 12: <i>Impacto en los beneficios.</i>	45
Tabla 13: <i>Costo de equipos de bajo perfil</i>	46
Tabla 14: <i>Comparación técnico-económica</i>	46
Tabla 15: <i>Impacto en los parámetros de producción.</i>	48

Índice de figuras

Figura 1: <i>Ficha 001: Ficha de observación de tiempo de acarreo.</i>	30
Figura 2: <i>Ficha 002: Ficha de observación de transporte.</i>	30
Figura 3: <i>Aspectos Éticos</i>	34
Figura 4: <i>Organización de la empresa.</i>	35
Figura 5: <i>Acarreo dentro del proceso de producción de mineral.</i>	37
Figura 6: <i>Proceso de carga de vagón de locomotora mediante pala hidráulica</i>	40
Figura 7: <i>Scooptram CAT R1600 H detalles de su flexibilidad.</i>	41
Figura 8: <i>Scooptram CAT R1600 H desempeño en minería subterránea.</i>	42
Figura 9: <i>Camión Dumper CAT AD45.</i>	43
Figura 10: <i>Camión Dumper CAT AD45 desempeño en mina subterránea.</i>	43
Figura 11: <i>Impacto en volumen y peso de acarreo.</i>	45
Figura 12: <i>Impacto en producción y valor de oro</i>	46
Figura 13: <i>Impacto en la producción diaria.</i>	49
Figura 14: <i>Impacto en el tiempo de ciclo.</i>	49

Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo determinar el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en una empresa minera. La muestra estuvo compuesta de indicadores de producción y acarreo 2021 (pretest) y 2023 (post test), se utilizaron fichas de observación de producción minera y de transporte - acarreo de mineral. Los resultados permiten concluir: que el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados incrementaron el volumen de acarreo en 556.8 m³, es decir la producción o cantidad de acarreo se incrementó en 181%, las labores a atender se incrementaron en 4, por otro lado el tiempo de ciclo disminuyó en 1.59 minutos (79%). Se determinó los requerimientos de acarreo debido al incremento de metas de producción, por lo que se seleccionó como equipo de acarreo un Scooptram CAT R1600 con una capacidad de manipulación de mineral de 10.2 TM y como equipo de transporte se seleccionó el Camión Dumper CAT AD45 con capacidad de 45 TM lo que lo hace suficiente para las metas de la empresa y proyecciones futuras, con lo que se solucionó la necesidades de acarreo.

Palabras Clave: Mineral – acarreo y transporte, Acarreo – mineral- técnicas .

Abstract

The objective of this research was to determine the impact of optimizing mineral transportation using low-profile motorized equipment on increasing production in a mining company. The sample was composed of production and haulage indicators 2021 (pretest) and 2023 (post-test), observation sheets for mining production and transportation - mineral haulage were used. The results allow us to conclude: that the impact of the optimization of mineral transportation using low-profile motorized equipment increased the hauling volume by 556.8 m³, that is, the production or hauling quantity increased by 181%, the tasks to be attended to increased. in 4, on the other hand, the cycle time decreased by 1.59 minutes (79%). The hauling requirements were determined due to the increase in production goals, so a CAT R1600 Scooptram with a mineral handling capacity of 10.2 MT was selected as hauling equipment and the CAT AD45 Dumper Truck with capacity of 45 MT, which makes it sufficient for the company's goals and future projections, thereby solving the transportation needs.

Keywords: Mineral – hauling and transportation, Hauling – mineral – techniques

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel global la productividad de las operaciones mineras tiene como una de las principales variables el acarreo de mineral, esto está compuesto del tiempo de carga de las unidades de transporte, y el tiempo de transporte del mineral del punto de carga dentro de la mina hacia las plantas de beneficio, que depende a su vez del tipo de equipos de transporte, y los equipos de remoción y carga de mineral; para este fin se usan muchas tecnologías en función de las metas de producción, costos y finanzas; en los sistemas mineros avanzados y altamente productivos se usan para este fin equipos Scooptram y equipo de cargadores LHD (Load, Haul, Dump), también conocidos como máquinas LHD o máquinas de carga, transporte y descarga, o simplemente Dumper, estos equipos permiten altos niveles de productividad dado su adaptación a las labores mineras, las mismas que van avanzando continuamente a medida que la explotación minera avanza en las galerías (Stupnik et al., 2021).

En la compañía en estudio, contratista de una de las principales empresas mineras de la región en la actividad de acarreo y transporte de mineral el mismo que se realizaba mediante locomotoras a batería y líneas trolley (tecnología tradicional), las mismas que presentaban una capacidad limitada por su diseño, son muy susceptibles al estado de las vías ya que de estas líneas toman la energía lo que requiere de un mantenimiento constante del personal a fin de que éstas estén despejadas, poniendo en riesgo la vida de los colaboradores de mantenimiento, ya que tanto las locomotoras a batería como líneas trolley no dejan tiempo adecuado para la limpieza de las vías, por otro lado a medida que avanza la explotación minera requiere una operación costosa de ampliación de estas vías para que

ingrese tanto las locomotoras la batería, como las locomotoras por línea trolley, las mismas cuya capacidad es limitada.

En los recientes años, la mina necesita ampliar su producción, por lo que el sistema de transporte de mineral requería tener mayor capacidad y flexibilidad, y teniendo como cuello de botella la capacidad limitada del sistema de acarreo y transporte mediante trenes trolley, por lo que se tuvo que cambiar el sistema de transporte a equipos motorizados de bajo perfil, Scooptram y LHD para llevar a cabo las operaciones de acarreo.

Esto requirió el acondicionamiento de las vías dentro de las galerías desde la zona de limpieza de mineral hasta las chimeneas colectoras, y de estas hacia la planta de concentración, con recorridos dentro de las labores mineras, adecuar la superficie de rodadura de las unidades de carga y acarreo. Esta labor es mucho más productiva, debido a que los equipos de acarreo y carga de bajo perfil son muy flexibles, tiene mayor velocidad, y tienen menores requerimientos de superficie de rodadura, no interrumpiéndose su actuación por obstáculos en el camino dificultades con las conexiones eléctricas o el delicado uso de baterías y ciclos de carga. Por otro lado El incremento de distancia a medida que avanza la explotación es fácil de acondicionar y de que los equipos de carga y acarreo continúe su operación, aspecto que es mucho más complicado en el sistema de locomotoras a batería o equipos troll. Por otro lado, el uso de equipos de bajo perfil tiene mayor capacidad y versatilidad e independencia, aspecto que no sucede con el acarreo mediante locomotoras o equipos troll.

Referente a los antecedentes, en el ámbito nacional, destacó Pizán (2023) con su investigación estimación de resultados de remoción de suelos de la obra lixiviación de Carachugo - etapa 14-Cajamarca. El diseño utilizado es

cuasiexperimental, ya que compara el desempeño de diferentes máquinas en condiciones controladas para obtener datos precisos sobre su eficiencia. Los resultados se obtuvieron la cantidad de material utilizado, horas efectivas, horas de mano de obra disponible y horas disponibles para obtener resultados promedios, evidenciando que el desempeño hipotético de cada máquina arrojó unos resultados medios de 128,84 m³/hora la excavadora Cat 336 D2L en carga, 45,49 m³-Km/hora el volquete en carga y 111,16 m³/hora el remolcador Cat D6T. Se concluyó que la excavadora Cat 336 D2L en carga mostró el mayor rendimiento en términos de volumen de suelo removido por hora, seguida por el remolcador Cat D6T y el volquete en carga

Camino (2023) en su investigación cuyo fin fue lograr un uso eficiente del tiempo libre previsto por equipo en la ejecución de funciones adicionales. Se clasifica como un estudio de evaluación de eficiencia operativa, basada en un diseño cuasiexperimental. Como resultado, la eficiencia operacional del Camión Cat 794AC CMD fue del 81,77% y en cuanto la plataforma eléctrica Cat 7945 se situó en el 40,36% que según los valores OEE (Eficacia General del Equipo) o por el término en inglés “Overall Equipment Effectiveness” se considera aceptable, por lo que debemos seguir gestionando nuevas mejoras para determinar la causa de la pérdida de tiempo para determinar el agente corrector del incidente para optimizar la eficiencia global de los equipamientos de acarreos de minerales. Se concluyó que, aunque la eficiencia operacional del Camión Cat 794AC CMD fue relativamente alta, existieron oportunidades significativas para mejorar la eficiencia de la plataforma eléctrica Cat 7945.

Alva (2019) en su investigación cuyo fin fue análisis en el ciclo de cargamento y transporte de minerales en la empresa minera Yanacocha SRL. Se

clasifica como un estudio de análisis de eficiencia operativa y de mejora continua en el sector minero, fundamentada en el diseño cuasiexperimental. Los resultados muestran que, el crecimiento de la productividad eficaz del equipamiento de cargamento fue de 3.270,2 t/h, lo que implica un crecimiento de 87,5%, ahorro mensual de 150.072 dólares - 133.956 dólares = 16.116 dólares, mejor aprovechamiento de materiales, maquinaria y mano de obra, disminución del tiempo de operación, mejoramiento de la seguridad y calidad laboral. Se concluyó que las mejoras implementadas en los equipos y procesos de cargamento y transporte resultaron en un aumento significativo de la productividad y un considerable ahorro económico mensual.

Maraví (2019) en su investigación cuyo fin fue diseñar una base para la línea de remonte de la mina Rafael SAC. El estudio se basó en un enfoque cuantitativo, de diseño experimental. Los resultados mostraron que la velocidad media generada por el tráfico de camiones en el tramo equipado con balasto fue de 22,43 km/h, mientras que con la dosificación correcta en el tramo "muestra 14" fue de 25,64 km/h, es decir, el tramo de balasto tuvo 3,21 km/h menos que la muestra 14. la capa de rodadura del tramo tuvo un mejor comportamiento estructural en comparación con el tramo de balasto. En conclusión, los resultados medios de los trabajos de movimiento de tierras con las máquinas examinadas son inferiores a los presentados en la propuesta económica e inferiores a los resultados teóricos.

Carmelo (2021) en su investigación cuyo fin fue analizar la eficiencia de utilización de los equipos de ingeniería y la productividad del desplazamiento de materiales terrestres en el batallón de ingeniería civil. El estudio se clasifica como un estudio de análisis de eficiencia y productividad en el contexto de operaciones

de ingeniería civil, utilizando un diseño observacional. Los resultados proporcionan que la eficiencia en la utilización de los equipos de ingeniería tuvo un impacto significativo en la productividad del desplazamiento de materiales terrestres. Se llegó a la conclusión de que la eficiencia en la utilización de los equipos afecta a la productividad de los materiales de movimiento de tierras. Por lo tanto, el conocimiento de este tipo de operaciones es importante y debe ser estudiado y desarrollado continuamente por los próximos oficiales con el fin de proporcionar un mejor rendimiento en la gestión de las diversas obras del batallón de ingeniería civil.

Sobre la variable transporte de mineral, la determinación del acarreo de mineral depende de diferentes factores, siendo el más importante la producción planeada, en base a esto se estima las toneladas métricas (TM) a la producción por día mes y año, según esta información se planifica los volúmenes de material que se producirán y los equipos necesarios a emplear, un incremento de la producción requiere de una planificación de equipos o el incremento de estos. Aunque esto no es un problema en las obras civiles, pero en la minería si presenta sus restricciones.

Conocer la zona o ruta de transporte, la distancia máxima que un vehículo puede transportar tanto minerales como estériles. se denomina alcance; es decir recorrido de la superficie y el desnivel a recorrer por el transportista, tanto para la carga como para el transporte del material; que está vinculado al diseño del minado y es un factor importante para conocer la cobertura exigida por el equipo.

Respecto al cálculo del tiempo del ciclo, el tiempo de ciclo en el acarreo de mineral es el tiempo que transcurre desde que un camión de acarreo comienza su traslado al cargador para llenarlo, hasta volver al depósito y estar listo para iniciar el siguiente ciclo. Se puede dividir en los siguientes componentes, se

compone de: Duración de la carga, se refiere al tiempo que le toma al cargador llenar el camión, que depende de la capacidad del cargador, la capacidad del camión y la eficiencia del operador. Tiempo de viaje, se refiere al tiempo que tarda el camión en viajar desde el cargador hasta el botadero, que depende de la distancia entre el cargador y el botadero, la velocidad del camión y las condiciones del camino. Tiempo de descarga, se refiere al tiempo que tarda el camión en descargar su carga, y depende de la capacidad del botadero, la capacidad del camión y la eficiencia del operador.

Sobre el cálculo sobre capacidad, se refiere a la relación general entre índice de producción, tiempo de ciclo y capacidad suele ser sencilla de organizar:

$$Tasa\ de\ producción = \frac{N^{\circ}\ Ciclos}{Unidad\ de\ tiempo} (Capacidad)$$

Incluyendo los factores de eficiencia:

$$Productividad = (tasa\ de\ producción)(factores\ de\ eficiencia)$$

Calcular la capacidad necesaria es bastante sencillo una vez que se han fijado las necesidades de producción y se ha estimado la duración de los ciclos y los coeficientes de eficiencia. Recuerde que el equipo está diseñado para manipular una carga específica, por lo que la cubeta debe tener en cuenta el peso específico del mineral, el porcentaje de hinchamiento para garantizar que el equipo tiene capacidad para manipular el material necesario y mantener la vida útil y costos de mantenimiento del equipo.

Los cálculos de producción y traslado han tener en cuenta: Tiempo nominal, se refiere a la duración total de la temporada de producción; por ejemplo, el tiempo nominal de una jornada es su extensión (8 o 12 horas). Tiempo

disponible, se refiere a la porción del tiempo nominal durante el cual el equipo está libre, es decir reparaciones o mantenimientos.

$$T \text{ disponible} = T \text{ nominal} - T \text{ mantenimiento y Reparación}$$

Tiempo operativo, se refiere al tiempo que transcurre cuando se entrega el equipo al usuario y bajo la condición de que el equipo pueda realizar el trabajo previsto. Tiempo efectivo, se refiere al tiempo en que el equipo ejecuta el trabajo planificado sin contratiempos. Tiempo de pérdidas operativa, se refiere al tiempo de funcionamiento del equipo, en el que se realizan otras tareas como traslados, espera de equipos adicionales, etc.

Existen distintos tipos de sistema de acarreo: Respecto a la línea Trolley, se refiere a un sistema de transporte que utiliza cables eléctricos para transportar carros de acarreo u otros vehículos. Se utilizan comúnmente en minas subterráneas para transportar mineral y otros materiales. Una línea trolley típica consta de los siguientes componentes: 1) Carriles, son las vías por las que se mueven los carros de acarreo. Están hechos de acero o hormigón y están fijados al suelo de la mina; 2) Cables eléctricos, que transmiten la potencia a los carros de acarreo, están suspendidos del techo de la mina y conectados a los carros de acarreo a través de troles; 3) Troles son dispositivos que se conectan a los carros de acarreo y permiten que estos se muevan a través de los cables eléctricos, y 4) Controles eléctricos permiten a los operadores vigilar la rapidez y la trayectoria de los carros de acarreo. El funcionamiento de una línea trolley es relativamente sencillo, los carros de acarreo están equipados con troles que se conectan a los cables eléctricos, cuando se aplica energía a los cables, los troles se mueven y arrastran los carros de acarreo a través de los carriles. Sin embargo, las líneas trolley también tienen algunas desventajas, entre ellas las líneas trolley son más costosas

que otros sistemas de transporte, requieren un mantenimiento y una operación complejos y son poco flexibles, este tipo de sistema está estandarizado sus vagones como las locomotoras, estas también existen a batería (Darling, 2011).

Respecto a las cargadoras neumáticas de vagones mineros, estas son equipos utilizados para cargar mineral, rocas u otros materiales en vagones mineros, funcionan mediante un sistema de aire comprimido que acciona un mecanismo de carga. Las hay cargadoras frontales tienen un cucharón frontal que se utiliza para recoger el material y cargarlo en los vagones, cargadoras de techo que se montan en el techo de la mina y utilizan un sistema de raíl para moverse. Tienen un cucharón que se baja para recoger el material y cargarlo en los vagones, aunque son eficientes para su capacidad, tienen relativa seguridad, son equipos costosos de adquirir y mantener y su capacidad es muy limitada para los estándares actuales, son muy ruidosas, lo que puede afectar a los trabajadores. Generan polvo y otras emisiones debido a que funcionan con aire comprimido lo que afecta el ambiente laboral, su idoneidad depende de la relación beneficio costo y los análisis de diseño de la labor (Golosinski y Srajer, 2022).

Sobre los equipos de carguío sin acarreo, estas incluyen: Respecto del equipo Scooptram, se refiere a una serie de cargadores subterráneos diseñados específicamente para el duro y exigente entorno de las minas, funcionan principalmente como cargadores dentro de las minas, recogen roca volada y otros materiales excavados depositándolo en camiones de transporte que los esperan o en cintas transportadoras, están diseñados para operar en espacios reducidos comunes en las minas subterráneas, tienen un perfil bajo y dirección articulada para una excelente maniobrabilidad, equipados con potentes motores diésel y

sistemas hidráulicos eficientes, pueden manejar incluso los materiales más resistentes con facilidad (Milne, 2023).

Los beneficios de usar Scooptrams son: mayor productividad: su eficiencia y maniobrabilidad conducen a una carga más rápida y tiempos de ciclo más cortos, lo que aumenta la productividad minera general, costos operativos reducidos: la eficiencia del combustible y el rendimiento confiable se traducen en costos operativos más bajos para los operadores de minas, además poseen las funciones de seguridad avanzadas minimizan los riesgos para los operadores que trabajan en entornos potencialmente peligrosos, versátiles pues los diferentes modelos y capacidades se adaptan a diversas necesidades mineras, ofreciendo flexibilidad y adaptabilidad., siendo soluciones de carga eficientes y seguras y al mismo tiempo contribuyen a una mayor productividad y reducción de costos (Dougherty y Schissler, 2020).

Respecto al equipo de cargadores LHD (Load, Haul, Dump), también conocidos como máquinas LHD o máquinas de carga, transporte y descarga, o simplemente Dumper son vehículos de minería subterránea especializados diseñados para cargar, transportar y descargar mineral o roca estéril. Estos son los aspectos clave de los LHD: 1) Función principal cargar roca rota u otro material desde el frente minero y transportarlo a áreas de descarga o pasos de mineral designados, asegurando un flujo eficiente de material dentro de las minas subterráneas, 2) Funciones de apoyo: se puede utilizar para escalar paredes y respaldos, transportar equipos y suministros y limpiar escombros; son compactos y maniobrable: normalmente más pequeño que los cargadores de superficie, con perfiles bajos y dirección articulada para navegar por túneles estrechos y espacios reducidos, equipados con motores diésel (comunes) o eléctricos para tareas

subterráneas exigentes, son robustos construido para soportar duras condiciones subterráneas, con marcos reforzados, ejes de alta resistencia y neumáticos duraderos (Milne, 2023).

Respecto a las características clave, a continuación se describe las principales características: Capacidad del cucharón, varía de 2 a 25 toneladas, según modelo y aplicación. Velocidad de transporte, normalmente viaja a velocidades de hasta 25 km/h (15 mph) cuando está cargado. Altura de descarga, puede descargar material a alturas de varios metros para llegar a pasos de mineral o camiones. Ventajas de utilizar LHD, versatilidad, permite realizar múltiples tareas, desde carga hasta transporte y descarga, agilizando las operaciones, eficiencia, permite optimizar los procesos de carga y acarreo, reduciendo los tiempos de ciclo y aumentando la productividad, maniobrabilidad se navega con eficacia por espacios reducidos y condiciones subterráneas desafiantes.

Calculando la productividad del equipo con mínimo traslado, el ciclo se divide normalmente en: Duración mínima para calcular el ciclo de carga con traslado mínimo.

Tabla 1

Durabilidad del ciclo (min).

Actividad	Durabilidad del ciclo (min)
Cargamento	0,07
Traslado	0,14
Desembarco	0,05
Retorno	0,15
Totales	0,41

Nota. Fuente creación propia.

Estos tiempos deben reducirse al mínimo. Los tiempos de traslado y retorno calculados en esta tabla sólo incluyen el tiempo de control, por lo que debe calcularse y sumarse el tiempo real de traslado. Esto depende de la carga del equipo (suele ser mayor cuando el equipo está cargado), la pendiente, la calidad de la carretera, la vía, etc.

Respecto a la variable producción minera, se refiere que con una mina en funcionamiento el ciclo típico es voladura con la que se espera una determinada cantidad de m³ de material (mineral y ganga) el carguío de este mineral, acarreo a la planta de beneficio. Esto lleva a que la fábrica programa las voladuras, los ciclos de acarreo y con ello la necesidad de vehículos de carguío y transporte. Un incremento en la producción pasa por mayor cantidad de voladuras y mayor necesidad de acarreo del mineral volado, lo que lleva a mayor cantidad de equipo de acarreo, y de carguío y mayor capacidad de las vías de transporte dentro de la mina.

Esta pesquisa se justifica por el criterio de conveniencia, la producción de la empresa minera está directamente relacionada al acarreo de material de las labores a las canchas intermedias y la planta de beneficio, siendo el acarreo un cuello de botella. Desde el criterio práctico, el sistema encontrado tenía su limitación de capacidad y versatilidad, y las metas de producción se incrementan sustancialmente, lo que lleva a la necesidad de cambiar de métodos de acarreo. Desde el criterio teórico, permite aplicar los conocimientos de movimiento de tierras, operaciones de acarreo, equipos en la solución de un problema práctico, del mismo que hay poca información. Desde el criterio metodológico, permite el desarrollo de instrumentos para la medición del acarreo, uso de equipos, volúmenes por tiempo entre muchos indicadores de productividad.

1.2. Formulación del problema

Pregunta general

¿Cuál es el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP Pataz 2023?

Preguntas específicas

- ¿Cuál es la situación de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023?
- ¿Cuáles son los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras en SERMEP - Pataz, 2023?
- ¿Cuáles son los requerimientos de acarreo para las metas de producción en SERMEP - Pataz, 2023?
- ¿Cuáles son los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil en SERMEP - Pataz, 2023?
- ¿Cuál es la comparación técnica económica de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023.
- Determinar los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras en SERMEP - Pataz, 2023.

- Determinar los requerimientos de acarreo para las metas de producción en SERMEP - Pataz, 2023.
- Determinar los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil en SERMEP - Pataz, 2023.
- Determinar la comparación técnica económica de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023.

1.4. Hipótesis

La investigación científica requiere ante un problema busca explicaciones basadas en la ciencia, la misma que debe demostrarse empíricamente, la hipótesis es una explicación del problema que debe demostrarse mediante métodos científicos, siendo el más común los métodos empíricos (Fryer et al., 2018).

Hipótesis general

La optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados impacta en el incremento la producción en SERMEP - Pataz, 2023...

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. *Según el propósito*

Según su tipo, la investigación fue aplicada, porque según Tomás (2021) es un tipo de investigación en la que utiliza el saber técnico y científico para la solución de un problema. En el caso de la presente investigación, se utilizan los conceptos de acarreo de material para la optimización en una empresa minera.

Según su enfoque es cuantitativa, dado que examina variables basadas en números, éstos se recogen mediante herramientas de recopilación de datos y se compilan en medidas e indicadores de variables. Los datos conseguidos mediante la observación de las variables, descritos en la cuadros y el gráficos estadísticos según métodos cuantitativos, y la validez se confirma mediante la comprobación de hipótesis (Suwinyattichaiorn, 2020).

Según el alcance temporal, la presente investigación fue transversal, esto se debe a que el propósito es descubrir el vínculo entre variables medidas en una muestra a lo largo del tiempo (Baena, 2017).

Investigación orientada a la comprobación, cuya premisa básica es validar una teoría. Utiliza principalmente metodologías de análisis empírico; su propósito es exponer y presagiar fenómenos; emplea técnicas de análisis cuantitativo y hace hincapié en el contexto de justificación o de comprobación (Waweru et al., 2021).

2.1.2. *Según el diseño*

La presente investigación fue de diseño experimental, de tipo preexperimental, un diseño preexperimental se caracteriza por la ausencia de un control riguroso sobre las variables y la falta de una asignación aleatoria de los

sujetos a los grupos experimentales. Aunque incluye algún tipo de manipulación de variables, no se puede asegurar que los cambios observados en la variable dependiente se deban únicamente a la variable independiente, ya que no existen medidas adecuadas para controlar otras variables que podrían influir en el resultado (Baena, 2017).

2.2. Diseño de investigación

La presente investigación fue de diseño experimental, de tipo preexperimental, porque se hizo una preprueba y post prueba, para ver cómo influye la optimización mediante equipos de bajo perfil (variable independiente) en la producción mineral (variable dependiente) en la empresa minera.

$$O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Donde:

M: Muestra de estudio

O1: Producción minera antes

X: Optimización mediante equipos de bajo perfil

O2 : Producción minera antes

2.3. Variables

2.3.1. *V1: Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados*

La optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados es un conjunto de estrategias en los equipos y métodos de transporte y acarreo para disminuir costos de combustible, tiempo de ciclo e incrementar la productividad del proceso.

2.3.2. V2: Producción en una empresa minera

Es la producción en una empresa minera se refiere a todo el proceso de extracción de recursos minerales desde el subsuelo hasta su procesamiento y comercialización.

Tabla 2

Matriz de clasificación de variables.

Variables	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados	Cuantitativa	Numérica	Multidimensional	Directa
Producción en una empresa minera	Cuantitativa	Numérica	Multidimensional	Directa

Nota. Fuente creación propia.

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variable independiente.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Valor Final	Tipo de variable
Variable 1 Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados,	Conjunto de estrategias en los equipos y métodos de transporte y acarreo para disminuir costos de combustible, tiempo de ciclo e incrementar la productividad del proceso	Tiempo de ciclo por labor	Segundos por ciclo de acarreo Segundos por ciclo de transporte	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V1 Capacidad por turno	Volumen de mineral que tiene que acarrear y trasladarse desde todas las labores asignadas a la empresa contratista	Máxima cantidad de labores que es posible acarrea y transportar con el equipo que se dispone	Nº de labores	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D2V1 Tiempo de ciclo	Tiempo que demora la operación de cargado de mineral al equipo de transporte, y el tiempo de ida y vuelta del equipo de transporte	Tiempo promedio en acarrear y transportar por viaje	Promedio de tiempo	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica

D3V1 Tonelaje por ciclo	Capacidad de mineral por cada ciclo de carguío y transporte	Volumen de mineral por labor	Promedio de volumen por silo	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V1 Mantenimiento y disponibilidad	Disponibilidad de los equipos de transporte y acarreo en simultaneo	Tiempo que ambos equipos funcionan, la indisposición de uno indisponen el otro	Tiempo de operación productiva de ambos equipos (acarreo y transporte)	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica

Nota. Fuente creación propia.

Tabla 4

Matriz de operacionalización de variable dependiente.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Valor Final	Tipo de variable
Variable 2 Producción en una empresa minera	Volumen de mineral transportado de la zona de demolición a la cancha de mineral.	Volumen de mineral por día	Volumen de mineral transportado	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V2 TM material acarreado	Cantidad de material acarreado	Volumen de material acarreado y transportado diariamente.	M3 diarios	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	

Nota. Fuente creación propia.

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

La población se refiere al conjunto completo de individuos o elementos que comparten características similares, la población es el grupo sobre el cual se extraen conclusiones, mientras que la muestra es el subconjunto utilizado para el estudio (Berndt, 2020).

En la presente investigación, la población se compone de indicadores de producción, y acarreo en una labor de en SERMEP - Pataz.

2.4.2 Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población, es una parte más pequeña de la población que se selecciona para estudiar y obtener información sobre toda la población (Lakens, 2022).

En la presente investigación, la muestra fue por conveniencia, se compone de indicadores de producción y acarreo 2021 (pretest acarreo por líneas Troll) y los indicadores de producción y acarreo 2023 (post test acarreo mediante equipos motorizados de bajo perfil). El muestreo no aplica.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1 Técnicas de recolección de datos

Este estudio empleo como técnica de recolección de datos a la observación, la observación es una técnica de investigación que consiste en observar personas, fenómenos, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, etc., con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación (Díaz, 2023).

2.5.2 Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación como instrumento de recolección de datos se empleó las ficha de observación de transporte (anexo 4) y la ficha de observación de acarreo (anexo 5). Asimismo, estos instrumentos están validados mediante tres expertos (ver anexo 9).

2.5.3. Validación del instrumento de recolección de datos

Ambos instrumentos fueron validados en constructo, mediante juicio de tres expertos, que fueron conformados por el ingeniero residente Miguel Ángel Cueva Rosas con CIP 104157, el asistente de ingeniero residente Luis Arturo Apaza Escobedo con CIP 252844, y el asistente de ingeniero residente José Luis Dávalos Ayay con CIP233109, cuya información se encuentra en el anexo 9.

2.5.4 Procedimientos y análisis de datos

Se inició en el momento adecuado a través del canal más conveniente solicitando permiso a la empresa SERMEP y una reunión para informar sobre sus propósitos y beneficios.

Se solicitó la opinión y aportes al personal de la empresa, ya que ellos tienen el conocimiento empírico, y pueden cubrir aspectos que se pueden omitir en el trabajo teórico, en particular cuando uno es alumno y no tiene experiencia.

Se seleccionó la labor donde se aplicó las observaciones y mediciones. Se recibió una capacitación de seguridad y salud ocupacional que es obligatorio, comunicando al personal sobre la investigación.

Se coordinó con el ingeniero de seguridad la ubicación, los días y turnos, se realizó una simulación. Finalmente se fijaron los días de observación.

Equipos convencionales

Para lo cual, se ingresó a las labores de trabajo y se tomó medidas de los tiempos de transporte, que llevaba el carguío con los equipos convencionales que se demoraba 12 minutos por 10 vagones, luego el tiempo de traslado de los equipos convencionales se demoraba 15 minutos, pasando a su tiempo de descargue que se demoraba 5 minutos, luego se regresaba a la labor de trabajo y en todo eso era su ciclo de trabajo, pero se concluyó que se demoraba mucho

tiempo de acarreo de mineral hacia el transporte que se llegaba con una producción de 307.2 toneladas por día.

Equipos de bajo perfil

Para lo cual se ingresó a las labores de trabajo y se tomó medidas de los tiempos de transporte, que llevaba el carguío con los equipos de bajo perfil que se demoraba 2 minutos por cucharón, luego el tiempo de traslado de los equipos de bajo perfil se demoraba 5 minutos, pasando a su tiempo de descargue que se demoraba 1 minutos, luego se regresaba a la labor de trabajo y en todo eso era su ciclo de trabajo, pero se concluyó que se demoraba mucho tiempo de acarreo de mineral hacia el transporte. Que se llegaba con una producción de 864 m³ toneladas por día.

Durante diferentes periodos de labor y días del mes a fin de determinar los promedios, para lo cual se utilizó el cronómetro y la ficha de observación respectiva, de esta forma se recogió la información muestral que luego fue promediada para tener la medida representativa de la operación. Con estos datos se recolectaron las variables de transporte de mineral y producción de mineral transportado.

En la investigación, la aplicación de técnicas estadísticas descriptivas en el procesamiento de datos es esencial como medio principal para describir fenómenos en una población mediante medidas representativas (Devore, 2010).

En la presente investigación utilizó las técnicas estadísticas para establecer promedios de tiempos de carguío, transporte con el sistema anterior y con los equipos de bajo perfil para la comparación y poder determinar el impacto en el transporte de mineral en la empresa SERMEP, y métodos específicos del transporte de mineral y selección de equipos de acarreo y transporte. Dado que se

trata de múltiples mediciones y periodos de tiempo se hace necesario medidas estadísticas de tendencia central.

Finalmente se comparan los datos resultantes hallados con los equipos de bajo perfil, comparados con los datos encontrados con el sistema tradicional de vagones y tren trolley que usaba la empresa SERMEP para el acarreo y el transporte de mineral, establecer el impacto, en el caso de la presente investigación el incremento de acarreo de producción minera.

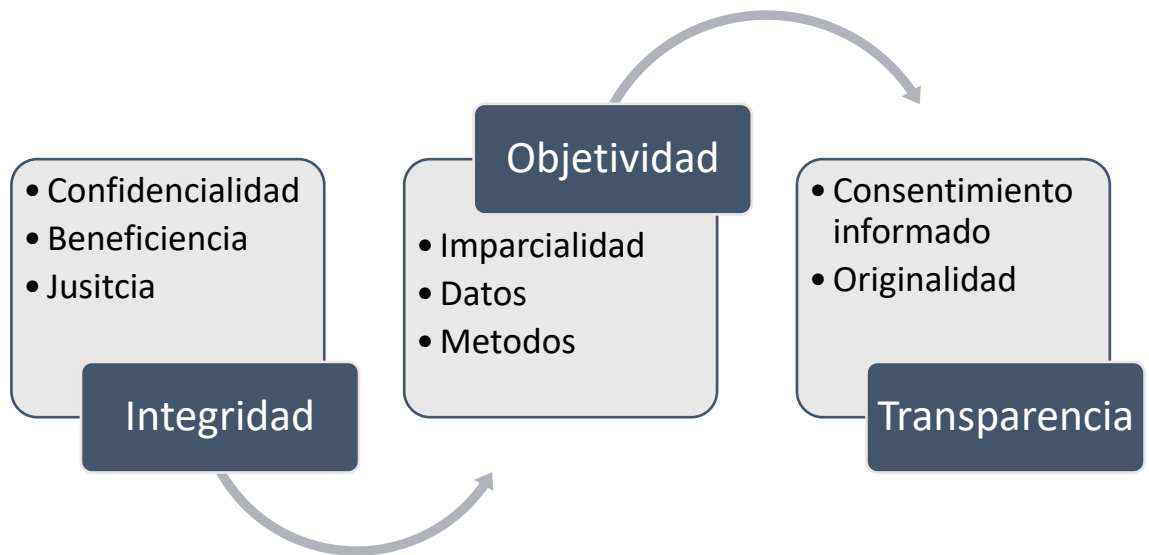
2.6 Consideraciones éticas

Este estudio tomo en consideración el código de ética de la (Resolución General N° 104-2016-UPN-SAC), consentimiento informado, lo que implica que los participantes deben ser informados sobre la naturaleza de la investigación, sus objetivos, procedimientos, posibles riesgos y beneficios, deben dar su consentimiento libre y voluntario para participar, sin coerción ni engaño. Confidencialidad y privacidad donde se debe proteger la identidad de los participantes y la información que proporcionen, los datos deben ser almacenados y utilizados de manera segura, respetando las leyes de protección de datos, se debe obtener el consentimiento explícito de los participantes si se van a utilizar sus datos para fines distintos a los de la investigación. Beneficencia y no maleficencia, la investigación debe buscar el bienestar de los participantes y evitar causarles daño, se deben evaluar cuidadosamente los riesgos y beneficios potenciales, y minimizar los riesgos en la medida de lo posible, se debe interrumpir la investigación si se producen efectos adversos inesperados. Integridad y honestidad lo que implica que los investigadores deben ser honestos en la recolección, análisis e interpretación de los datos, se debe evitar el plagio, la falsificación de datos y otras formas de mala conducta científica, ser transparentes

en la presentación de los resultados, reconociendo las limitaciones de su estudio. Justicia y equidad, la selección de los participantes debe ser justa y equitativa, evitando la discriminación por motivos de raza, género, orientación sexual, religión, etc., y los beneficios de la investigación deben ser accesibles a todos los grupos de la sociedad (UPN, 2023).

Figura 3

Aspectos Éticos



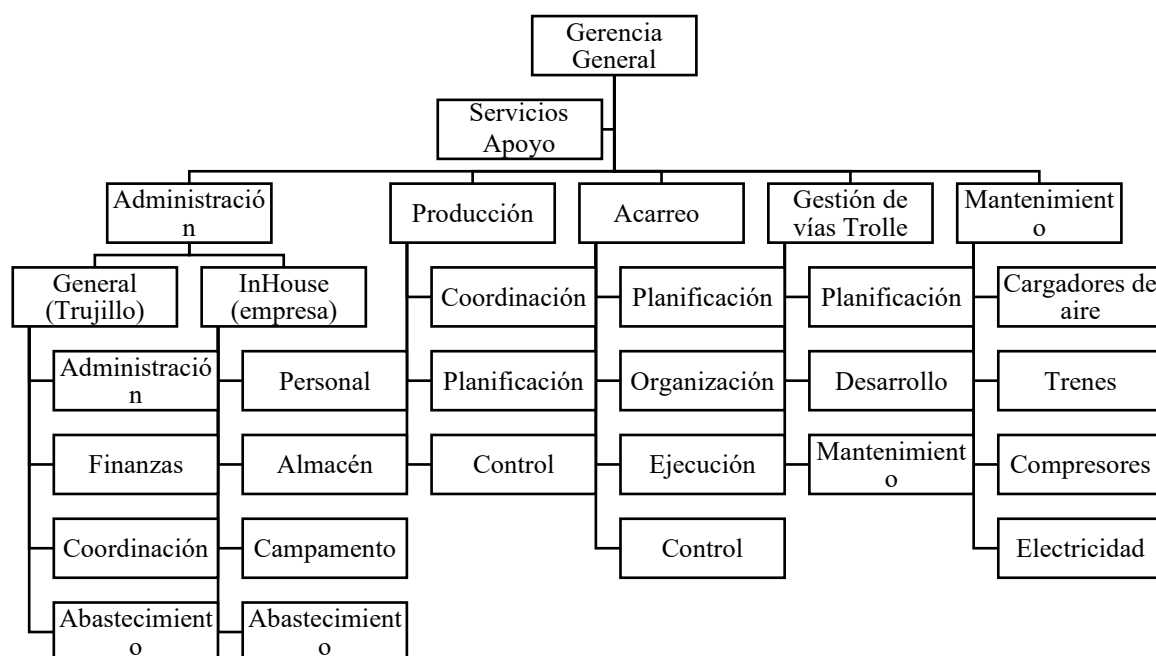
CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Objetivo específico 1, diagnosticar la situación de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023

SERMEP S.A., es una empresa contratista para el acarreo de mineral en una de las principales empresas auríferas de la Libertad. El Acarreo del mineral ha ido siempre de la mano de la tecnología de voladura y producción de mineral.

Figura 4

Organización de la empresa.



El proceso de acarreo ha ido acorde a las tecnologías mineras aplicadas a las labores, esto depende los diseños de explotación minera. Durante años muchas labores han tenido tamaño reducido, así como las voladuras, lo cual sintonizaba con labores estrechas donde el sistema de acarreo basado en línea trolley, pues las labores que atendía la empresa eran estrechas.

En los últimos años la empresa minera ha ido ampliando el tamaño de sus labores de las típicas de 38.4 m² a labores de 72 m³, las mismas que son mucho más anchas y cuyo volumen de acarreo se hace poco productivo mediante sistema de trenes internos trolley, por otro lado, la moderna maquinaria ha derivado en labores más anchas de 4 m para las mismas que requerirían un número muy grande de vagones y viajes de tren lo que es impráctico.

Otro aspecto es el cambio en la prospección, el moderno software de simulación minera ha determinado una gran flexibilidad en las labores mineras, las mismas que varían y junto con ello el sistema de transporte y acarreo.

En vista de ello, la empresa minera acordó con la empresa en estudio la migración al reemplazo progresivo del sistema de acarreo basado en línea trolley a sistema de equipos de bajo perfil, el mismo que puede manejar las demandas de las nuevas labores mineras de mayor tamaño, y los nuevos volúmenes de acarreo.

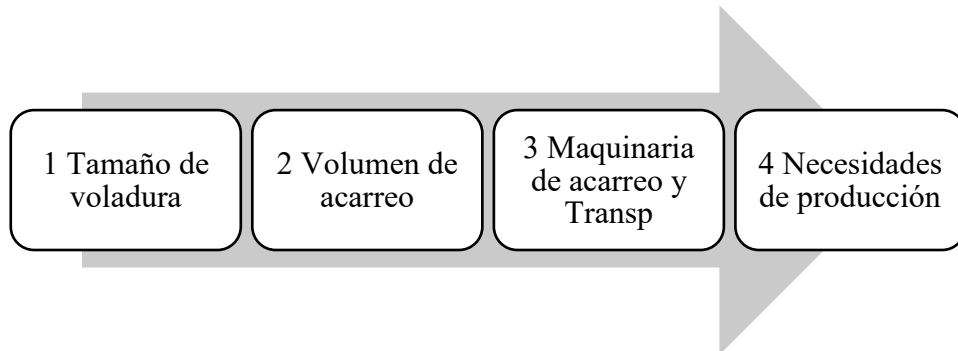
3.2 Objetivo específico 2, determinar los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras en SERMEP - Pataz, 2023

La empresa minera produce mineral de acuerdo con sus necesidades de producción. Las necesidades de producción son el parámetro fundamental porque con esto se cubre las expectativas de todos sus interesados.

El proceso es el que se indica en la figura 1, las necesidades de producción determinan 1) la voladura que es la cantidad de mineral extraído por cada disparo y genera 2 un volumen de acarreo, el mismo que 3) con la maquinaria de acarreo y transporte se transporta a los depósitos de mineral para 4 cumplir las necesidades de producción como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Acarreo dentro del proceso de producción de mineral.



Nota. El diagrama muestra el proceso de producción de minerales; donde se detalla el primer paso se selecciona según el tamaño del mineral, luego según el tamaño del acarreo, luego se traslada el mineral a la maquinaria de acarreo según las necesidades de producción.

El área de estudio es un conjunto de 8 labores, la misma que en cada disparo producen 38.4 m³ de mineral para acarreo, al ser 8 labores producen 307.2 m³ de material para acarreo ver tabla 5.

Tabla 5

Producción diaria de mineral acarreo por tren y pala neumática.

Descripción	Cantidad
Volumen Unit	38.4 m ³
Labores	8
Prod. Diaria	307.2 m ³

Nota. La tabla 5 muestra que la producción diaria de mineral acarreado por tren y pala neumática es de 307.2 metros cúbicos; se realizan 8 labores durante el día para alcanzar esta producción; y cada unidad de mineral tiene un volumen de 38.4 metros cúbicos.

En la actualidad el traslado se hace en trenes de línea trolley los mismos que tienen 10 vagones cada uno con un volumen de 1 m³. lo que puede transportar 10 m³ por viaje lo que requiere de 4 viajes como detalla la tabla 6.

Tabla 6

Cantidad de viajes por labor.

Descripción	Cantidad
Trenes	1
Vagones	10
Volumen	10 m ³
Viajes	4

Nota. La tabla 6 muestra la cantidad de viajes realizados para una labor específica, junto con detalles sobre el tipo de transporte utilizado y la cantidad de material transportado.

El tiempo de ciclo por carguío se detalla en la tabla 7.

Tabla 7

Tiempo de ciclo de carguío.

Operación	Tiempo de ciclo (min)	
Carga vagón	0.12	min
Vagones	10	unid
Transporte	0.15	min
Descarga	0.05	min/vagón
Regreso	0.14	min
Total	1.99	min

Nota. En la tabla 7 se aprecia que el tiempo total de un ciclo de carguío es de 1.99 minutos; donde la mayor parte del tiempo se dedica a la carga y descarga de los vagones; dado que se podrían optimizar los tiempos de transporte y regreso para mejorar la eficiencia del proceso.

La remoción de mineral requiere un total de 30.72 viajes, que se detalla en la tabla 8.

Tabla 8
Cantidad de viajes según la unidad de acarreo

Descripción	Cantidad
Vagones	10 unidades
Volumen viaje	10 m ³
Total viajes	30.72

Nota. En la tabla 8 se aprecia que se han utilizado 10 vagones para realizar 30.72 viajes; donde cada vagón tiene una capacidad de 10 m³.

Como se puede apreciar la maquinaria está diseñada para trasladar alrededor de 307 m³ de mineral por día. Además es importante destacar la rigidez de la maquinaria, las operaciones de instalar las vías del tren a medida que se avanzan las labores, y la falta de flexibilidad.

3.3 Objetivo específico 3, determinar los requerimientos de acarreo para las metas de producción en SERMEP - Pataz, 2023

La empresa requiere incrementar su producción, para lo cual paso de la perforación manual que usa taladros de 8 pies, a taladros de maquinaria de 16 pies, lo que incrementa el volumen por cada disparo de 38.88 m³ a 72 m³, además se incrementó las labores a 12, por lo que la producción diaria se incrementa a 864 m³, ver tabla 9.

Tabla 9
Requerimientos de acarreo.

Concepto	Cantidad	Unidad
Volumen x labor	72	m ³
Labores	12	
Prod. Diaria	864	m³

Nota. En la tabla 9 se aprecia que se han realizado 12 labores que equivale a la producción diaria de 864 m³, donde cada labor tiene una capacidad de 72 m³.

Dado el mayor volumen y la complejidad de las labores y sus vías de acceso así como de estas hacia la chimenea de descarga, y la necesidad de que

menos personal haya en las operaciones y el acarreo sea más flexible, las vías se necesitan despejadas no en constante viaje del tren y los vagones. Por otro lado el sistema de trenes trolley tiene sus limitaciones que son:

- Hacer las vías para que circule
- Armar el circuito eléctrico

El tiempo de acarreo es lento, pues el carguío se hace con pala neumática, lo que demora y requiere varios ciclos, por otro lado exige personal, generando fatiga y ruido.

Figura 6

Proceso de carga de vagón de locomotora mediante pala hidráulica.



Nota. Como se aprecia en la figura 6, cargar el material con la pala mecánica es un proceso laborioso, y muy limitado en el volumen, el vagón se llena con más de 1 operación de la pala.

Estos nuevos requerimientos y volúmenes de mineral se hacen inviables con el sistema de trenes que tiene baja capacidad, por lo que requiere de cambio de tecnología del sistema de trenes y vagones, por lo que se opta por equipos motorizados de bajo perfil como se detalla a continuación.

Equipo de Acarreo

CAT R1600 H. tiene una estructura sobre la cabeza con protección de caída de rocas, tiene protección de seguridad y la posibilidad de funcionamiento independiente. Además, la extrema durabilidad incorporada a la estructura.

Dispone de una cadena cinemática optimizada para pendientes capaz de afrontar incluso condiciones adversas.

- Modelo de motor Cat c11
- Potencia de motor 202 kW
- Carga nominal 10200 kg

Figura 7

Scooptram CAT R1600 H detalles de su flexibilidad.



Nota. La figura 7 muestra un Scooptram CAT R1600 H en una operación minera subterránea, resalta las características clave que permiten su flexibilidad en este tipo de entornos.

Figura 8

Scooptram CAT R1600 H desempeño en minería subterránea.



Nota. La figura muestra que el Scooptram CAT R1600 H está trabajando en una mina subterránea. El material se ha excavado de una pared de la mina y se transporta a una superficie para su procesamiento. El Scooptram está utilizando su cucharón grande para cargar el material en el camión de manera rápida y eficiente.

A diferencia de la pala neumática que carga menos de 1 m³ este remueve el mineral y despeja la vía para continuar con las operaciones de perforación y voladura un aspecto importante en la productividad.

Equipo de transporte

Para el transporte se seleccionó el equipo de bajo perfil Camión Dumper CAT AD45. Este camión Dumper se selecciona por potencia, rendimiento y fiabilidad.

Cuenta con una cadena de fuerza optimizada de rapidez y desnivel, y supera las condiciones de los terrenos que se tienen que enfrentar todos los días de su trabajo y ofrece su máximo rendimiento.

Figura 9

Camión Dumper CAT AD45.



Nota. La figura muestra un camión volquete Caterpillar AD45 estacionado.

Producción, tiene la potencia para trabajar en terrenos difíciles.

- Potencia motora cat c18.
- Capacidad de carga 45000 kg.

Figura 10

Camión Dumper CAT AD45 desempeño en mina subterránea.



3.4 **Objetivo específico 4, determinar los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil en SERMEP - Pataz, 2023.**

Los nuevos requerimientos de transporte por volumen de labor por disparo son 72 m³ en promedio. Dado que la capacidad del Dumper es de 4.5 m³, requiere 16 viajes por labor siendo los parámetros de traslado, detallados en la tabla 10.

Tabla 10

Producción diaria.

Descripción	Cantidad
Volumen Unit	72 m ³
Labores	12
Prod. Diaria	864 m ³

Nota. En la tabla 10 se aprecia que se han realizado 12 labores que equivale a la producción diaria de 864 m³; donde cada labor tiene una capacidad de 72 m³.

Tabla 11

Tiempo de acarreo.

Concepto	Cantidad	Unidad
Capacidad de Jumbo	4.5	m ³
viajes por labor	16	
Labores	12	
Total viajes	192	
Tiempo de ciclo	0.4	min
Tiempo Total	76.8	min
Tiempo Total	1.28	Horas

Nota. En la tabla 11 se aprecia que el acarreo y traslado de las 12 labores se realizaría en 1.28 horas. Es importante destacar que la maquinaria de carguío y acarreo tiene que esperar los disparos y el tiempo oportuno, aunque estos se sincronizan no siempre se cumple la regularidad, por otro lado este tipo de equipos a diferencia de la pala neumática y el tren de vagones trolleys permite ayudar en múltiples tareas de la mina, tanto de transporte, mantenimiento de vías, limpieza, entre otros.

3.5 Objetivo específico 5, determinar la comparación técnica económica de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023

Aunque la información es reservada el impacto económico del acarreo se puede apreciar en la tabla 9, el mismo que muestra que diariamente el valor que se extrae en oro equivale alrededor de 3.8 millones diarios, según cotización, esto no es solo debido al acarreo, son muchas las etapas para llegar al producto, pero da una proyección de que puede holgadamente financiar la inversión en equipos, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

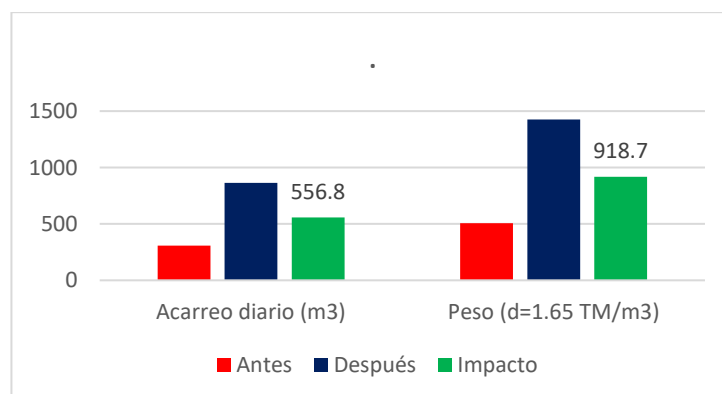
Impacto en los beneficios.

Concepto	Antes	Después	Impacto	Unidad
Volumen diario	307.2	864.0	556.8	m3
Peso (d=1.65 TM/m3)	506.9	1,425.6	918.7	TM
Oro estimado gr	8,312.8	23,379.8	15,067.0	gr
Oro estimado Kg	8.3	23.4	15.1	Kg
S/. 256390 kg oro (*)	2,147,952.7	6,041,116.9	3,893,164.2	Soles

Nota. El cuadro 12 muestra que la producción de oro en las labores se incrementa de 8.3 kg a 23.4 Kg, es decir hay un impacto diario de 15.1 Kg, lo que lleva a un incremento del ingreso diario de 3,893,164.2.

Figura 11

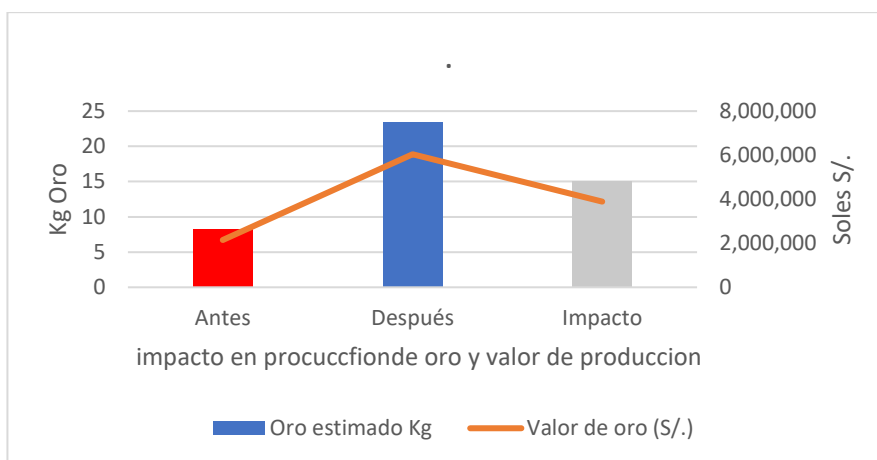
Impacto en volumen y peso de acarreo.



Nota. Fuente tabla 12.

Figura 12

Impacto en producción y valor de oro



Nota. Fuente tabla 12.

Tabla 13

Costo de equipos de bajo perfil

Equipo	Precio USD	Observaciones
SCOOPTRAM CAT R1600H	1,200,000	Puesto a todo costo, garantía, servicio técnico, mantenimiento
Camión DUMPER CAT AD45	2,300,000	Puesto a todo costo, garantía, servicio técnico, mantenimiento
Capacitación operarios	3,500	Entrenamiento en Lima, Ferreyros y en talleres y operaciones InHouse de Ferreyros
Capacitación técnicos	5,000	
Total	3,508,500	

Nota. Fuente contratista minero.

Se puede inferir que la inversión fue viable, comparando las tablas 13 y 14.

Tabla 14

Comparación técnico-económica

Factor	Línea trolley	Equipo de bajo perfil	Impacto
Capacidad	307.2 m3	864 m3	556.8 m3 (181% adicional)
Tiempo de acarreo por labor Personal front line (operarios directos)	1.99	0.4	-1.59 (79% menos)
	8	3	-5

Personal Back End (Mantenimiento y apoyo)	13	5	-8
Factor de fatiga	Alto	Bajo	Muy favorable
Factor de SST	Riesgoso	Bajo	Muy favorable
Disponibilidad del equipo	Media	Alta	Muy favorable
Versatilidad	No	Alta	Muy favorable
Apoyo a otras tareas	No	Si	Muy favorable

Nota. Fuente empresa contratista.

En la tabla 14 se aprecia la comparación técnico-económica del cambio de equipos, esto no es solo una disposición de la empresa contratista, es una decisión coordinada en el ecosistema de la empresa minera. En cuanto al mineral acarreado el volumen casi se triplica de 307.2 m3 a 864 m3, el tiempo de acarreo se reduce en 79% de 1.99 min a 0.4 minutos, el personal se reduce, esto tiene especial relevancia por cuanto en las labores la acumulación de personal baja la productividad, y eleva el riesgo de accidentes. Respecto al personal de soporte, este se reduce de 13 a 8, en el caso de la línea trolley se tiene que estar diseñando las vías trolley, viendo los circuitos eléctricos, el mantenimiento del tren asunto que dada su capacidad del tren resulta de baja productividad, además por la naturaleza temporal de la labor minera y factores de incomodidad, estas tienden a constantes averías reduciendo la disponibilidad del acarreo y retrasando las labores, en el caso de los equipos de bajo perfil son autónomos de gran capacidad y versátiles, además sirven también para despejar las vías y resolver muchos imprevistos en los tramos de acarreo, lo que lleva a otro factor muy importante en la productividad que es la fatiga, en el sistema trolley la metodología de acarreo con pala neumática es de mucha fatiga, ruido, con los equipos de bajo perfil permiten el trabajo sin fatiga, más rápido, por lo que el trabajo es más seguro, mejorando la productividad. El acarreo debe ser en el menor tiempo posible para no estorbar las demás labores. Todo lo anterior hace una reducción significativa de riesgos de seguridad y salud ocupacional, rotación de personal, por otro lado los

equipos de bajo perfil tienen mucho mejor capacidad de luz, prevención de errores, niveles de ruido, y alta disponibilidad superior a la línea trolley.

Por otro lado un aspecto de gran valía es su versatilidad y autonomía, no necesitan rieles ni conexiones eléctricas, además las unidades pueden ayudar al desarrollo de labores mineras y apoyar los trabajos e imprevisto en las labores, una gran ventaja que el sistema trolley no lo tenía.

Todo esto es parte de todo un conjunto de contratistas que tuvieron que cambiar su tecnología para cumplir los planes de incremento de producción minera, más producción requería más acarreo y cuando esta se casi triplica se tiene que triplicar la capacidad de acarreo ya siendo inviable usar la línea trolley por lo que era indispensable cambiar de tecnología de acarreo.

3.6 Respecto al objetivo general, determinar el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en una empresa minera.

Tabla 15

Impacto en los parámetros de producción.

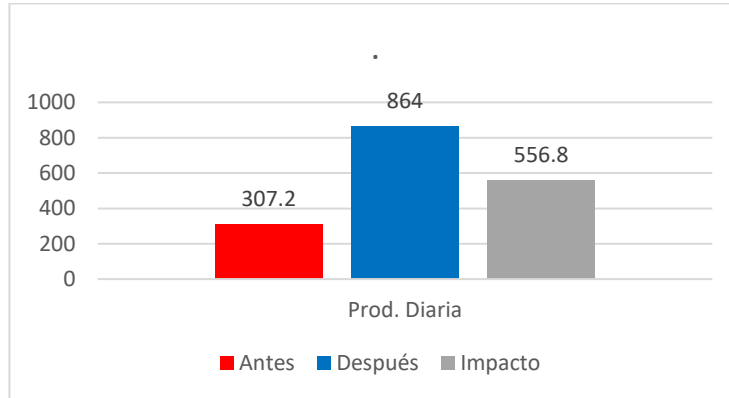
	Antes	Después	Impacto	Unidad
Volumen disparo	38.4	72	33.6	m3
Labores	8	12	4	
Prod. Diaria	307.2	864	556.8	m3
Tiempo de ciclo	1.99	0.4	-1.59	min

Nota. En la tabla 15 se puede apreciar que el volumen diario por labor se incrementa en 33.6 m3, las labores se incrementan en 4, y la producción diaria se incrementa en 556.8 m3, el tiempo de ciclo se redujo en 1.59 min. Es importante destacar que el volumen se incrementa no solo por el incremento de labores, sino por la profundidad de las perforaciones, mientras antes se hacía con taladro manual de 2.64 m (que es en promedio el máximo económico que una persona puede hacer), con el equipo de perforación neumático los taladros tienen 4.8 m

por lo que la profundidad es mayor como mayor es el hoyo y mayor es el explosivo, por lo que el volumen de material escogido se incrementa.

Figura 13

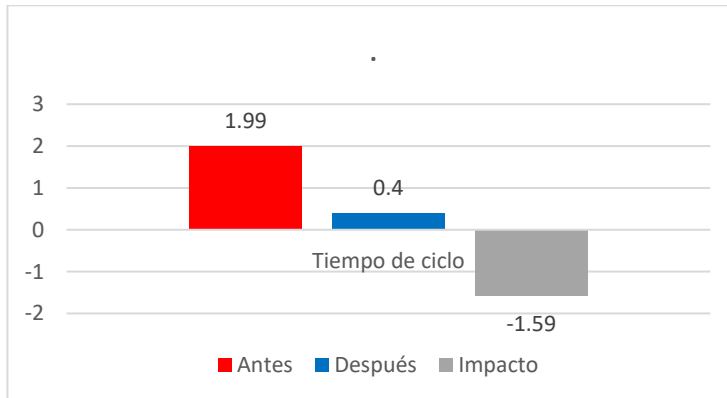
Impacto en la producción diaria.



Nota. Fuente tabla 15.

Figura 14

Impacto en el tiempo de ciclo.



Nota. Fuente tabla 15.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El **objetivo** de la presente investigación fue determinar el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en una empresa minera. Al respecto, se determinó el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados encontrando que la producción se incrementó de 307.2 m³ a 964 m³, es decir un incremento de 556.8 m³ (181%) y, el tiempo de ciclo de acarreo disminuyó en 1.59 minutos, con lo que queda demostrado que se incrementó la producción. Es importante destacar, que este incremento de producción no solo dependía del área de acarreo y transporte de mineral sino de todas las áreas en conjunto, el acarreo tenía que estar acorde a las metas de productividad de la empresa.

Estos resultados son concordantes con los hallados por Camino (2023), quien encontró una adaptación fácil al incremento de producción y desarrollo de labores mineras, con los equipos motorizados de bajo perfil, no solo por su versatilidad sino por su productividad, reduciendo los tiempos de acarreo, el personal, suministrando mejores condiciones de trabajo y productividad, mayor seguridad, y además, a diferencia de los equipos de tren y vagones, los Scooptram y Dumper ayudan también eficazmente al desarrollo de labores, galerías y transporte, su eficacia no solo se limita al acarreo sino al desarrollo y mantenimiento de las labores y vías de transporte de mineral.

Estos resultados hallados convergen con el sustento teórico de Milne, (2023), quien señala que las ventajas del acarreo minero tradicional con equipos de perfil bajo, que presenta ventajas de flexibilidad debido a que los equipos

mecanizados de perfil bajo pueden acceder a diferentes áreas de la mina y adaptarse a cambios en el plan de minado con mayor facilidad que las líneas trolley, que tienen rutas fijas, por otro lado también presentan menor inversión inicial, ya que la implementación de un sistema de acarreo con camiones suele requerir una menor inversión inicial en comparación con la instalación de líneas trolley, que implica la construcción de infraestructura eléctrica, en el caso de los equipos de bajo perfil, hacer las vías internas para el desplazamiento de los equipos de bajo perfil es mucho más fácil y esto es facilitado ya que los suelos de las vías para los equipos son solidas ya que son formaciones de mineral, no son suelos frágiles. Por otro lado, presenta mayor disponibilidad dado que los equipos de bajo perfil generalmente tienen una mayor disponibilidad que los sistemas trolley, ya que no dependen de la continuidad del suministro eléctrico y son menos susceptibles a fallas en la infraestructura.

Los resultados también convergen con los hallados por Carmelo (2021), quien señala que los equipos de ingeniería afectan a la productividad, y esto está vinculado al rendimiento humano, equipos que requieran menor esfuerzo humano permite a los operadores tener mayor productividad, menos errores, menos accidentes pues sufren de menos fatiga, permitiendo enfocarse en el control de las tareas, la calidad de los procesos, la seguridad y salud, debiendo evitarse la fatiga humana que en las labores mineras es elevada.

En esta línea de ideas, Pizán (2023), coincide en que el transporte y acarreo de material minero a diferencia de la manufactura, muchas veces no se ajusta a lo secuencial, dependiendo de los eventos en la producción de mineral, aunque esto se planifica a fin de maximizar la productividad de todas las etapas de proceso, entre ellas el acarreo, los equipos deben tener la mayor flexibilidad, capacidad y

autonomía para realizar el trabajo, y que no requiera el sobre esfuerzo humano, pues a mayor tamaño de labor y producción se incrementan los riesgos de seguridad, la razón de utilizar equipos de alta capacidad de bajo perfil motorizado es que reducen significativamente el personal, la probabilidad de accidentes está directamente relacionada con la cantidad de personal y el esfuerzo realizado, ya que a mayor esfuerzo y fatiga mayor error, en este sentido, los equipos de bajo perfil motorizados no producen fatiga física, por lo que la productividad y precisión se incrementa.

Respecto al objetivo específico 2, se determinó los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras, encontrándose que la producción diaria está limitada por la capacidad de acarreo y transporte que es de 307.2 m³ (Tabla 6), su poca lesividad y demora en tiempo de ciclo. Estos resultados convergen con el sustento teórico de Darling (2011), quien señala que existen muchos factores limitantes en el uso de líneas trolley, si bien son eficientes para labores pequeñas, para la minería de gran volumen son inadecuadas, entre otros factores porque están sujetas a un desgaste considerable debido a la vibración, el polvo y la humedad, estas vías no son construidas como un ferrocarril, sufren daños por la caída de rocas, maquinaria o herramientas, averías en la línea que pueden interrumpir las operaciones mineras; otras limitaciones importantes son la instalación es costosa y requiere una planificación cuidadosa, modificar o reubicar la línea trolley generalmente es un proceso complejo y costos y por otro lado, la línea trolley limita el movimiento de los equipos mineros a lo largo de su recorrido y su capacidad.

Estos resultados convergen también con el sustento teórico de Golosinski y Srajer (2022), quien señala que en las operaciones mineras subterráneas, la línea

trolley es un sistema de electrificación utilizado para vehículos de transporte de minerales que, aunque ofrece beneficios significativos, también presenta algunas limitaciones como infraestructura y rutas fijas, lo que en operaciones subterráneas, la configuración de las galerías y túneles puede ser más compleja, lo que dificulta la instalación de líneas trolley en rutas específicas, por otro lado a diferencia de las minas a cielo abierto, en las operaciones subterráneas, los camiones mineros no siempre pueden desconectarse del sistema trolley en puntos específicos, esto limita su autonomía y flexibilidad en el movimiento dentro de la mina, estas presentan problemas de seguridad eléctrica, la instalación de la infraestructura trolley inicial puede ser costosa, además del mantenimiento y la reparación de las líneas y los sistemas eléctricos requieren recursos y personal especializado. En el caso de la presente investigación, la importancia de estas líneas es que se ajustaban a la minería inicial que data de muchos años, y era un sistema conocido, y adaptado a la minería inicial del lugar que era con sistemas Jack leg de aire acondicionado donde la producción no requería de grandes volúmenes de acarreo, sistema que mientras tanto se ha mantenido idóneo, sin embargo, la gran brecha de utilidad en la producción de oro, ha hecho que sea posible dejar el sistema Jack leg, por el sistema de perforación jumbo que permite mayores volúmenes de mineral en menor tiempo y menor esfuerzo, y como tal los volúmenes son demasiados para los sistemas trolley.

Estos resultados convergen con el sustento teórico de Dougherty y Schissler, (2020) quien señala que el mantenimiento de los equipos de bajo perfil mecánico suele ser más sencillo y menos costoso que el de los sistemas trolley, que requieren la revisión y reparación de la infraestructura eléctrica, por otro lado es más fácil llevar combustible que electricidad, además los equipos pueden entrar

a trabajar, con requisitos mínimos de vías donde desplazarse, a diferencia de las vías ferroviarias, esto es de particular importancia en la pequeña minería, donde las labores pueden variar según la presencia de mineral y geología encontrada. Los equipos de perfil bajo se adaptan mejor a las dimensiones de las galerías reducidas, la pendiente de las rampas, la disponibilidad de energía eléctrica que es super complicado ya que están lejos de los centros urbanos o rutas de las líneas de alta tensión.

Respecto al objetivo específico 3, se determinó los requerimientos de acarreo para las metas de producción de la empresa minera, estos están motivados por el incremento de producción de mineral agrandando el perfil de las labores y la cantidad de estas de 8 a 13, para llegar a una meta de 864 m³ aproximado para lo cual el sistema trolley de vagones sería insuficiente por su capacidad limitada por lo que se seleccionó como equipo de acarreo un Scooptram CAT R1600 con una capacidad de manipulación de mineral de 10.2 TM y especialmente diseñado para minería subterránea. Como equipo de transporte se seleccionó el Camión Dumper CAT AD45 con capacidad de 45 TM lo que lo hace suficiente para las metas de la empresa y proyecciones futuras.

Estos resultados convergen con el sustento teórico de Milne (2023), quien señala que las explotaciones mineras actuales, son de gran producción, y altamente mecanizadas, lo que inicia con la capacidad de perforación y voladura, esto era una limitación antes en la minería basada en perforación neumática con equipos Jack leg, que tenían limitación de tiempo, personal, esto ha llevado a nuevos volúmenes de labor y producción donde lo más aconsejable son los equipos motorizados de bajo perfil, a lo que se suma que las labores y

explotaciones con la tecnología actual se replantean y modifican por lo que los equipos tienen que tener gran flexibilidad.

Respecto al objetivo específico 4, se determinó los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil permitiendo disparos de 72 m³, con densidades (oro en mineral de sulfuro) que oscilan entre 2.8 TM/m³ a 3.5 TM/m³, es decir en el caso extremo 252 TM, requiriendo solo 6 viajes por labor lo que cumple los requisitos de la empresa.

Estos resultados convergen con el sustento teórico de Dougherty y Schissler (2020), quien señala que los equipos de carguío y acarreo de bajo perfil (LHD, por sus siglas en inglés) son una alternativa popular en la minería subterránea debido a su mayor maniobrabilidad, su diseño compacto les permite navegar por espacios estrechos y túneles con baja altura, mejorando la eficiencia en operaciones con limitaciones espaciales, la mayor maniobrabilidad facilita la carga y descarga en áreas congestionadas, aumentando la productividad, la baja altura del equipo reduce el riesgo de vuelcos, mejorando la seguridad del operador y del personal en la mina, presentan un menor impacto ambiental: menos emisiones de polvo y ruido que los equipos tradicionales, lo que contribuye a un ambiente de trabajo más saludable y sostenible, están equipados con tecnología avanzada que optimiza el ciclo de carga y acarreo, aumentando la productividad, y lo más importante los LHD pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones mineras, desde el desarrollo de túneles hasta la extracción de mineral, la productividad requiere flexibilidad y multi rol aparte del acarreo y transporte y eso lo satisfacen los equipos de bajo perfil.

Estos resultados sintonizan también con los hallados por Alva (2019) quien señala que las líneas trolley son de desarrollo más difícil y lento dado que la

instalación de un sistema ferroviario de línea trolley es generalmente más difícil y lenta debido a la complejidad de la infraestructura eléctrica y las vías férreas, especialmente en terrenos difíciles, a diferencia de la construcción de vías para equipos de bajo perfil es más sencilla y rápida, ya que requiere menos infraestructura y es más adaptable a diferentes condiciones del terreno mantener su mantenimiento es fuera de la mina, lo que no sucede con la línea trolley que se requiere mantenimiento de las vías, y las líneas eléctricas entre otros, además el control es mejor y la posibilidad de accidentes es menor con los equipos de bajo perfil

Limitaciones

La presente investigación presento limitaciones en cuanto a la difusión de información, era deseable poner planos, y detalles sobre las zonas de acarreo y transporte, sin embargo dada la criminalidad que está afectando las empresas mineras, este informe tuvo que evitar al máximo la información explícita, no obstante los resultados globales muestran el impacto, por otra parte, entre los sesgos que se pueden dar es que a diferencia del acarreo en obras civiles, donde el tiempo es el principal factor, porque generalmente no hay mayores problemas de transporte, en las labores mineras el principal factor es hacer posible la labor en las condiciones adversas y variadas, el tiempo es importante, pero más es el acarreo y el transporte dentro de las labores mineras, el mismo que depende de cada mina. Una limitación importante de este estudio fue la escasez de investigaciones previas específicamente tesis sobre el acarreo de mineral.

Implicancias y estudios futuros

La presente investigación presenta implicancias, porque la minería, en particular la aurífera, en la actualidad está teniendo muchos factores en contra, como la “infiltración”, y la incapacidad del estado, esto lleva a la necesidad de una reducción drástica de personal, en particular personal de la zona, la minería altamente automatizada en todas sus etapas, reduce drásticamente el personal y también reduce la necesidad de personal local (con condiciones de pobreza y resistencia física para poder soportar las duras condiciones del trabajo minero tradicional), siendo las implicancias futuras una mayor seguridad, productividad y tecnificación.

Las implicancias del estudio muestran que los nuevos sistemas de explotación usan casi en su totalidad personal calificado y su sueldo de estos incentivos y llevarlos y traerlos de la mina justifica por la alta productividad, tanto en el oro, como en los demás minerales, por los que los sistemas de acarreo tradicional (línea trolley) se están abandonando, por lo que la presente investigación beneficia a los grupos de interés del sector minero formal. En este sentido, el sistema trolley de acarreo y todo su ecosistema productivo requería de personal sin mayor preparación en grandes cantidades, los nuevos sistemas requieren poco personal altamente preparado y mucho más productivo y esto hace la minería más viable y menos riesgosa. Otro aspecto importante es su sinergia con el ecosistema productivo, las líneas trolley solo servían para trasportar mineral de A y B, las palas neumáticas para llenar los vagones, los equipos de perfil bajo pueden contribuir a muchos trabajos y operaciones mineras y con ello más capacidad de servicio de la contratista a la empresa minera.

La presente investigación propicia estudios futuros, como la comparación de rendimientos de equipos de bajo perfil, de diferentes capacidades, marcas,

estados de uso (también hay el mercado de equipos usados), por otro lado, los actuales equipos mineros han cambiado el concepto de minería, de túneles estrechos, incómodos a grandes labores, construcciones e instalaciones subterráneas, que han dejado en la obsolescencia total a los ecosistemas productivos de líneas trolley, palas neumáticas y sistemas neumáticos de perforación.

4.2 Conclusiones

Respecto al objetivo general, se determinó el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados encontrando que incrementa el volumen de acarreo en 556.8 m³, es decir la producción o cantidad de acarreo se incrementó en 181%, las labores a atender se incrementaron en 4, por otro lado el tiempo de ciclo disminuyó en 1.59 minutos (79%).

Respecto al objetivo específico 1, la empresa en estudio contratista de las labores de acarreo en una empresa minera, enfrentó el desarrollo de cambiar el sistema de acarreo a uno que pueda satisfacer las necesidades de producción de la empresa minera que casi triplican la producción, lo que requería un cambio drástico en los equipos de acarreo.

Respecto al objetivo específico 2, se determinó los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras encontrándose que la producción diaria está limitada por la capacidad de acarreo y transporte que es de 307.2 m³, su poca lesividad y demora en tiempo de ciclo.

Respecto al objetivo específico 3, se determinó los requerimientos de acarreo para las metas de producción de la empresa minera, estos están motivados por el incremento de producción de mineral agrandando el perfil de las labores y la cantidad de estas de 8 a 13, para llegar a una meta de 864 m³ aproximado para

lo cual el sistema de vagones sería insuficiente por su capacidad limitada por lo que se seleccionó como equipo de acarreo un Scooptram CAT R1600 con una capacidad de manipulación de mineral de 10.2 TM y especialmente diseñado para minería subterránea. Como equipo de transporte se seleccionó el Camión Dumper CAT AD45 con capacidad de 45 TM lo que lo hace suficiente para las metas de la empresa y proyecciones futuras.

Respecto al objetivo específico 4, se determinó los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil permitiendo disparos de 72 m³, con densidades (oro en mineral de sulfuro) que oscilan entre 2.8 TM/m³ a 3.5 TM/m³, es decir en el caso extremo 252 TM, requiriendo solo 6 viajes por labor lo que cumple los requisitos de la empresa.

Respecto al objetivo específico 5, el valor de mineral diario se incrementa en 3,893,164.2 lo que hace viable la inversión en los equipos de acarreo y transporte de bajo perfil, valorizados en USD 3,508,500 con ventajas operativas de bajo factor de fatiga, excelente flexibilidad, gran capacidad de acarreo y transporte, versatilidad y disponibilidad.

4.3 Recomendaciones

Se recomienda difundir el uso de equipos de bajo perfil en la pequeña y mediana minería, pues esto es mas flexible para estas empresas garantizando su producción

En caso de existir limitaciones financieras, estos equipos también de encuentran de segundo uso o en alquiler, pudiendo también adquirirse vía leasing en caso de mineros formales.

Se sugiere el uso de vehículos de bajo perfil ya que esto es inmediato, no deben trasladarse hasta la mina ni instalarse, los equipos mecanizados tienen más autonomía y dan gran facilidad a comparación de la línea trolley que requiere personal que es mas escaso y es mas rígido.

REFERENCIAS

- Alva, A. (2019). *Mejora de métodos de trabajo en la productividad del ciclo de carguío y acarreo de minerales ta La Quinua—Yanacocha* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo].
<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0ed4abfa-36d7-47ef-bb16-98b89dc498c9/content>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3^a ed.). Grupo Editorial Patria.
https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/DFEyxQEACAAJ?hl=es
- Berndt, A. E. (2020). Sampling Methods. *Journal of Human Lactation*, 36(2), 224–226.
<https://doi.org/10.1177/0890334420906850>
- Camino, E. (2023). *Optimización de la eficiencia global de los equipos utilizados en el movimiento de tierras y construcción de caminos proyecto minero Quellaveco S.A* [Universidad Nacional de Piura].
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4243>
- Carmelo, O. A. (2021). *El uso eficiente de equipos de ingeniería y la productividad del material de movimiento de tierras en los batallones de ingeniería de construcción* [Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi].
<https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/handle/EMCH/563>
- Darling, P. (2011). *SME Mining Engineering Handbook, Third Edition*. SME.
- Díaz, M. (2023, febrero 7). *¿Para qué sirve la observación?*
<https://www.codimg.com/education/blog/es/para-que-sirve-la-observacion>
- Dougherty, H. N., & Schissler, A. P. (2020). *SME Mining Reference Handbook, 2nd Edition*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- Fryer LK, Larson J, & Stewart J. (2018). Quantitative methodology. En Phakiti A, De Costa P, Plonsky L, & Starfield S (Eds.), *The palgrave handbook of applied linguistics research methodology* (pp. 55–77). Palgrave Macmillan.
https://link.springer.com/chapter/10.1057/978-1-137-59900-1_3
- Golosinski, T. S., & Srajer, V. (2022). *Off-highway Haulage in Surface Mines: Proceedings of the international symposium, Edmonton, 15-17 May 1989*. Routledge.

- Lakens, D. (2022). Sample Size Justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Maraví, P. E. (2019). *Mejoramiento Funcional de vías mineras de acarreo con la aplicación de Geomateriales – Caso Mina Rafael SAC* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5140>
- Milne, J. (2023). *The Miner's Handbook*. LEGARE STREET Press.
- Pizán, J. J. (2023). *Evaluación de rendimientos en movimiento de tierras con maquinaria pesada para la construcción de la plataforma de lixiviación Carachugo etapa 14 – Cajamarca* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5922>
- Stupnik, M., Kalinichenko, V., Kalinichenko, O., & Pochtarev, A. (2021). Technological measures to enhance efficiency of mining ore from stopes applying self-propelled equipment. *E3S Web of Conferences*, 280, 08010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128008010>
- Suwinyattichaiorn, T. (2020). *Quantitative Research Methods: The Workbook*. Kendall Hunt Publishing Company. https://www.google.com.pe/books/edition/Quantitative_Research_Methods_the_Workbo/gpOUzQEACAAJ?hl=es
- Thomás, C. G. (2021). *Research Methodology and Scientific Writing*. Springer Nature. https://www.google.com.pe/books/edition/Research_Methodology_and_Scientific_Writ/UBwgEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- UPN. (2023). *Código de ética de la investigación científica en UPN*. <https://www.upn.edu.pe/sites/default/files/documentos/codigo-de-etica-para-la-investigacion-cientifica-en-upn.pdf>
- Waweru, G., Onyuma, S., & Murumba, J. (2021). *Research Methodology*. 24by7 Publishing. https://www.google.com.pe/books/edition/Research_Methodology/n_ZpzgEACAAJ?hl=es

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de Consistencia

Título: Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>¿Cuál es el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP Pataz 2023?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ¿Cuál es la situación de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023? <input type="checkbox"/> ¿Cuáles son los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras en SERMEP - Pataz, 2023? <input type="checkbox"/> ¿Cuáles son los requerimientos de acarreo para las metas de producción en SERMEP - Pataz, 2023? <input type="checkbox"/> ¿Cuáles son los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil en SERMEP - Pataz, 2023? <input type="checkbox"/> ¿Cuál es la comparación técnica económica de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023? 	<p>Determinar el impacto de la optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Diagnosticar la situación de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023. <input type="checkbox"/> Determinar los parámetros del traslado de mineral encontrado mediante sistema de locomotoras en SERMEP - Pataz, 2023. <input type="checkbox"/> Determinar los requerimientos de acarreo para las metas de producción en SERMEP - Pataz, 2023. <input type="checkbox"/> Determinar los parámetros del traslado de mineral mediante equipos de bajo perfil en SERMEP - Pataz, 2023. <input type="checkbox"/> Determinar la comparación técnica económica de la empresa minera en SERMEP - Pataz, 2023. 	<p>La optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados impacta en el incremento la producción en SERMEP - Pataz, 2023.</p>	<p>Variable 1 Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados</p> <p>Dimensiones Capacidad por turno Tiempo de ciclo Tonelaje por ciclo Mantenimiento y disponibilidad acarreado</p> <hr/> <p>Variable 2 Producción en una empresa minera</p> <p>Dimensiones TM material acarreado</p>	<p>Diseño Preexperimental M: O1 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> O2.</p> <p>Población de indicadores de producción, y acarreo en una labor de una empresa minera</p> <p>Mediciones Como técnica se usó la observación, y como instrumento utilizó las fichas de observación de transporte y la ficha de observación de acarreo.</p> <p>Procedimiento Observación</p> <p>Análisis de Datos Estadístico descriptivo</p>

ANEXO N° 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Valor Final	Tipo de variable
Variable 1 Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados,	Conjunto de estrategias en los equipos y métodos de transporte y acarreo para disminuir costos de combustible, tiempo de ciclo e incrementar la productividad del proceso	Tiempo de ciclo por labor	Segundos por ciclo de acarreo Segundos por ciclo de transporte	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
Variable 2 Producción en una empresa minera	Volumen de mineral transportado de la zona de demolición a la cancha de mineral.	Volumen de mineral por día	Volumen de mineral transportado	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V1 Capacidad por turno	Volumen de mineral que tiene que acarrear y trasladarse desde todas las labores asignadas a la empresa contratista	Máxima cantidad de labores que es posible acarrea y transportar con el equipo que se dispone	N° de labores	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D2V1 Tiempo de ciclo	Tiempo que demora la operación de cargado de mineral al equipo de transporte, y el tiempo de ida y vuelta del equipo de transporte	Tiempo promedio en acarrear y trasportar por viaje	Promedio de tiempo	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D3V1 Tonelaje por ciclo	Capacidad de mineral por cada ciclo de carguío y transporte	Volumen de mineral por labor	Promedio de volumen por silo	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V1 Mantenimiento y disponibilidad	Disponibilidad de los equipos de transporte y acarreo en simultaneo	Tiempo que ambos equipos funcionan, la indisposición de uno indisponen el otro	Tiempo de operación productiva de ambos equipos (acarreo y transporte)	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	Numérica
D1V2 TM material acarreado	Cantidad de material acarreado	Volumen de material acarreado y transportado diariamente.	M3 diarios	Predeterminado para cumplir los requisitos de la empresa contratante	

ANEXO N° 4. Ficha de observación de transporte

FICHA 001: FICHA DE OBSERVACIÓN DE TRANSPORTE

<p>Transporte</p> <p>Contratista</p> <p>Código</p> <p>N° vagones</p> <p>N° de viajes</p> <p>Distancia a Chimenea</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Dumper CAT AD45</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Dumper CAT AD45		
Dumper CAT AD45				

		Tiempo		
		Ida	Descarga	Vuelta
Viajes	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
Total				
Promedio vagón				

ANEXO N° 5. Ficha Técnica Ficha de observación tiempo de acarreo

Variable: Tiempo de acarreo
Volumen de acarreo
Medio Pala neumática



Objetivo Cargar Volumen de demolición
Cargar a vagones
Periodo de medición: Voladura
Resultados Tiempo de carga de material de voladura
Volumen de voladura
Cumple SI

Labor	
Fecha	
Responsable	
Método	

Acarreador	Pala neumática
Contratista	
Código	
N° de camiones	
N° de viajes	

Viajes	Tiempo de carga	
	Cargas	(seg.)
Viaje 1		
Viaje 2		
Viaje 3		
Viaje 4		
Viaje 5		
Viaje 6		
Viaje 7		

Vagón 8		
Vagón 9		
Vagón 10		
Total		
Promedio viaje		

Nota:

Volumen de vagón 1 m ³	
-----------------------------------	--

ANEXO N° 6. Ficha Técnica tiempo de Transporte (Sistema de vagones)

Variable: Tiempo de Transporte
 Volumen de transporte
 Medio Tren Trolley 10 vagones



Objetivo Transporte de carga Volumen de demolición
 Volumen trasladado en vagones
 Periodo de medición: Voladura
 Resultados Tiempo de transporte de material de voladura a chimenea
 Volumen transportado
 Cumple SI

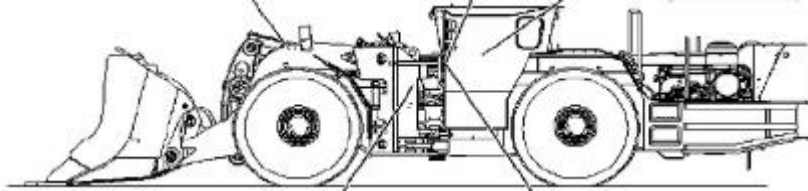
Trasporte
 Contratista
 Código
 N°
 vagones
 N° de
 viajes
 Distancia a
 Chimenea

Tren Trolley

Viajes	Ida	Descarga	Vuelta
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Total			
Promedio vagón			

ANEXO N° 7. Ficha Técnica Ficha de observación tiempo de acarreo (Eq. Mot Bajo Perfil)

Variable: Tiempo de acarreo
 Volumen de acarreo
 Medio Scooptram CAT R1600 H



Objetivo Cargar Volumen de demolición
 Cargar a vagones
 Periodo de medición: Voladura
 Resultados Tiempo de carga de material de voladura
 Volumen de voladura
 Cumple SI

FICHA 001: FICHA DE OBSERVACIÓN DE TIEMPO DE ACARREO

Acarreador	Contratista	Scooptram CAT R1600 H	
	Código		
	N° camiones		
	N° viajes		

Viajes	Cargas	Tiempo de carga (seg)
Viaje 1		
Viaje 2		
Viaje 3		
Viaje 4		
Viaje 5		
Viaje 6		
Viaje 7		
Viaje 8		
Viaje 9		
Viaje 10		
Total		
Promedio viaje		

ANEXO N° 8. Ficha Técnica tiempo de transporte (Eq. Mot Bajo Perfil)

Variable: Tiempo de Transporte
Volumen de transporte
Medio Dumper CAT AD45




Objetivo Transporte de cargar Volumen de demolición
Volumen trasladado en vagones
Periodo de medición: Voladura
Resultados Tiempo de transporte de material de voladura a chimenea
Volumen trasportado
Cumple SI


FICHA 001: FICHA DE OBSERVACIÓN DE TRANSPORTE

Transporte	Contratista	Dumper CAT AD45		
	Código			
	N° vagones			
	N° de viajes			
	Distancia a Chimenea			

Viajes	Tiempo		
	Ida	Descarga	Vuelta
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Total			
Promedio vagón			

ANEXO N° 9. Validación de experto de instrumentos
Experto 1. Miguel Ángel Cueva Rosas

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Tiempo de acarreo								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: Miguel Ángel Cueva Rosas									
DNI:									
Especialidad y Grado: Ingeniero Residente									
						 _____ Firma del experto			

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Transporte								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: Miguel Ángel Cueva Rosas									
DNI:									
Especialidad y Grado: Ingeniero Residente									
						 _____ Firma del experto			

Experto 2. Luis Arturo Apaza Escobedo

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Tiempo de acarreo								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: Luis Arturo Apaza Escobedo									
DNI:									
Especialidad y Grado: Asistente de Ingeniero Residente									
						 <hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> Firma del experto			

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Transporte								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: Luis Arturo Apaza Escobedo									
DNI:									
Especialidad y Grado: Asistente de Ingeniero Residente									
 Firma del experto									

Experto 3. José Luis Dávalos Ayay

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Tiempo de acarreo								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: José Luis Dávalos Ayay									
DNI:									
Especialidad y Grado: Asistente Ingeniero Residente									
						 Firma del experto			

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS									
Título de la investigación:	Optimización de transporte de mineral mediante equipos de bajo perfil motorizados en el incremento de producción en SERMEP - Pataz, 2023								
Línea de investigación:									
Eje temático	Transporte								
Tipo de instrumento (Marcar con X)	Cuestionario		Guía de entrevista		Guía de Observación	X	Ficha de análisis Documental		Otro instrumento: _____
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.									
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones					
		SÍ	NO						
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X							
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X							
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X							
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X							
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X							
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X							
7	¿La redacción de las preguntas o ítems tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X							
8	¿Cada una de las preguntas o ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (Sólo cuestionario)	X							
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Sólo cuestionario)	X							
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? (Sólo cuestionario)	X							
Sugerencias:									
Nombre completo: José Luis Dávalos Ayay									
DNI:									
Especialidad y Grado: Asistente Ingeniero Residente									
						 <hr style="width: 100%;"/> Firma del experto			

