



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Evaluación del Uso del Sistema Load Assist del Cargador L260H
para incrementar la Operatividad en Minera Los Andes Gold La
Libertad 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Rojas Fuentes, Willam Alberto (orcid.org/0009-0007-4343-8669)

ASESOR:

Dr. Ing. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2024

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, JAMES SKINNER CELADA PADILLA, Docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO de la sede Chiclayo, asesor del Proyecto de Investigación titulada: " **Evaluación del Uso del Sistema Load Assist del Cargador L260H para incrementar la Operatividad en Minera Los Andes Gold La Libertad 2023**" del autor Rojas Fuentes Willam Alberto, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones. He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 26 de Agosto del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor: CELADA PADILLA JAMES SKINNER	
DNI 16782335	Firma 
ORCID 0000-0002-5901-2669	

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR

Yo, Rojas Fuentes Willam Alberto, estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al artículo de revisión de literatura titulada: **Evaluación del Uso del Sistema Load Assist del Cargador L260H para incrementar la Operatividad en Minera Los Andes Gold La Libertad 2023**", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 26 de Agosto del 2024



Rojas Fuentes Willam Alberto

ORCID: 0009-0007-4343-8669

Dedicatoria

Este presente trabajo está dedicado especialmente a Dios por guiar mi camino y permitirme culminar la carrera universitaria, y a toda mi familia que me ha brindado su apoyo incondicional en todo el proceso académico.

Agradecimiento

Primero agradecer a la Universidad César Vallejo por darme la coyuntura de formarme profesionalmente. Al Ing. Pérez Quispe Cesar por su dedicación, paciencia y todas sus enseñanzas que me ha brindado. Y también a mis padres por el apoyo constante y su perseverancia hacia mi persona y así cumplir mis objetivos trazados a lo largo de mi carrera

Índice de Contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	14
III. RESULTADOS	18
IV. DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1. Razones de fallos en la operación de unidades vehiculares.....	19
Tabla 2. Número de Unidades vehiculares afectados en la operación	20
Tabla 3. Razones de fallos en mantenimiento de unidades vehiculares.....	21
Tabla 4. Número de Unidades vehiculares afectados en la operación	22
Tabla 5. Horas de no operación relacionadas a fallas en Chasis,.. ..	24
Tabla 6. Características de Sensor de Peso	26
Tabla 7. Horas de no funcionamiento, al instalar el Load Assist.....	30
Tabla 8. Comparación de las Horas de no funcionamiento	30
Tabla 9. Costos de Inversión.....	32
Tabla 10. Ingresos estimados del Proyecto.....	33
Tabla 11. Flujo de Caja del Proyecto	34
Tabla 12. Valor Actual Neto	35
Tabla 13. Tasa Interna de Retorno.....	36

Índice de figuras

Figura 1. Cargador Frontal L260H.....	8
Figura 2. Sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H.....	11
Figura 3. Sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H.....	12
Figura 4. Display del sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H	13
Figura 5. Impactos de fallos en la Operación.	21
Figura 6. Impactos de fallos en el mantenimiento	23
Figura 7. Horas Acumuladas de Equipos Inoperativos	25
Figura 8. Porcentaje de Horas por tipo de fallos en camiones, 2023.....	25
Figura 9. Pantalla Interface Load Assist.....	27
Figura 10. Operación de llenado de volquete, utilizando LOAD ASSIST.....	28
Figura 11. Disminución porcentual de las horas de fallos al utilizar LOAD ASSIST...31	

Resumen

La investigación tuvo como objeto de estudio determinar el incremento de la productividad de las unidades vehiculares, específicamente de los cargadores L260H, que actualmente se utilizan en la Mina Los Andes Gold, al implementar el sistema Load Assist; y está enmarcado dentro de las políticas de la empresa en cuanto a sus niveles de producción, el cual tiene influencia directa en la rentabilidad económica y en uso eficiente de la energía.

La aplicación de éste sistema Load Assist, fue el objeto de estudio de ésta investigación, la investigación se inició identificando los efectos adversos que se producen en las unidades actuales, cuando la capacidad de carga supera a la capacidad nominal; luego se hizo un análisis de las horas de operación y los tiempos en ellos cuales los equipos no operan debido a la sobrecarga al cual fueron sometidos, comparándolos con los mismos indicadores luego de instalar el sistema Laod Asist en los equipos volquetes que se utilizan en los procesos de acarreo del material

Finalmente, mediante indicadores económicos, se determinó la factibilidad de implementación de la propuesta.

Palabras clave: Sistema Laod Assist, Operatividad, capacidad de carga.

Abstract

The objective of the research was to determine the increase in the productivity of the vehicle units, specifically the L260H loaders, which are currently used in the Los Andes Gold Mine, by implementing the Load Assist system; and is framed within the company's policies regarding its production levels, which has a direct influence on economic profitability and efficient use of energy.

The application of this Load Assist system was the object of study of this research. The research began by identifying the adverse effects that occur in current units when the load capacity exceeds the nominal capacity; Then an analysis was made of the hours of operation and the times in which the equipment does not operate due to the overload to which they were subjected, comparing them with the same indicators after installing the Load Assist system in the dump equipment used in the material hauling processes

Finally, using economic indicators, the feasibility of implementing the proposal was determined.

Keywords: Load Assist System, Operability, load capacity.

I. INTRODUCCIÓN

La capacidad de carga de las unidades vehiculares, es un valor que el fabricante estipula, y está en función al diseño que tiene los sistemas que lo conforman; en el sector minero existen volquetes de carga de material, en el cual son utilizados con carga superior a la especificada; el análisis continuo de los sistemas y procesos deben estar en constante desarrollo, producto de ello es que se ha detectado que la sobrecarga de los camiones genera problemas operativos a mediano y corto plazo. (Romero, 2021)

En los campos mineros dedicados a la extracción de cobre en Chile, los procesos operativos con mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, esto debido a que es un proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, un alto grado de mecanización y un bajo rendimiento productivo de cada equipo, lo que constituye un proceso importante que tiene que ser monitoreado y optimizado constantemente. (Calua, 2019)

En el contexto nacional el sector de Minería viene desarrollando un significativo crecimiento en los últimos años. Sin embargo, este avance muchas veces se ve opacado por las malas actividades de apoyo como es una adecuada gestión de producción. El exceso de carga en el camión aumenta el desgaste del vehículo, especialmente en su sistema de frenado. Además, al pasar por baches o irregularidades de la carretera, el impacto sobre el vehículo es mayor, dañando su suspensión. (Robustec,2022).

En las instalaciones de la Mina Los Andes Gold, dedicada a la extracción de metales no ferrosos (no incluye al uranio y torio); cuenta con una flota vehicular para el acarreo de materiales, los cuales datan con antigüedad máxima de 5 años, se ha evidenciado que se están utilizando estas unidades con carga que superan a la capacidad nominal que ha establecido el fabricante. (Unidad Minera Los Andes Gold, 2023).

La importancia de abordar la investigación radica en que la falta de información técnica, como la supervisión de las operaciones en cuanto a la capacidad de carga de los camiones volquetes, es un factor determinante en la operatividad de estas unidades, debido a que se tiene registros de incremento de horas de no funcionalidad debido a deficiencias en la parte estructural de las unidades, como en la suspensión y neumáticos.

Las causas de ésta problemática son diversas, pero entre las que se ha evidenciado es que no existe una relación directa entre el material que es entregado por los cargadores y el material que es acarreado por los volquetes, es decir solo se hace de forma visual, es decir solo cuando los operarios, observan que el camión volquete ya tiene lleno la tolva, sin embargo debido a la densidad del material, no se tiene un conocimiento exacto de la carga que está transportando; no existiendo dentro de la unidad vehicular un sistema capaz de indicar la capacidad de carga; así mismo otro factor es que la falta de coordinación entre los operarios, muchas veces por tener menos número de veces de acarreo del material, exceden en la carga.

Si no se aborda la presente investigación, las consecuencias que se tendrán es que no se tiene un conocimiento exacto de la cantidad de carga a los camiones volquetes, y por ende, los tiempos de parada de éstos por problemas que presenten los sistemas de suspensión y de los neumáticos de los volquetes serán cada vez mayor, incrementando la indisponibilidad y como consecuencia de ello, la empresa tendría que adquirir más unidades con la finalidad de mantener los niveles de producción programados.

Se justificó la investigación desde el punto de vista técnico, porque existe sistemas que utilizan otras unidades vehiculares en los cuales permite la identificación de la capacidad de carga que se está empleando, con resultados exitosos en el análisis de fallas, así mismo se justificó desde el punto de vista económico, por 2 motivos, siendo uno el menor costos de mantenimiento correctivo de las unidades, como también el incremento de la producción en las instalaciones de la Minera; desde el punto de vista ambiental, se justificó la investigación porque al tener un

funcionamiento adecuado de las unidades vehiculares, se garantiza que los niveles de emisiones de los gases de los motores de combustión interna están dentro de lo especificado en los límites máximos permisibles establecidos para actividades mineras.

El objetivo general de la investigación fue de evaluar el uso del sistema Load Assist del cargador L260H para incrementar la operatividad en Minera Los Andes Gold, para lo cual se establecieron 3 objetivos específicos, siendo éstos: Determinar cuáles son los efectos que se producen en los equipos volquetes cuando se supera su capacidad nominal de carga (Sobrecarga de los equipos); Analizar las horas de trabajo y tiempo muerto de los equipos volquetes cuando se sobrecargan los equipos y compararlos después de la instalación del Load Assist y hacer una evaluación económica de la propuesta, utilizando indicadores económicos, tales como VAN, TIR y relación beneficio costo.

Como hipótesis de la presente investigación es que la evaluación técnica de la implementación del sistema Load Assist en el cargador L260H permitirá incrementar la operatividad en la Minera Los Andes Gold.

Existen diferentes investigaciones en las cuales se han implementado acciones a fin de incrementar la operatividad de las unidades vehiculares dedicada al acarreo de materiales, entre las cuales:

Soofastaei, A., Aminossadati, S., Knights, P., y Kizil, M. (2014) sostienen que "la variación en la carga útil tiene el efecto más importante en la productividad minera, el consumo de energía diésel, las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos asociados". Añaden que "esta variación en la carga útil depende de la geología, la distribución del tamaño de las partículas del material, los factores de esponjamiento, la densidad del material y el factor de llenado del cucharón". Por lo tanto, es esencial medir y gestionar la carga de manera óptima para evitar tanto una disminución en la producción (carga por debajo del diseño) como problemas en los equipos debido a la sobrecarga.

Escamilla M (2011) señala que uno de los problemas más frecuentes en las actividades de carguío y acarreo es la dificultad para alcanzar los objetivos de productividad establecidos por la empresa. Esto se debe a una serie de factores relacionados con el tipo de mineral extraído, la fragmentación de la rezaga (el mineral y el material estéril resultante de las voladuras con explosivos), la ubicación de la mina, el clima regional, la capacidad del equipo de carga y acarreo, los métodos de trabajo, la topografía del terreno, entre otros. Esta situación puede afectar tanto las finanzas como, en ocasiones, el ambiente laboral de la empresa. Además, la capacidad de los equipos de acarreo es crucial; cuando estos equipos transportan un tonelaje superior a su diseño, la sobrecarga puede tener efectos negativos, particularmente en la disponibilidad mecánica a corto y mediano plazo, así como en la seguridad de las personas y equipos.

Ivove (2022) afirma que exceder los límites de carga útil de los equipos puede comprometer la durabilidad de las máquinas, mientras que una carga insuficiente puede causar importantes pérdidas de producción. Por lo tanto, la gestión adecuada de la carga útil es crucial para satisfacer los requisitos de producción y asegurar que la flota opere de manera eficiente. Una gestión inadecuada de la carga útil tiene un impacto directo en la productividad.

Escamilla M (2011), en su estudio titulado "Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Hierro a Cielo Abierto", indica que la productividad del equipo de acarreo se ve afectada por el desgaste físico del equipo, lo que provoca interrupciones frecuentes para mantenimiento correctivo y resulta en una cantidad real de toneladas por viaje muy inferior a la prevista. Uno de los factores clave es la sobrecarga de los equipos. Los datos revelan que el equipo de carga tiene una utilización neta promedio de 4.27 horas y una productividad de 673 toneladas por hora (tph) por turno de trabajo, cifras que están por debajo de los objetivos establecidos por la empresa. Además, la interrupción más significativa para este equipo es la falta de camiones para el acarreo, con un promedio de 1.65 horas y 10 eventos por turno de trabajo.

A. Huamanchumo y E. Briceño (2022), en su investigación llevada a cabo en Newmont Yanacocha, concluyeron que la gestión de la carga útil (payload) es esencial en la industria minera, ya que permite aumentar la producción y la eficiencia en el acarreo de material. Sin embargo, es crucial mantener un control constante para evitar la sobrecarga de los camiones, lo que podría tener efectos adversos en la operación. El proyecto tenía como objetivo elevar la carga de una base inicial del 105% (234 toneladas) a un reto del 110% (245 toneladas), maximizando la carga sin causar daños estructurales a los camiones CAT 793 C/D, reduciendo las tareas de mantenimiento relacionadas con las sobrecargas y minimizando los derrames de material durante el acarreo.

Villalba M. (2020) explica que en los equipos de carguío, la productividad se mide en toneladas por hora (t/h), y esta productividad puede verse afectada por diversos factores que reducen las horas efectivas de trabajo. Entre las principales causas se encuentran la altura del banco de 6 metros, el tipo de mineral, la granulometría del material fragmentado con botonería, la habilidad del operador, los cambios de frente, los ángulos de giro durante el carguío, la disponibilidad mecánica de los equipos de línea amarilla, las condiciones de trabajo y las condiciones de operación. Además, si un equipo opera fuera de su rango de diseño, su disponibilidad mecánica se verá comprometida a corto o mediano plazo. Por ello, es crucial que el operador del equipo de carguío tenga un método para medir la cantidad de material que carga en el equipo de acarreo.

ISEM Perú (2021) explica que el propósito del carguío es extraer el material volado para su posterior transporte al destino adecuado. Este proceso se puede desglosar en varias etapas: preparación del área de trabajo, posicionamiento de los equipos, retiro del material volado, transferencia del material al equipo de transporte, transporte y descarga final. Este proceso tiene un impacto significativo en los costos operativos, que pueden representar entre el 55% y el 70% del total. Por lo tanto, es crucial asegurar un entorno de operación adecuado para maximizar el rendimiento de los equipos involucrados, tanto en términos de personal (operadores, mantenedores, jefes de turno, etc.) como de aspectos físicos (materiales, equipos,

disponibilidad de insumos, etc.). El artículo destaca que para asegurar un rendimiento óptimo, es importante operar los equipos dentro de sus rangos de diseño. Sobrecargar los equipos puede aumentar la productividad a corto plazo, pero a mediano y largo plazo puede provocar el deterioro de la maquinaria, lo que resulta en baja disponibilidad, menor eficiencia y costos adicionales en mantenimiento.

MOBA (2020) destaca que la sobrecarga tiene un impacto significativo en los procesos mineros. Conocer el peso que cada cubeta de un cargador o excavadora agrega al camión es crucial para entender la dinámica de la operación. Este conocimiento es esencial tanto para la gestión de la producción como para evaluar los efectos de la sobrecarga en los equipos de carga y transporte. Los equipos de carga y transporte están diseñados para manejar una carga específica; exceder esta capacidad afecta su rendimiento y, en consecuencia, compromete la productividad, además de aumentar los costos operativos debido al desgaste acelerado de los equipos de línea amarilla.

Una operación sin un control adecuado de la carga está expuesta a diversas debilidades operativas y de productividad. Entre las principales consecuencias se incluyen:

Impactos en la operación:

- **Tiempos de ciclo de carga más largos:** El equipo de carguío se vuelve ineficiente cuando opera fuera de su rango de carga.
- **Mayor tiempo de ciclo de transporte:** Los volquetes sobrecargados no cumplen con los tiempos de transporte establecidos.
- **Alto consumo de combustible:** Los motores de los equipos no funcionan de manera óptima.
- **Baja disponibilidad mecánica:** Esto se debe al desgaste prematuro de los componentes.
- **Mayor frecuencia de mantenimiento de vías:** Requiere más intervenciones debido al uso excesivo.

- **Incremento de riesgos y accidentes:** Aumenta el peligro para los operadores y los equipos.

Impactos en el mantenimiento:

- **Desgaste prematuro de neumáticos:** Los neumáticos se deterioran más rápidamente.
- **Desgaste prematuro del tren de rodaje:** Se reduce la durabilidad del sistema de rodaje.
- **Reducción de la vida útil del tren eléctrico:** El desgaste afecta la durabilidad del sistema eléctrico.
- **Reducción de la vida útil del sistema de frenos:** Los frenos se desgastan más pronto.
- **Reducción de la vida útil de los cubos:** Los cubos tienen una vida útil menor.
- **Fatiga general de la estructura del equipo:** Aumenta el riesgo de fallas catastróficas en los componentes

El cargador frontal L260H de Volvo Construction Equipment es ideal para una industria en constante evolución y con demandas crecientes. Los clientes buscan una máquina en la que puedan confiar, y la L260H ofrece precisamente eso. Este modelo confiable ha sido mejorado con tecnologías avanzadas y una mayor capacidad de carga útil, lo que contribuye a una mayor productividad en las operaciones.

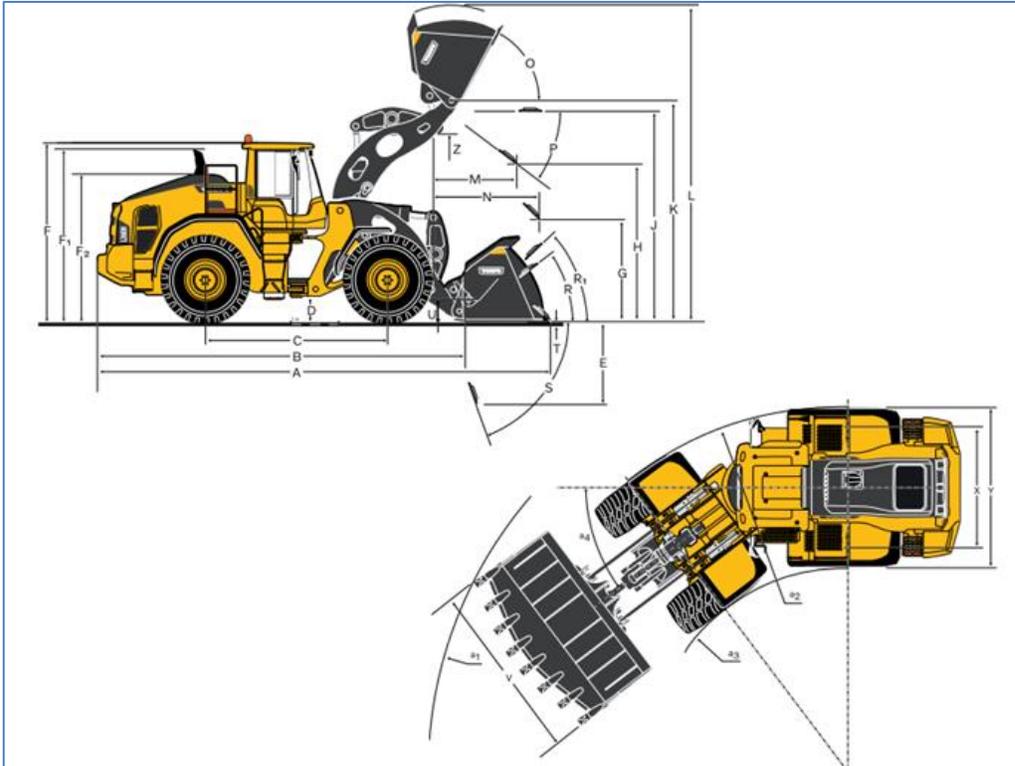


Figura 1. Cargador Frontal L260H

<https://www.volvoce.com/espana/es-es/products/wheel-loaders/l260h/>

Características del Motor Volvo: El modelo L260H está diseñado para ofrecer eficiencia y productividad, equipado con un potente motor D13 que proporciona un 6% más de potencia y un 5% más de torque en comparación con el modelo L250H.

Rendimiento: Para maximizar el desempeño, el L260H cuenta con la nueva transmisión HTL310, que trabaja en sincronía con el motor y los ejes. Este nuevo convertidor mejora el torque, lo que se traduce en un rendimiento superior. Además, se ha reducido el paso entre engranajes para lograr una aceleración más rápida y un funcionamiento más suave.

Puesto del operador: La capacitación de operadores asegura que los usuarios aprovechen al máximo su máquina Volvo. La aplicación intuitiva proporciona orientación en tiempo real, ayudando a los operadores a comprender cómo sus

acciones afectan la productividad y eficiencia de la máquina, además de identificar áreas para mejorar o ajustar su técnica.

Máxima versatilidad: El distribuidor Cat ofrece una amplia gama de implementos, como cucharones, adecuados para diversas aplicaciones, incluyendo demolición, limpieza de terrenos, procesamiento de chatarra, y fraccionamiento de superficies de carretera.

Servicio y mantenimiento: El diseño está orientado a facilitar un servicio rápido y sencillo, con intervalos de mantenimiento largos, funciones de filtrado avanzado, y acceso fácil a filtros y equipos de diagnóstico electrónico, lo que ayuda a aumentar la productividad y reducir los costos de mantenimiento.

Clase de material: Las características geológicas del terreno, como la clasificación geomecánica y el grado de dureza, afectan significativamente el rendimiento de los equipos, y por ende, la productividad de la excavadora.

Ángulo de giro: El ángulo horizontal, medido en grados, se encuentra entre la posición del cucharón durante la excavación y la descarga. Para lograr una eficiencia del 100%, el ángulo óptimo es de 90°. Un ángulo menor a 90° puede resultar en una eficiencia superior al 100%. Aumentar el ángulo de giro incrementa el tiempo del ciclo, mientras que disminuirlo acorta el tiempo del ciclo. Este tiempo total incluye excavación, maniobras de giro, descarga y retorno a la posición de excavación.

Condiciones de trabajo: En los proyectos de desplazamiento de tierras, las condiciones pueden variar y no siempre están bajo el control del equipo. Factores como el clima, la presencia de transeúntes, paros sociales y simulacros de seguridad deben ser considerados al estimar la producción potencial del equipo de carguío.

Habilidad del operador: El conocimiento, experiencia, habilidades y destrezas del operador juegan un papel crucial en el rendimiento de la excavadora, la producción diaria y el cuidado del equipo.

Planificación de la mina: Esta etapa define las zonas de carga, las direcciones de carguío y el destino de los materiales, siguiendo las leyes de clasificación y tonelajes preestablecidos.

Operación de la mina: Se encarga de la gestión y organización de los equipos de carga en la mina, supervisando el entorno, especialmente los frentes de carga, la posición de los equipos de carguío y el nivel de los pisos.

Jefe de operaciones: También conocido como el número uno en la operación, es responsable de asignar equipos y operadores a puntos estratégicos para carguío o descarga.

Operador del equipo de carguío: Es la persona encargada de operar el equipo de carguío, definir la posición de los camiones para la carga y evitar que la carga caiga bruscamente en la tolva del camión, lo que podría dañar el equipo de transporte o al operador.

Equipos auxiliares: Mantienen en buen estado las áreas de carguío y transporte, especialmente el nivel de los pisos, siguiendo las instrucciones del Jefe de Operaciones y/o el operador del equipo.

Software Android para Copiloto Volvo (Volvo Construction Equipment): El Volvo Co-Pilot es una pantalla táctil que integra dos ECU combinadas: una para el sistema de la máquina y otra para Android. La parte del sistema de la máquina, conocida como SID (Pantalla de Información Secundaria) en Tech Tool, maneja la comunicación con el sistema electrónico de control de la máquina. El software de la parte Android se gestiona a través del SEMS (Service Management System). Al actualizar el software de la máquina o programar conexiones con sistemas centrales, Tech Tool verifica con SEMS si hay nuevas versiones de software Android disponibles para el Volvo Co-Pilot. Si se detecta un nuevo software, se descarga al ordenador mediante Tech Tool, y se transfiere a una memoria USB para su instalación en el Volvo Co-Pilot, siguiendo las instrucciones de Tech Tool para el proceso de descarga y programación.

Válido para opción/ configuración			
Modelo:	Nº de opción	Opción	Configuración
L260H Volvo	87005	Electric, Load Assist On-Board Weighing	Installed
L260H Volvo	87656	Electric, Load Assist On-Board Weighing	Installed

Figura 2. Sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H

<https://www.volvoce.com/espana/es-es/products/wheel-loaders/l260h/>

Los componentes del sistema del Copiloto Volvo para el cargador frontal L260H incluyen: una cubierta para la tarjeta SIM, una antena 3G externa, entradas de video, entradas/salidas de audio, un conector de 12 pines, una conexión Ethernet y un puerto USB 2. En caso de que no haya acceso a Internet a través de la tarjeta SIM en el Co-Pilot, también se puede usar un anclaje USB para compartir la conexión a Internet desde un teléfono Android.

Para habilitar el anclaje USB, siga estos pasos: Conecte el teléfono Android al Co-Pilot con un cable USB que soporte transferencia de datos. Acceda a los ajustes del teléfono, busque 'USB' en el cuadro de búsqueda y active la opción 'Compartir internet por USB'. El Volvo Co-Pilot debería conectarse automáticamente a Internet.

Si la conexión no se establece automáticamente, siga los pasos adicionales que se detallan a continuación.

Ajustes de conectividad si no se conecta automáticamente:

Centro de acciones , Ajustes de CO-PILOT , Conectividad (Connectivity).

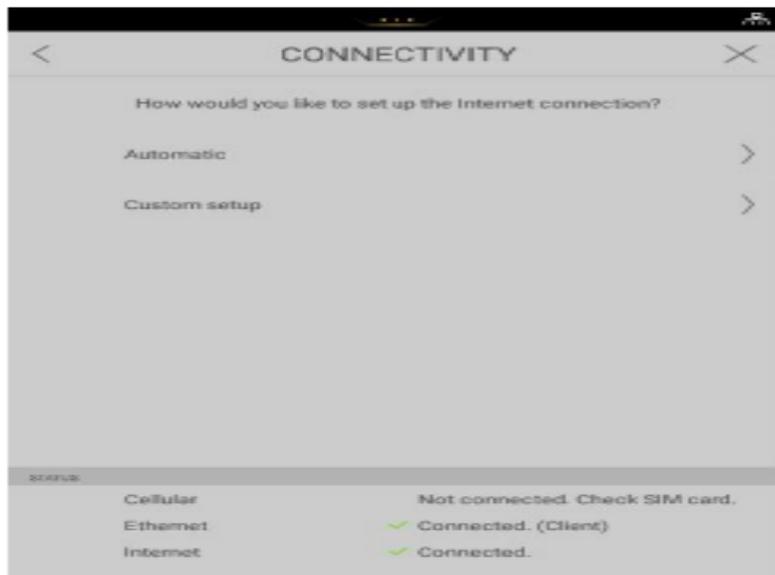


Figura 3. Sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H

<https://www.volvoce.com/espana/es-es/products/wheel-loaders/l260h/>

Display físico de Sistema Volvo Co-Pilot que se encuentra en la cabina del conductor.

Es un display que parece una Tablet, tal como se comentó anteriormente puede operar en el sistema Android y puede ser actualizado con nuevas versiones, es fácil de usar, es intuitivo y la información puede descargarse y puede ser monitoreada por el operador del cargador frontal

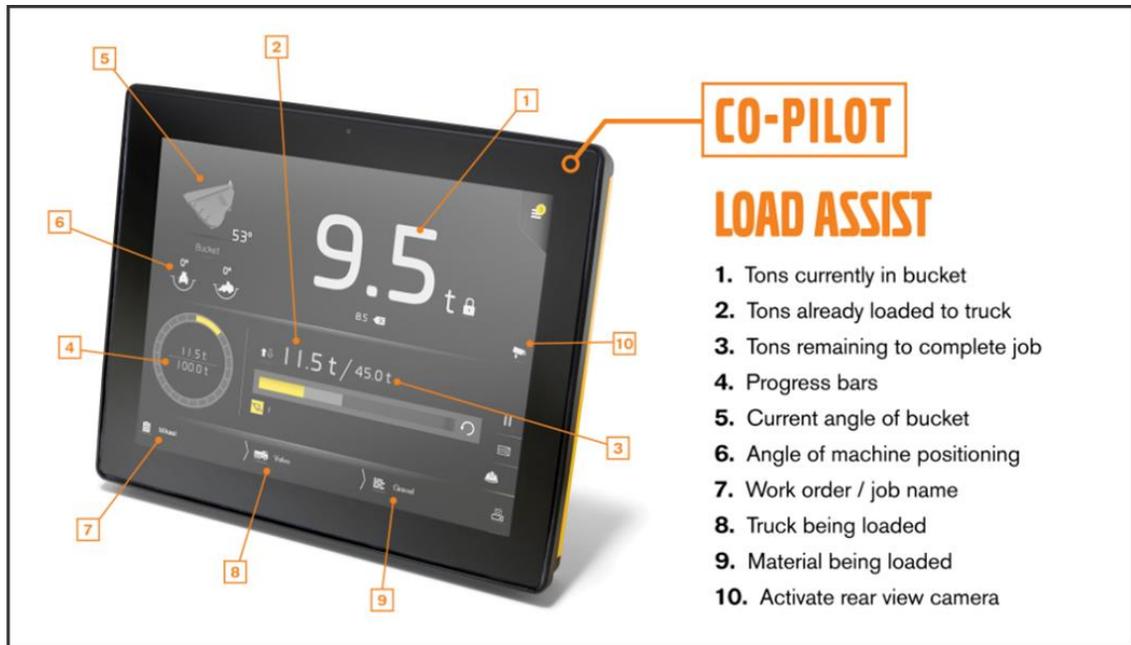


Figura 4. Display del sistema para copiloto Volvo Cargador Frontal L260H

<https://www.volvoce.com/espana/es-es/products/wheel-loaders/l260h/>

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es aplicada. El diseño de investigación es No Experimental longitudinal, porque no habrá manipulación en las variables. Los datos se obtendrán según se desarrollen en su contexto real.

La variable Independiente: Uso del Sistema Load Assist del Cargador L260H y la Variable Dependiente: Incrementar la Operatividad en Minera Los Andes Gold

Población, muestra, muestreo, unidad de análisis. Se consideró como población total 40 camiones volquetes operativos de la flota vehicular de la Minera Los Andes. La Muestra Coincide con la población. El Muestreo Se consideró la totalidad de los camiones volquetes.

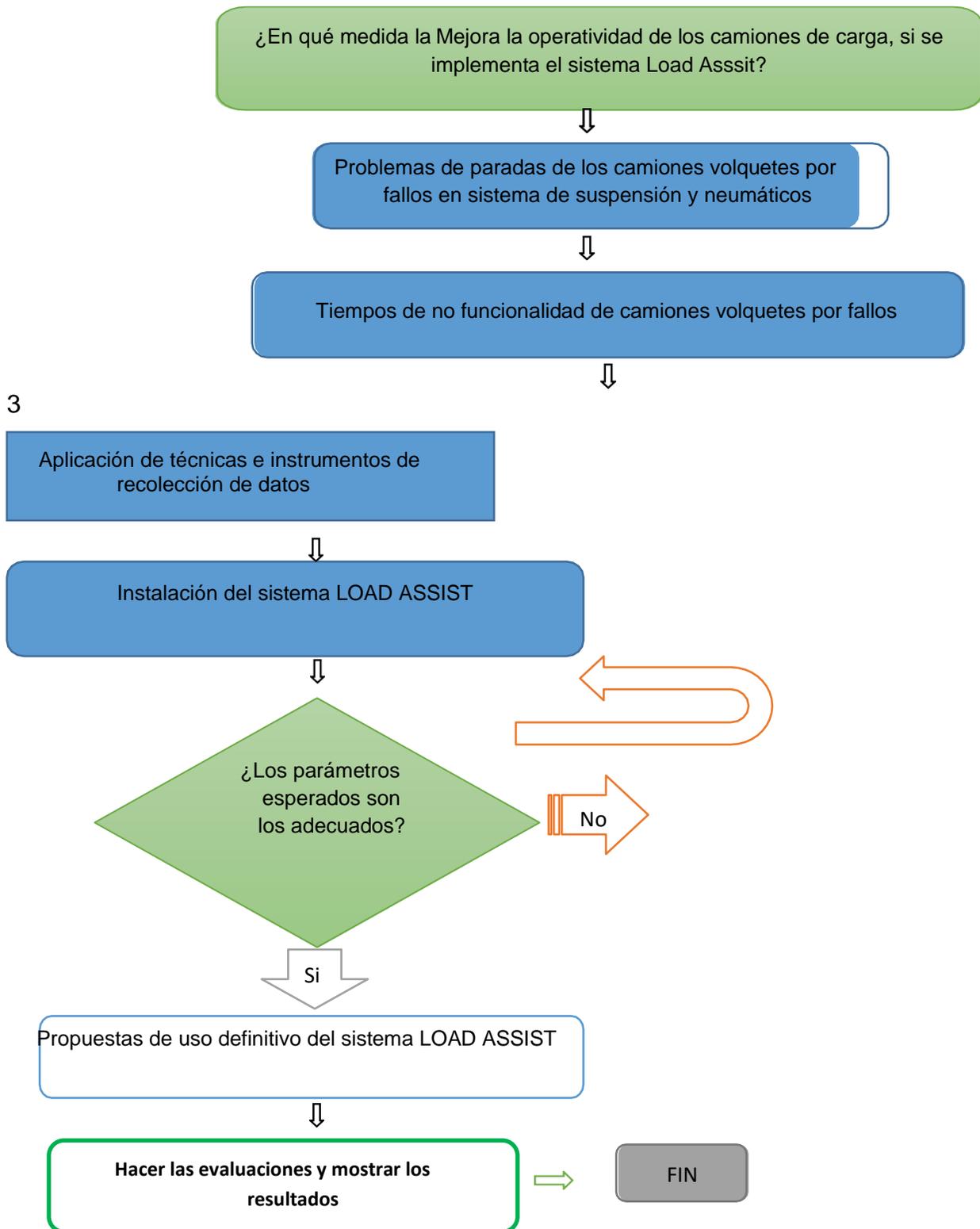
Las Técnicas de recolección de datos, fue la Observación. Esta técnica permitió determinar el estado de la operatividad de los camiones volquetes de la empresa Minera Los Andes Gold.

Revisión bibliográfica. Este tipo de técnica permitió investigar sobre las variables de estudio, específicamente los referentes a las fallas de los sistemas de las unidades vehiculares dedicadas al transporte de carga.

Análisis documental. Para el desarrollo de este tipo de técnica, se buscará información en libros actualizados con alto contenido respecto al tema investigado, además de artículos de revistas, manuales, fichas técnicas, es decir, de fuentes secundarias de información.

Instrumentos de recolección de datos. Guías de observación de campo: Registro de fallos de las unidades vehiculares.

Procedimiento



Método de análisis de datos. Los datos obtenidos para el presente proyecto fueron procesados utilizando el Microsoft Excel, así como también mediante las herramientas digitales de la estadística.

Aspectos éticos. La información real obtenida es la que se utilizó en el proyecto de diseño, no se alteró los datos, los cuales fueron contrastados en campo; el tesista realizó el diseño con datos que se recopilaron en los instrumentos de la presente investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de los efectos que se producen en los equipos volquetes cuando se supera su capacidad nominal de carga (Sobrecarga de los equipos);

Para alcanzar el primer objetivo de la investigación, se realizó una revisión del registro de fallas, evaluando las razones detrás de las paradas inesperadas y aquellas relacionadas con el exceso de carga en los vehículos. La sobrecarga tiene un impacto significativo en los procesos mineros. Conocer el peso que el cargador o excavadora transfiere al camión en cada carga es crucial para entender la dinámica operativa. Esto afecta tanto la producción como los efectos de la sobrecarga en los equipos de carga y transporte. Estos equipos están diseñados para manejar una carga específica; exceder esta capacidad afecta su rendimiento y, en última instancia, compromete la productividad, además de aumentar los costos operativos debido al desgaste adicional en los equipos de línea amarilla. Una operación sin control de la carga, está sujeta a varios puntos de fragilidad operativa y de productividad. Algunas de las principales consecuencias son:

En cuanto al impacto en las operaciones de campo, se registraron seis razones específicas, junto con la frecuencia de estos eventos durante el período de 2022 a 2023.

Tabla 1. Razones de fallos en la operación de unidades vehiculares.

N°	Item
1	Tiempos de ciclo de carga más largos (Equipo de carguío no es eficiente fuera de su rango de carguío)
2	Mayor tiempo de ciclo de transporte (Si los volquetes están sobrecargados no cumplen con los tiempos de transporte)
3	Elevado consumo de combustible (Motores de los equipos no trabajan dentro del óptimo rendimiento);
4	Reducción de la disponibilidad mecánica (Debido al deterioro prematuro de partes);
5	Mayor frecuencia de mantenimiento de vías;
6	Una factor de suma importancia es el incremento del riesgos y accidentes para operadores y equipos.

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Tabla 2. Número de Unidades vehiculares afectados en la operación

Item	Número de Unidades Vehiculares afectados 2022											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T	5	1	3	2	2	2	2	5	2	2	3	3
Mayor tiempo de ciclo de transporte	2	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
Elevado consumo de combustible	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Reducción de la disponibilidad mecánica	4	5	4	4	3	4	5	6	4	4	2	5
Mayor frecuencia de mantenimiento de vías	1	2	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
Accidentes para operadores y equipos.	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	0	0
Item	Número de Unidades Vehiculares afectados 2023											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T	3	2	3	1	1	1	1	1	2	3	2	2
Mayor tiempo de ciclo de transporte	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2
Elevado consumo de combustible	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2
Reducción de la disponibilidad mecánica	4	4	3	4	4	2	4	2	3	4	5	3
Mayor frecuencia de mantenimiento de vías	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4
Accidentes para operadores y equipos.	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Interpretación de los impactos de la operación.

De acuerdo a la información mostrada en la Tabla 2, se tiene que la mayor causa de ocurrencia es por la reducción de la disponibilidad mecánica de los camiones para acarreo de material.

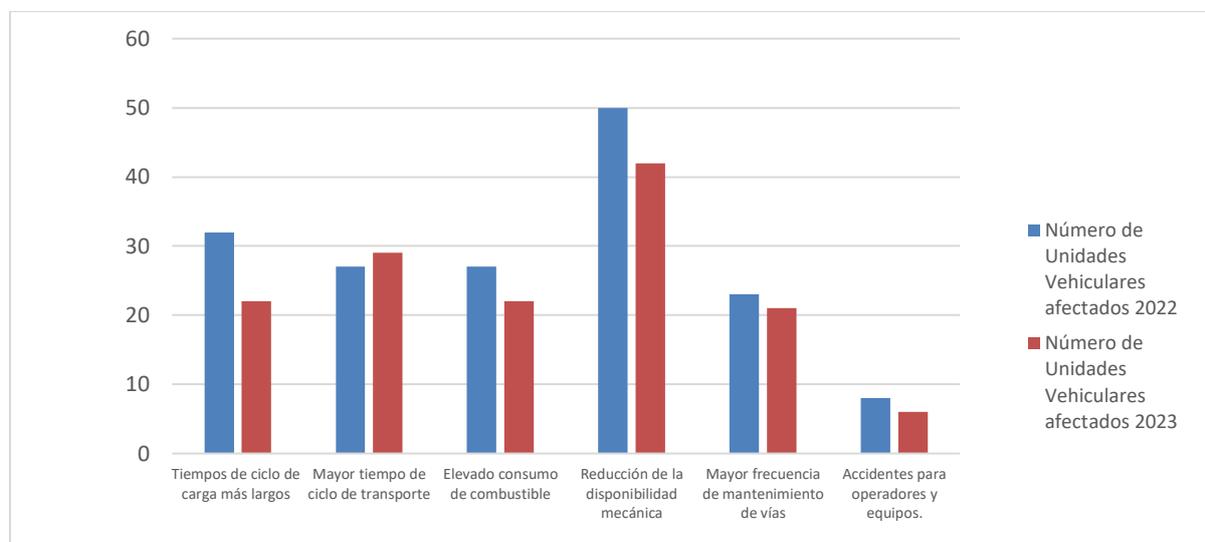


Figura 5. Impactos de fallos en la Operación.

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

En lo que respecta al impacto que ha sufrido el mantenimiento de las unidades vehiculares, se tuvieron los registros en los cuales muestran 6 razones, y además de la ocurrencia de ello durante el periodo de tiempo entre los años 2022 y 2023.

Tabla 3. Razones de fallos en mantenimiento de unidades vehiculares.

N°	Item
1	Desgaste prematuro de los neumáticos;
2	Desgaste prematuro del tren de rodaje
3	Reducción de la vida útil del sistema eléctrico
4	Reducción la vida útil del sistema de frenos
5	Reducción la vida útil de cubos
6	Fatiga de la estructura, chasis del equipo

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Tabla 4. Número de Unidades vehiculares afectados en la operación

Item	Número de Unidades Vehiculares afectados 2022											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Desgaste prematuro de los neumáticos	4	2	3	4	4	3	5	4	4	2	4	2
Desgaste prematuro del tren de rodaje	5	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	2
Reducción de la vida útil del sistema eléctrico	5	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	3
Reducción la vida útil del sistema de frenos	4	5	4	4	3	4	5	6	4	4	2	4
Reducción la vida útil de cubos	4	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Fatiga de la estructura, chasis del equipo	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	3	2
Item	Número de Unidades Vehiculares afectados 2023											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Desgaste prematuro de los neumáticos	4	5	5	5	5	4	4	4	5	3	3	2
Desgaste prematuro del tren de rodaje	5	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3
Reducción de la vida útil del sistema eléctrico	2	2	1	3	1	2	2	2	3	3	3	2
Reducción la vida útil del sistema de frenos	2	1	3	4	4	5	4	2	3	4	5	3
Reducción la vida útil de cubos	1	4	4	4	4	5	5	4	3	4	4	5
Fatiga de la estructura, chasis del equipo	2	2	4	5	2	2	1	2	2	3	3	4

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Interpretación de los impactos por el mantenimiento.

De acuerdo a la información mostrada en la Tabla 4, se tiene que la mayor causa de ocurrencia es por la Reducción la vida útil del sistema de frenos de los camiones en el año 2022, mientras que la Fatiga de la estructura, chasis del equipo para acarreo de material es en el año 2023

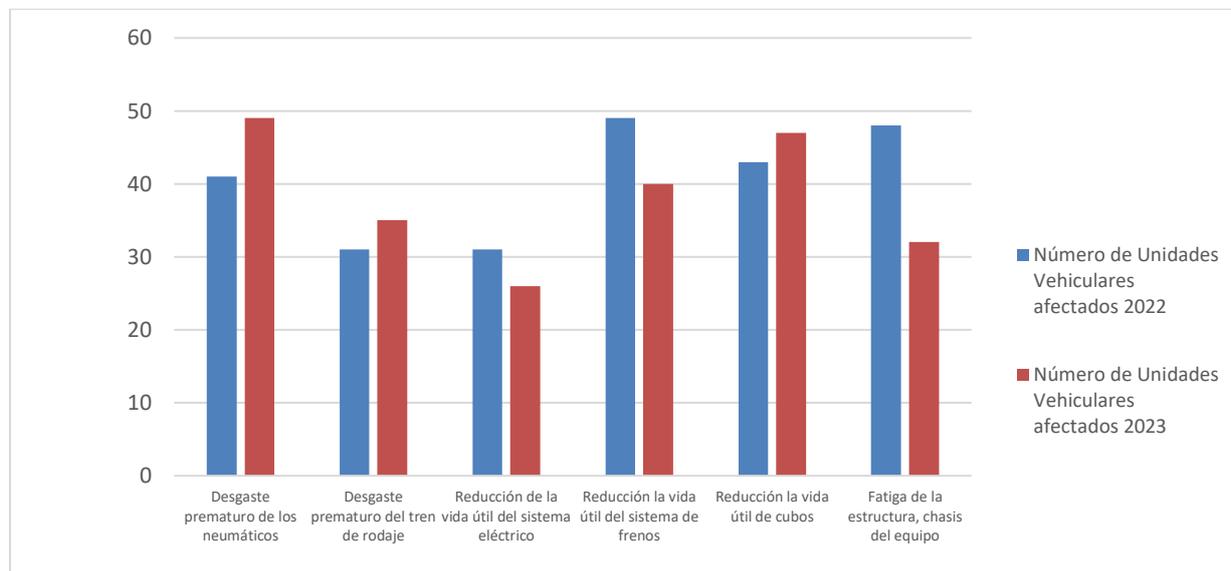


Figura 6. Impactos de fallos en el mantenimiento

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Análisis de la información tomada en campo

Durante marzo y abril de 2023, no se disponía del sistema Load Assist. Durante esos meses, se adquirió e implementó este sistema en los cargadores L260H. Como se mencionó, este dispositivo permite programar y monitorear la carga de mineral en los camiones volquetes de acuerdo con su diseño.

En la tabla siguiente, se presentan los resultados de las mediciones de horas perdidas acumuladas por los 40 camiones utilizados en el acarreo de mineral durante ese período. En marzo y abril, se registraron 309 y 212 horas de parada respectivamente, acumulando un total de 521 horas de detención debido a fallas en el chasis. Para fallas en las llantas, se registraron 122 horas en marzo y 163 horas en abril, sumando

285 horas de paradas. En cuanto a la suspensión, se acumularon 236 horas en el mismo período.

Tabla 5. Horas de no operación relacionadas a fallas en Chasis, Frenos, Neumáticos y Suspensión, año 2023.

Mes /Horas	Horas de no funcionamiento de los camiones volquetes acumuladas, por fallos en:			
	Chasis	Neumáticos	Sistema de Suspensión	Total
Enero	285	141	122	548
Febrero	214	132	111	457
Marzo	309	122	121	552
Abril	212	163	115	490
Mayo	245	124	105	474
Junio	214	145	108	467
Julio	254	146	112	512
Agosto	254	174	121	549
Setiembre	284	165	117	566
Octubre	265	148	132	545
Noviembre	261	123	117	501
Diciembre	241	141	100	482

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Como se muestra en la tabla 5, hay una variabilidad en las horas de inactividad, las cuales están vinculadas a los tres fallos más frecuentes: problemas en el chasis, en los neumáticos y en el sistema de suspensión. En septiembre, se registró la mayor cantidad de horas de inactividad, mientras que en febrero, el tiempo de parada alcanzó las 457 horas. Estos tiempos de inactividad contribuyen a una baja disponibilidad operativa de los camiones. En el análisis de cada tipo de fallo, el chasis es el componente que más frecuentemente presenta daños, principalmente debido al exceso de carga en los camiones volquetes.

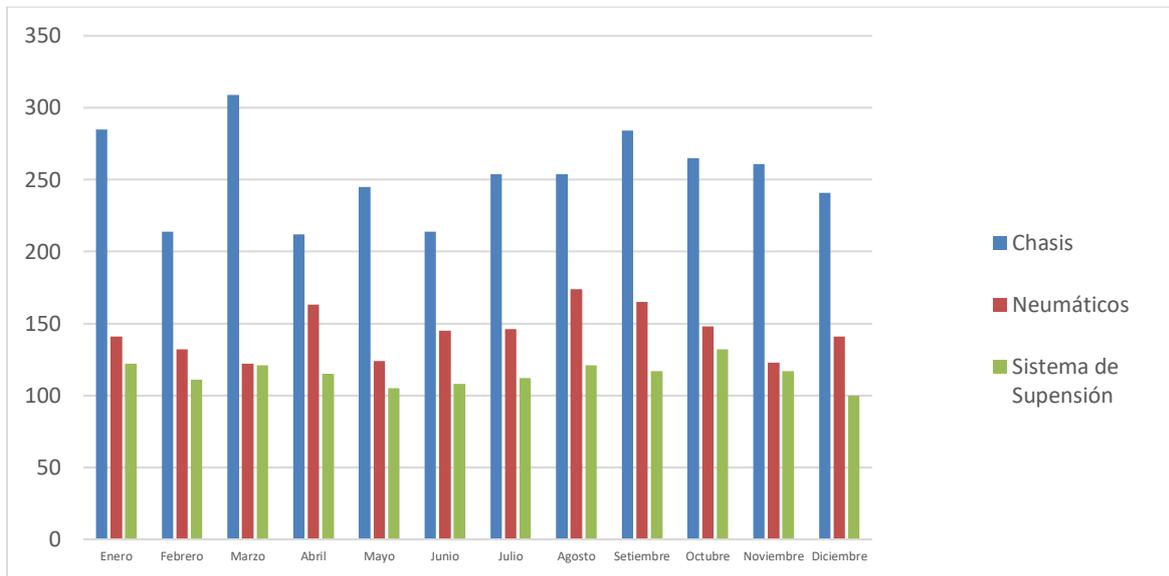


Figura 7. Horas Acumuladas de Equipos Inoperativos

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

Al analizar los tipos de fallas, se observa que el mayor porcentaje de horas de inactividad se debe a fallos en el chasis. Es importante considerar que, en la tarjeta de propiedad del vehículo, se especifica el tipo de motor. Aunque el motor tiene la capacidad de tracción necesaria para la carga del camión volquete, el chasis tiene una capacidad de carga diferente, que depende de la ubicación de la carga y de la densidad del material. Por lo tanto, aunque el motor puede transportar la carga, el chasis no siempre puede soportar el peso.

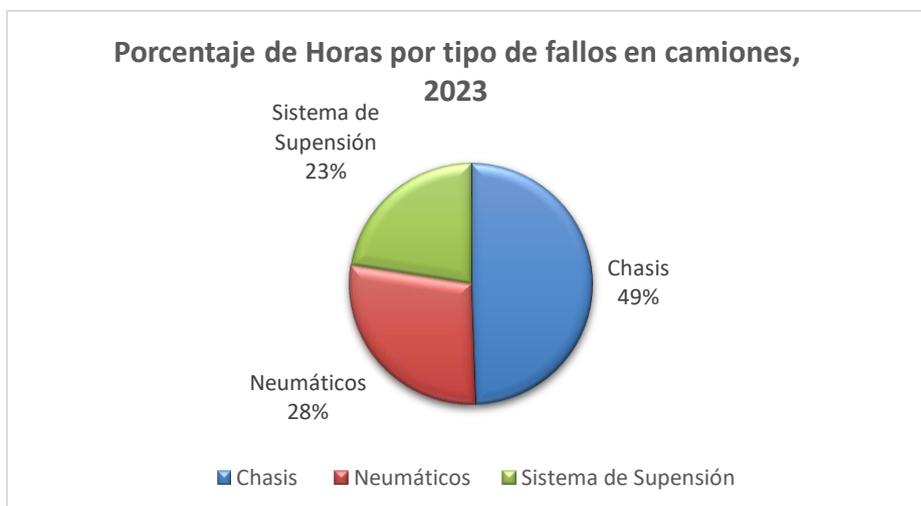


Figura 8. Porcentaje de Horas por tipo de fallos en camiones, 2023

Fuente: Minera Los Andes Gold, 2023

3.2. Comparar las horas de trabajo y tiempo de no operación de los volquetes antes y después de la instalación del Load Assist.

Para alcanzar este objetivo, inicialmente se procedió a la instalación del sistema Load Assist en los 40 camiones volquetes. A través de la gestión con la empresa proveedora de los vehículos, se aseguró que el sistema operara bajo las mismas condiciones previas a la instalación. Esta implementación se realizó al final del año 2023, por lo que la información recopilada de enero a junio de 2024 ya corresponde a datos con el sistema en funcionamiento. El sistema mejora la precisión en el destino al detener automáticamente las horquillas en las posiciones horizontales y verticales deseadas. Este posicionamiento se realiza mediante la medición de distancias y la comparación con la posición actual, utilizando códigos de barras o transpondedores RFID.

Los elementos que se instalaron en los camiones volquetes, fueron:

Sensores de Peso: Estos sensores están integrados en puntos estratégicos del vehículo o equipo (como en las ruedas o en la estructura) para medir el peso de la carga en tiempo real.

Tabla 6. Características de Sensor de Peso

ITEM	DESCRIPCION
Modelo	LZ - 808
Voltaje de Alimentacion	24VDC
Salida a Relé	T0: Dos vias normalmente abiertas a rele. T1: Tres vias normalmente abiertas a rele.
Salidas analogicas de Transmision	no cuenta
Modo de entrada	Transmision de señal estandar.
Precision	± 0.05% FS (23 °C ± 5C)
Frecuencia de muestreo	10 veces/s - 40 vece/s (predeterminado 10 vece/s)
Modo de visualizacion	Panel LED de alto brillo de 0,56 pulgadas, 0,32 pulgadas, cuatro niveles de brillo ajustables; rango de visualización: - 9999 ~ 9999
Salidas de Alarma	Tres canales en los cuales se puede seleccionar y ajustar el límite inferior, el límite superior y el límite inferior del rango de alarma.
Velocidad de comunicación (Baudios)	De 2400bps a 19200bps - prederterminado a 9600bps

Consumo de energía	Menos de 5VA
Temperatura de funcionamiento	-20 ~ 50°C

Fuente: Manual Fabricante Load Assist

Pantallas y Interfaces: Los sistemas Load Assist suelen tener pantallas en la cabina del operador que muestran información relevante, como el peso actual de la carga, la distribución del peso, y posiblemente sugerencias sobre cómo ajustar la carga para mejorar la estabilidad y seguridad.



Figura 9. Pantalla Interface Load Assist

Fuente: Minera Los Andes, 2024

Software de Gestión: Se utiliza software especializado para recopilar datos de los sensores y presentar información de manera clara y útil para el operador. Este software puede estar integrado con otros sistemas de la máquina o vehículo para optimizar el rendimiento general.

Componentes Mecánicos y Electrónicos: Además de los sensores y la electrónica de control, el sistema Load Assist puede incluir actuadores y otros componentes mecánicos que ayudan en la manipulación y ajuste de la carga.

El sistema diferencia entre carga, descarga y picking de pedidos en la posición objetivo, ajustando automáticamente la altura de elevación de la horquilla. Es fácil de utilizar: basta con ingresar manualmente la ubicación de almacenamiento o recuperación desde el sistema de gestión de almacenes y operar la palanca de accionamiento. La productividad se incrementa ya que la carretilla sigue la ruta más eficiente hasta el destino, sin depender de los conocimientos o experiencia del operador. Además, proporciona alta precisión y seguridad, moviéndose exactamente a la posición del palé y evitando movimientos incorrectos de la horquilla fuera del objetivo, lo que reduce errores en el almacenamiento y recuperación.

La nueva función Operator Coaching se integra con la aplicación On-Board Weighing, que permite conocer con exactitud la cantidad óptima de material a cargar. Utiliza datos en tiempo real sobre la carga del implemento (con una precisión de +/- 1%) para que los operadores eviten sobrecargas o cargas insuficientes, así como la repetición de pesajes y tiempos de espera. La información de carga se obtiene de los sensores de presión y ubicación, y se muestra en el Volvo Co-pilot.



Figura 10. Operación de llenado de volquete, utilizando LOAD ASSIST.

Fuente: Minera Los Andes, 2024

Se identificaron tres mejoras significativas en las operaciones de los volquetes en términos de funcionalidad, beneficios y seguridad. En cuanto a funcionalidad, el sistema Load Assist de Volvo ofrece características avanzadas para la gestión de carga, como medición precisa del peso, indicadores de carga en tiempo real y asistencia para una distribución uniforme de la carga. Entre los beneficios se destaca que ayuda a los operadores a cargar y transportar materiales de manera más eficiente, reduciendo el tiempo de ciclo y mejorando la precisión operativa. En términos de seguridad, el sistema proporciona información crucial sobre el peso y la distribución de la carga, ayudando a prevenir situaciones peligrosas como sobrecargas o desequilibrios.

Tras la instalación del sistema en los camiones, se observaron cambios significativos en las operaciones de acarreo de material, incluyendo:

- **Peso y Distribución:** El sistema ayudó a los conductores a cargar los camiones de manera óptima, evitando sobrecargas que podrían afectar el rendimiento y la seguridad del vehículo.
- **Asistencia en la Distribución de Carga:** Esta función es clave para mantener la estabilidad del vehículo durante el transporte.
- **Tecnología de Gestión de Carga:** Los sistemas operan de manera más eficiente y precisa bajo la supervisión del conductor.

Los beneficios en términos de eficiencia y seguridad son evidentes, ya que el sistema minimiza los riesgos asociados con una carga mal distribuida o sobrecargada. Los registros de fallos en los camiones volquetes, tras la instalación del Load Assist, muestran una disminución considerable en los problemas relacionados con el chasis, neumáticos y sistema de suspensión, con las fallas restantes atribuidas a otras causas no relacionadas con sobrecarga. Esto demuestra el éxito de la instalación del sistema en los camiones volquetes de la Minera Los Andes Golf.

Tabla 7. Horas de no funcionamiento, al instalar el Load Assist

Mes /Horas	Horas de no funcionamiento de los camiones volquetes acumuladas, por fallos en:			
	Chasis	Neumáticos	Sistema de Suspensión	Total
Enero	95	51	44	190
Febrero	78	54	56	188
Marzo	145	45	44	234
Abril	78	89	42	209
Mayo	89	58	52	199
Junio	102	53	45	200

Fuente: Autoría Propia.

Fuente: Autoría Propia.

Se evidenció una reducción considerable del número de horas por fallos en los sistemas de las unidades vehiculares; para lo cual se hizo una comparación entre el promedio de horas de no funcionamiento de cada tipo de fallos en año 2023, con las horas de no funcionamiento de las unidades vehiculares en el año 2024, al instalar el Load Assist.

Tabla 8. Comparación de las Horas de no funcionamiento antes y después de Load Assist

Mes /Horas	Comparación de las Horas de no funcionamiento antes y después de Load Assist								
	Chasis			Neumáticos			Sistema de Suspensión		
	2023	2024	Reducción %	2023	2024	Reducción %	2023	2024	Reducción %
Enero	285	95	66.7	141	51	63.6	122	44	63.6
Febrero	214	78	63.6	132	54	59.1	111	56	49.5
Marzo	309	145	53.1	122	45	63.1	121	44	63.6
Abril	212	78	63.2	163	89	45.4	115	42	63.6
Mayo	245	89	63.6	124	58	53.2	105	52	50.5
Junio	214	102	52.3	145	53	63.6	108	45	58.3

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 6 se puede concluir:

- a) Existe en todos los casos de fallos, disminución de las horas de no funcionamiento para los mismos meses de comparación entre los años 2023 y 2024 (con sistema LOAD ASSIST).
- b) La mayor reducción de hora de no funcionamiento está por fallos en el chasis, con un 66.7%, comparado entre los meses de enero, y la menor reducción está en los fallos por neumáticos, en el cual las horas se han reducido solo en un 45.4%
- c) La disminución de las horas de no funcionamiento se consideró significativo porque en la mayoría de los casos han mejorado en valores superiores al 50%, por lo cual el sistema si tiene eficacia en su funcionalidad.

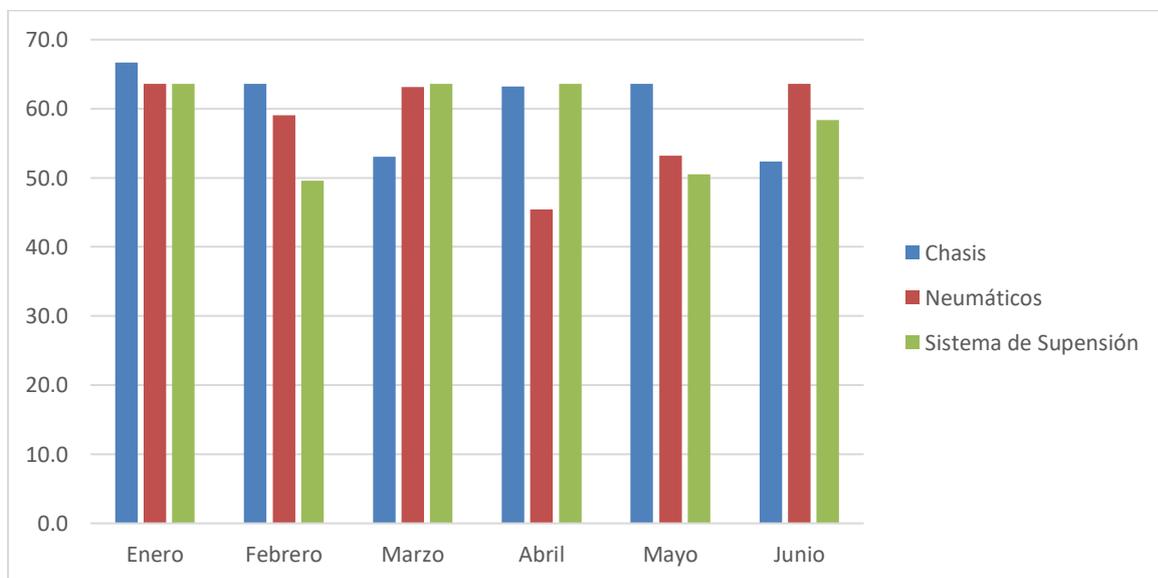


Figura 11. Disminución porcentual de las horas de fallos al utilizar LOAD ASSIST

Fuente: Autoría Propia.

3.3. Análisis económico de la Propuesta

3.3.1. Costos de Inversión.

El costo de la inversión lo constituyen la instalación de los 40 equipos completos, los cuales en la tabla se muestran.

Tabla 9. Costos de Inversión

Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/.)
Ingeniería del Proyecto	Unidad	1	8500	8500
Adaptación en unidad	Unidad	40	4550	182000
Euqipo LOAD ASSIST	Unidad	40	29560	1182400
Costo de envío	Unidad	1	2310	2310
Capacitación	Horas	40	520	20800
Instalación	Unidad	40	2200	88000
Prueba	Unidad	40	850	34000
Regulación	Unidad	40	250	10000
Total (S/.)				1528010

Fuente: Minera Los Andes, 2024

3.3.2. Ingresos estimados del proyecto.

Para el cálculo de los ingresos estimados del proyecto, se hizo en función a la reducción de las horas de no funcionamiento de los volquetes; actualmente el alquiler de un volquete para trabajos de acarreo de material, con las características que requiere la Mina, están en el orden de 1200 a 1300 Soles la hora de operación.

Tabla 10. Ingresos estimados del Proyecto

Mes /Horas	Disminución de Número de Horas de no funcionamiento	Costo de la hora máquina	Total (S/.)
Enero	357	1200	428836.4
Febrero	269		323018.2
Marzo	318		381600.0
Abril	281		337418.2
Mayo	275		329890.9
Junio	267		320727.3
Promedio de ahorro mensual (S/.)			353581.8

Fuente: Autoría Propia.

3.3.3. Flujo de Caja de la Propuesta.

Tabla 11. Flujo de Caja del Proyecto

Item / Mes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	1528010												
Ingresos S/		353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582	353582
Egresos:													
Mantenimiento													
Load Assit (1%) S/.		15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280	15280
Utilidad S/.		338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302

Fuente: Autoría Propia.

3.3.4. Cálculo de Indicadores Económicos

Valor Actual Neto (Con una tasa de descuento de 2.5% mensual)

Tabla 12. Valor Actual Neto

Item / Mes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	1528010												
Utilidad S/.		338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302
valor actual neto										S/ 1,942,209			

Fuente: Autoría Propia.

Tasa Interna de Retorno

Tabla 13. Tasa Interna de Retorno

Item / Mes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	1528010												
Utilidad S/.	- 1528010	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302	338302
Tasa Interna de Retorno													19.54%

Fuente: Autoría Propia.

IV. DISCUSIÓN

El primer objetivo específico consistió en identificar los efectos de superar la capacidad nominal de carga en los equipos volquetes, es decir, en la sobrecarga de los equipos. Según A. Romero (2021), el análisis continuo de los sistemas y procesos es esencial, ya que se ha detectado que la sobrecarga de los camiones ocasiona problemas operativos a mediano y corto plazo. Esta afirmación se verificó al observar que la sobrecarga resultó en un alto número de horas inoperativas para los equipos. Por ejemplo, las fallas en el chasis, que promediaban 260 horas por mes, se redujeron a 44 horas mensuales después de implementar el sistema Load Assist.

Para alcanzar este objetivo, inicialmente se procedió a la instalación del sistema Load Assist en los 40 camiones volquetes. A través de la gestión con la empresa proveedora de los vehículos, se aseguró que el sistema operara bajo las mismas condiciones previas a la instalación.

Esta implementación se realizó al final del año 2023, por lo que la información recopilada de enero a junio de 2024 ya corresponde a datos con el sistema en funcionamiento.

El sistema mejora la precisión en el destino al detener automáticamente las horquillas en las posiciones horizontales y verticales deseadas. Este posicionamiento se realiza mediante la medición de distancias y la comparación con la posición actual, utilizando códigos de barras o transpondedores RFID

Al analizar los tipos de fallas, se observa que el mayor porcentaje de horas de inactividad se debe a fallos en el chasis. Es importante considerar que, en la tarjeta de propiedad del vehículo, se especifica el tipo de motor. Aunque el motor tiene la capacidad de tracción necesaria para la carga del camión volquete, el chasis tiene una capacidad de carga diferente, que depende de la ubicación de la carga y de la densidad del material. Por lo tanto, aunque el motor puede transportar la carga, el chasis no siempre puede soportar el peso.

Se evidenció una variabilidad en las horas de inactividad, relacionadas con los tres tipos de fallos más comunes: chasis, neumáticos y sistema de suspensión. Septiembre fue el mes con más horas de inactividad, y en febrero, el tiempo de parada alcanzó las 457 horas. Estos tiempos de parada reducen la disponibilidad operativa de los camiones. El análisis mostró que el chasis es el componente que más frecuentemente sufre daños debido a la sobrecarga en los camiones volquetes.

Se identificaron tres áreas de mejora en las operaciones de los volquetes, abarcando funcionalidad, beneficios y seguridad. En términos de funcionalidad, el sistema Load Assist de Volvo ofrece avanzadas funciones para la gestión de carga, incluyendo medición precisa del peso, indicadores de carga en tiempo real y asistencia para la distribución uniforme de la carga.

Los beneficios incluyen una mayor eficiencia en la carga y transporte de materiales, reducción en el tiempo de ciclo y mejora en la precisión operativa.

En cuanto a seguridad, el sistema proporciona información crucial sobre el peso y distribución de la carga, ayudando a prevenir sobrecargas y desequilibrios peligrosos.

Robustec (2022) señala que los impactos en la suspensión aumentan cuando se transita por baches o irregularidades en la carretera. Este hallazgo se corroboró con los resultados posteriores a la implementación del Load Assist, donde las paradas no programadas del sistema de suspensión disminuyeron de un promedio de 118 horas en marzo y abril a 65 horas entre junio y octubre de 2023.

MOBA (2020) destaca la relevancia de evitar la sobrecarga en los procesos mineros. El estudio confirma esta afirmación, ya que la instalación del Load Assist redujo significativamente las horas de inactividad asociadas con el chasis, llantas y suspensión, disminuyendo de un promedio de 521 horas por mes a 171 horas mensuales, debido principalmente a la implementación del sistema y otras mejoras en el campo.

Durante marzo y abril de 2023, no se disponía del sistema Load Assist. Durante esos meses, se adquirió e implementó este sistema en los cargadores L260H. Como se

mencionó, este dispositivo permite programar y monitorear la carga de mineral en los camiones volquetes de acuerdo con su diseño.

Se valida también lo indicado por Iolve (2022), que afirma que la sobrecarga pone en riesgo la durabilidad de los equipos, mientras que una carga insuficiente provoca pérdidas de producción. Aunque este estudio se centró en la sobrecarga, y no en la carga insuficiente, se confirma la relevancia de controlar la sobrecarga para evitar daños en los equipos.

Según Saldaña T. (2009), la productividad en los ciclos de carguío y acarreo se relaciona con la producción obtenida y los recursos utilizados. El tiempo requerido para alcanzar el resultado deseado indica la eficiencia del sistema. La sobrecarga, a mediano y largo plazo, puede reducir la disponibilidad de los equipos, como se validó en este estudio, que mostró una mejora en la productividad tras la implementación del sistema Load Assist.

F. Calua (2019) señala que el carguío y transporte de material son procesos operativos de alto costo debido al número de equipos involucrados, el grado de mecanización y el bajo rendimiento productivo. La implementación del Load Assist mejoró la disponibilidad de los equipos al reducir las horas de inactividad.

Villalba M. (2020) menciona que la productividad en equipos de carguío se mide en toneladas por hora y se ve afectada por diversos factores que reducen las horas de trabajo. Este estudio muestra resultados similares, con una mejora en la productividad tras la implementación del Load Assist y una reducción en las horas de detención.

Soofastaei et al. (2014) afirman que la carga debe gestionarse en niveles óptimos para evitar una disminución en la producción o problemas en los equipos por sobrecarga. Este estudio confirma que la sobrecarga reduce la producción debido a un aumento en las horas de paradas no programadas.

A. Huamanchumo y E. Briceño (2022) concluyen que la gestión adecuada de las cargas es esencial en la industria minera para mejorar la producción y evitar efectos negativos debido a la sobrecarga. Esta afirmación se valida en el presente estudio.

Escamilla M. (2011) señala que los problemas comunes en carguío y acarreo pueden afectar la productividad y las finanzas. La evaluación económica del sistema Load Assist muestra un VAN de 151,427 USD y una TIR del 78%, con recuperación de la inversión en dos meses y generación de beneficios a partir del segundo mes de implementación.

V. CONCLUSIONES

Después de realizar la implementación del sistema Load Assist en el cargador L260H para mejorar la productividad en Minera Los Andes Gold, se concluye que hubo una notable disminución en las horas de detención de los equipos, reduciéndose de un promedio de 521 horas mensuales (en marzo y abril de 2023) a 171 horas (en mayo y junio de 2023).

Se dispone de diversos registros para evaluar la productividad de la flota, pero el análisis se centró en los principales factores relacionados con la instalación del sistema Load Assist. Se determinó que la sobrecarga de los equipos afecta significativamente la operatividad de los camiones volquetes en términos de chasis, llantas y suspensión. La instalación del sistema Load Assist permitió observar una reducción notable en las horas de detención no programadas.

De los tres factores analizados (chasis, llantas y suspensión), todos mostraron una reducción en los tiempos promedio de paradas no programadas. En particular, las paradas debido a fallos en el chasis experimentaron la mayor disminución, con una reducción del 66.7% en comparación con enero. En contraste, las horas de detención por problemas en los neumáticos se redujeron en un 45.4%.

La evaluación económica de la implementación del sistema Load Assist muestra que es económicamente viable, generando beneficios positivos para la organización. En términos numéricos, se obtuvo un VAN de \$1,942,209 y una TIR del 19.54%. La inversión se recupera en dos meses, con beneficios adicionales a partir del segundo mes de implementación. La productividad y disponibilidad de la flota están directamente relacionadas con la producción minera; sin embargo, debido a políticas de privacidad de la empresa, no se pudo estimar el impacto financiero específico de esta mejora.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que la empresa, al adquirir nueva maquinaria, incluya el sistema LOAD ASSIST para asegurar que todos los equipos operen bajo los mismos estándares de uso.
- Realizar un análisis detallado de las fallas en los volquetes que no están relacionadas con la sobrecarga.

REFERENCIAS

- ACOSTA ESPINOZA, Cesar Arturo. Implementación de un sistema de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar el servicio de entrega de volquetes en la minera Cerro Corona. 2022.
- ALMONACID FLORES, Ebert Jhonzon. Implementación de la aplicación móvil NROM para optimizar la productividad de la Cia. Minera Nexa Resources Atacocha SAA. 2022.
- BAALI, Sirine; DERBAL, Zaineb. : *Rationalisation du couples pelle et camion, dans une exploitation à ciel ouvert, cas de la mine de fer d'Ouenza, NE Algérie*. 2024. Tesis Doctoral.
- BAIGET PAPIÓ, Jordi. *Implantació d'una infraestructura de càrrega de vehicles elèctrics a una indústria vitivinícola*. 2024. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.
- BARRIOS PINTO, Edwin Piero. Elaboración, ejecución y seguimiento de un plan de minado de una flota de volquetes en la extracción de óxido de alta ley en la mina superficial a en Marcona-Ica-Perú.
- BOY SIPIRAN, Harold Wilfredo. Influencia de la operatividad de los equipos en el cumplimiento del cronograma de obra de un proyecto minero, Moquegua 2023. 2024.
- BRIONES GUERRERO, Ángel Eduardo; REBAZA LATOCHE, Landy Fritz. Automatización de mandriladora portátil aplicada a perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE-empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS SAC. 2021.
- CÁRDENAS CRISÓSTOMO, Aris Esteban. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de volquetes de 30 toneladas de una empresa de transporte de cargas de desmonte y mineral. 2022.
- CARRANZA VÁSQUEZ, Deivy Hernani. Implementación del Software control Sense para incrementar la eficiencia en el carguío y acarreo de la Compañía Minera Milpo SAA. 2021.
- CHUCTAYA LAUCATA, Deyvi Junior; LAROTA CHARA, Maria Elena. Optimización de carguío y transporte en tiempo real mediante el software Jmineops en minería superficial–caso de estudio. 2020.

CHUQUIRUNA LLANOS, Edward Ivan. Análisis de productividad por hora del volquete FMX en el transporte de mineral en una empresa minera de La Libertad 2021. 2021.

DE GRACIA CRUZ, Yesenia Rocio. Reemplazo de volquetes de 24 por tolveres de 32 m³ para reducir el costo de acarreo, contrata La Mamita, Huamachuco. 2024.

DE LA CRUZ LAUREANO, Luis Enrique. Incentivos laborales y cumplimiento de metas en los operadores de volquetes en la Unidad Minera Condestable–Cañete. 2023.

DE LA CRUZ ORTIZ, Alcides Américo. Optimización en la extracción de mineral y desmonte con volquetes mediante la aplicación de la teoría de colas en la ECM American Rent A Car–UP San Cristobal Yauli la Oroya 2021. 2021.

GALANG, Jely A. Living carriers in the East Chinese Cargadores in nineteenth-century Manila. *Philippine Studies: Historical and Ethnographic Viewpoints*, 2021, vol. 69, no 1, p. 71-108.

GAONA CABRERA, Walter Omar; DÍAZ DÍAZ, Lorena Lilibeth. Evaluación del dimensionamiento de la flota de carguío para incrementar la producción diaria a 3500 m³ en una empresa minera de Cajamarca, 2020. 2020..

HERNANDEZ GUERRERO, Maycol Javier. Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas perforadoras en una empresa minera de Cajamarca 2022. 2022.

HUAYLLA SALLO, Nestor Alfredo. Optimización del sistema de acarreo mediante la implementación de un plan de control de flota de volquetes en la mina Marcapunta–Empresa ECOSEM SMELTER SA, sociedad minera El Brocal–Pasco. 2024.

INGA ESPINOZA, Cesar Jhony. Optimización de la ruta de transporte de mineral en labores de avance para aumentar la producción en la Unidad Minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte SA. 2023.

JESUS, Liandra Dos Santos, et al. Apoyo para tomar decisiones sobre la selección de camiones de transportes de carga: una revisión sistemática/Decision-Making Support of Truck Selection: A Systematic Review. *Dyna*, 2020, vol. 87, no 212, p. 169.

KNIGHTS, P.; REUTER, M. Economic benefits of load volume scanning of underground mining trucks. *CIM Journal*, 2023, vol. 14, no 3, p. 185-191.

LAURENTE CHAHUAYO, Luis. Control basado en indicadores claves de desempeño en la gestión de maquinaria pesada en la excavación de túnel. 2022.

MAGUIÑA HUARAC, Angel Jhonston. Optimización del sistema de transporte en la rampa 400 mina Hércules CÍA. Minera Lincuna SA–2022. 2023.

MUÑOZ CHAVEZ, Dheiner Esleiter. Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022. 2022.

MUÑURI OLIVARES, Heidy Lucero; RAMIREZ SENMACHE, Carlos Francisco. Gestión de mantenimiento preventivo de la perforadora Superdrill H600 para mejorar su disponibilidad en una empresa minera en La Libertad 2021. 2021

PITUY FLORES, Maicol Jenrry. Mejoramiento del transporte de mineral con volquete en interior mina para incrementar la productividad en UM Andaychagua de Volcan Compañía Minera SAA. 2020.

POSTIGO BELLIDO, Nicolas. Análisis y propuesta de mejora de rendimiento de neumáticos de dimensión 59/80R63 en volquetes caterpillar 797F y Komatsu 980E-4 en una mina del sur del Perú. 2022.

QUIROZ CABALLERO, Segundo Luis. Machine learning para reducir costos de mantenimiento de maquinaria pesada de minería. 2021.

QUISPE PERALTA, Julio Michael. Propuesta de mejora de disponibilidad de la Flota de Volquetes de una empresa minera.

RAMOS CRISOSTOMO, Manuel Jesus; SALOMON DE LA PEÑA, Estela. Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua. 2021.

ROBLES LEÓN, Alfredo. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos para incrementar la disponibilidad en la flota de volquetes actros 4144k en una minera en el Sur–2023. 2024.

ROJAS CORTEZ, Willan Elmer; TERAN AYAY, Gilmer. Análisis para la selección y reemplazo de equipos de acarreo para mejorar la producción en una empresa minera de La Libertad 2021. 2021.

SALAZAR SARMIENTO, Maryel Elizabeth. Incremento de la productividad mediante el análisis de indicadores de rendimiento en los equipos de carguio y acarreo en una empresa minera de Cajamarca 2021. 2021.

SANCHEZ BOLIVAR, Jherson David; CRUZ HUAMÁN, Carlos Fabricio. Simulación de la estimación de tiempos variables de acarreo y movimiento de tierras utilizando el software TALPAC en la etapa de cierre de mina de la Unidad Minera Florencia TUCARI. 2023.

SOTO YUPANQUI, Jorginno Edgar. Optimización del sistema de extracción mediante la gestión de los indicadores de desempeño KPI´s de los equipos en la unidad minera Huachocolpa Uno-2022. 2022.

TAMPIER, Carlos; MASCARO, Mauricio; RUIZ-DEL-SOLAR, Javier. Autonomous loading system for Load-Haul-Dump (LHD) machines used in underground mining. *Applied Sciences*, 2021, vol. 11, no 18, p. 8718.

TOMAS CENTENO, Diego Andree. Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa suministradora de servicio de maquinaria pesada en Huaraz. 2021.

URQUIZO CAMINO, Rosario Leonor. Aplicación de los métodos OWAS y RULA en la evaluación de las posturas de trabajo de los operadores de volquete en CYM Vizcarra SAC. 2020.

VALVERDE OBREGÓN, Abel Dino. Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en minera Chinalco Perú SA. 2021.

VÁSQUEZ ARIAS, Eyner Nimer; VELEZ QUISPE, Jaime Armando. Evaluación de selección y reemplazo con volquetes de 25 m³ de capacidad para la optimización de costos en el proceso de carguío y acarreo de una empresa minera en cajamarca-2019. 2020.

VASQUEZ, Inga; CARLOS, Juan. Gestión de Mantenimiento para el cambio de componentes en equipo Scoop en mina subterránea en la unidad el Brocal, Colquijirca, empresa JRC SAC, 2023. 2024.

Anexo 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Uso del Sistema Load Assist del Cargador L260H	Es una característica avanzada diseñada para mejorar la eficiencia y la productividad en la operación del cargador de ruedas.	Este sistema utiliza tecnología inteligente para optimizar el rendimiento de la máquina durante las operaciones de carga.	Rendimiento	Tiempo de funcionamiento	Nominal
Variable Dependiente: Incrementar la Operatividad en Minera Los Andes Gold	Capacidad y el nivel de eficiencia con que una máquina, sistema, equipo, o proceso realiza sus funciones o tareas específicas	Implementar herramientas y tecnologías avanzadas que agilicen y optimicen las operaciones.	Productividad	Volumen de tierra extraída	Razón

Anexo 2.

Instrumento de Recolección de Datos

	Número de Unidades Vehiculares afectados 2022											
Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T	5	1	3	2	2	2	2	5	2	2	3	3
Mayor tiempo de ciclo de transporte	2	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
Elevado consumo de combustible	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Reducción de la disponibilidad mecánica	4	5	4	4	3	4	5	6	4	4	2	5
Mayor frecuencia de mantenimiento de vías	1	2	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
Accidentes para operadores y equipos.	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	0	0
	Número de Unidades Vehiculares afectados 2023											
Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T	3	2	3	1	1	1	1	1	2	3	2	2
Mayor tiempo de ciclo de transporte	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2
Elevado consumo de combustible	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2
Reducción de la disponibilidad mecánica	4	4	3	4	4	2	4	2	3	4	5	3
Mayor frecuencia de mantenimiento de vías	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4
Accidentes para operadores y equipos.	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1

Fuente: Autoría Propia

Especificaciones técnicas para L260H

Carga estática de vuelco totalmente articulada	23.800 kg
Capacidad de la cuchara	5,3 - 10,2 m ³
Peso operativo	34.000 - 39.000 kg
Fuerza de arranque	284 kN
Motor	Volvo D13E
Potencia máxima a	1.400 - 1.900 rpm
...ECE R120 neto	310 kW
...ISO 9249, SAE J1349 neto	309 kW
Torque máximo a	1.100 - 1.150 rpm
...ECE R120 neto	2.343 Nm
...ISO 9249, SAE J1349 neto	2.328 Nm
Neumáticos	29.5 R25 / 875/65R29

Fuente: Manual Fabricante **L260H**