

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN DE LOS KPIS DE
MANTENIMIENTO EN SCOOPS PARA MEJORAR
LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA EN UNA MINA
SUBTERRÁNEA POLIMETÁLICA, ICA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Juanita Karina Leon Guadaña

Luis Enrique Ocampo Galvez

Asesor:

Mg. Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

<https://orcid.org/0000-0001-8466-6616>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Víctor Eduardo Alvarez León	18034429
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Elmer Ovidio Luque Luque	02044966
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

TURNUITI VERSION 2

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTE QUE CONTIENE COINCIDENCIAS



Excluir citas Apagado Excluir coincidencias Apagado
Excluir bibliografía Apagado

DEDICATORIA

A mis apreciados padres y hermanas quienes me brindaron su apoyo constantemente para seguir luchando por mis sueños y por haberme formado como la persona que soy hoy en día; muchos de mis logros y triunfos se los debo a ellos inclusive este. A mis amigos y compañeros que estuvieron a mi lado todo este tiempo y por ser mi fuente de motivación. Esta investigación de tesis es el resultado de varios años de esfuerzo durante mi vida académica.

A mis padres por haberme forjado y apoyado como la persona que soy actualmente; muchos de mis logros se los debo a ustedes, ya que siempre me han impulsado en cada peldaño hacia el éxito y me motivaron a alcanzar mis anhelos teniendo como prioridad brindarme una excelente base académica para el camino de la vida.

A mi hija, ya que es mi motivación día a día y me recuerda un motivo muy importante del para que todo este esfuerzo, planteándome ser un gran ejemplo para ella.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por darme la vida, a mis padres, hermanas, amigos y compañeros que han contribuido para poder realizar este trabajo de investigación con esfuerzo y constante perseverancia. También quiero agradecer a los docentes de la escuela de postgrado de la Universidad Privada del Norte, por su compromiso con su enseñanza y orientación, lo cual me han guiado en este camino para la realización de esta investigación. Por ultimo y no menos importante, agradecer a quienes colaboraron en esta investigación que fue esencial para obtener los datos que se requerían. Este logro no hubiera sido posible sin la ayuda de todos ustedes.

Gracias a Dios por haberme otorgado personas tan valiosas en vida como mi familia que siempre me apoyaron y guiaron por el camino del bien, enseñándome a valorar el esfuerzo y sacrificio que necesitan los logros como su recompensa.

A la prestigiosa Universidad Privada del Norte ya que me brindo excelentes docentes, los cuales aportaron satisfactoriamente a mi carrera.

A mi docente de Taller de Tesis, el cual me brindo la información necesaria para poder llevar a cabo esta investigación.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	14
1.4. Hipótesis	15
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	50
ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de consistencia.....	21
Tabla 2: Esquema de búsqueda de información.....	23
Tabla 3: Interpretación de acrónimos.....	24
Tabla 4: Fallas mecánicas en scoops – enero.....	27
Tabla 5: Fallas mecánicas en scoops – febrero.....	34
Tabla 6: Fallas mecánicas en scoops – marzo.....	37
Tabla 7: Tiempos de mantenimiento no programado - enero.....	41
Tabla 8: Tiempos de mantenimiento no programado - febrero.....	42
Tabla 9: Tiempos de mantenimiento no programado - marzo.....	43

Índice de figuras

Figura 1: Instrumento 01 - Reporte de mantenimiento	17
Figura 2: Formato adaptado 01 de recolección de datos - T.Fallas	18
Figura 3: Formato adaptado 02 de recolección de datos - H. Mantenimiento	18
Figura 4: Formato adaptado 03 de recolección de datos – Disponibilidad	19
Figura 5: Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – enero	44
Figura 6: Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – febrero	44
Figura 7: Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – marzo	45

RESUMEN

La presente tesis tuvo por justificación contribuir con la ampliación de información existente sobre la importancia de considerar y evaluar los KPIS de mantenimiento en los equipos de acarreo de bajo perfil (scoops). Su objetivo principal es evaluar los KPIS de mantenimiento en Scoops para mejorar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea polimetálica, Ica-2022. Además, la investigación se centra en un enfoque cuantitativo ya que se pretende relacionar y evaluar la magnitud de la conexión entre los indicadores clave de desempeño (KPIS) y disponibilidad mecánica, empleando datos numéricos y porcentuales en el análisis de resultados. Concluyendo que, las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops durante el mes de enero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y sistema eléctrico, en el mes de febrero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y aire acondicionado y en el mes de marzo están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y dirección. Las scoops con mayor tiempo de reparación fueron la SC-030 en el mes de enero 45 horas, SC-040 en el mes de febrero con 110 horas y SC-041 en el mes de marzo con 50 horas, los equipos SC-032 y SC-040 no estuvieron operativos en el mes de enero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-030 y SC-038 con 39.7% y 34.2% respectivamente.

PALABRAS CLAVES: KPIS, mantenimiento, scoops, disponibilidad, fallas mecánicas.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Se consideraron los siguientes antecedentes, a nivel internacional según (Montes Oca & López Guerra, 2018), titulado “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”, en su investigación de campo, utilizaron principalmente la técnica de estudio de caso. El resultado más significativo de este estudio fue el cálculo de los índices de productividad total para equipos de transporte de excavación - carga y buldóceres, que arrojaron valores del 51.72 %, 48.88 % y 55.51 % respectivamente. Este indicó una disminución en la productividad de la flota de máquinas entre el 44% y el 51%. Una de las principales causas de esta reducción en el índice de productividad de la flota de máquinas fue la disponibilidad técnica, la cual se vio afectada por deficiencias en la ejecución de los planes de mantenimiento. Así mismo, en su tesis denominada: “Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos”. (Rivera Estay, 2015), se destaca la propuesta innovadora. En la organización en la que se llevó a cabo este estudio, existía una carencia evidente: la falta de una herramienta que permitiera evaluar en tiempo real las decisiones tomadas. No se disponía de una metodología que facilitara la evaluación previa y posterior de los efectos de las decisiones relacionadas con la gestión del mantenimiento de los equipos en los indicadores clave de interés. La técnica desarrollada permitió la representación de estos indicadores en diferentes escenarios según los eventos de falla, y además, se propuso una metodología para proyectar los posibles resultados en función de las propuestas de mejora, lo que facilitó la identificación de tendencias que ayudaran en la toma de decisiones respecto a la implementación o no de mejoras. Por otro lado, a nivel nacional (Madueño Palacios, 2018) en su trabajo de investigación titulado “Gestión de mantenimiento

de los equipos Scoop LH de la Compañía Minera Volcán” con el objetivo principal de identificar las fallas más importantes que se presentan en los equipos de bajo perfil. La conclusión a la que llegó fue que el uso de los registros de rendimiento resultó eficaz para documentar y organizar las tareas diarias del personal técnico, al mismo tiempo que permitía un control preciso de los indicadores de gestión. Además, al aplicar con rigor la planificación y ejecución de programas de mantenimiento, así como el control de Scoop LH, logró alcanzar una disponibilidad acumulada de flota del 93.65%, un MTBF de 73.16 y un MTTR de 5.24. De igual forma, (Sanabria Párraga, 2019) en su tesis “Efecto de un programa de mantenimiento preventivo en la mantenibilidad de los Scooptrams de la Compañía Minera el Porvenir – Milpo”, se propuso principalmente evaluar los resultados del plan de mantenimiento en la capacidad de mantener los Scooptrams. Los resultados indicaron que, cuando se busca alcanzar una disponibilidad del 85%, el plan de mantenimiento preventivo tiene un impacto significativo en la capacidad de mantenimiento de los Scooptrams. Además, se identificó que, dentro de los Scooptram analizados en el estudio, los sistemas eléctricos y de transmisión son los que con mayor frecuencia experimentan fallos. También (Osorio Lara, 2020) en su trabajo de investigación señala que, la eficiencia de una maquinaria se mide por su capacidad de operar con un mínimo de fallos, evitando así la disminución de la confiabilidad y el impacto en la producción. Los resultados obtenidos indicaron que el Scoop 35 tenía el menor tiempo de mantenimiento, con 7.29 horas para las tareas de mantenimiento, mientras que el Scoop 116 presentó el tiempo de mantenibilidad más largo, con 13.29 horas para restaurar su funcionalidad. En términos de disponibilidad, el Scoop 35 tenía la menor tasa de funcionamiento diario, con un 3%, mientras que el Scoop 116 tenía la mayor disponibilidad, con un 5,5%. Con respecto a las horas diarias disponibles, el Scoop 116 registró un valor más bajo, con 0.41. Además, se implementó un plan de

mantenimiento preventivo programado que se ejecutó de manera efectiva, lo que contribuyó a reducir el tiempo en que los equipos de carga estaban fuera de servicio. A nivel local, en un estudio realizado por (Ortiz Soto & Pastor Gamboa, 2021), se examinó la gestión de mantenimiento en una empresa minera de Cajamarca. En su tesis titulada “Propuesta de gestión para incrementar la disponibilidad mecánica y reducir los costos de alquiler en los equipos de carguío en la empresa minera de Cajamarca”, se encontró que la empresa no estaba cumpliendo con sus planes de mantenimiento. En otras palabras, no tenían un sistema efectivo de mantenimiento preventivo y también había problemas en la gestión de mantenimientos correctivos. No se disponía de registros de mantenimiento, documentos ni formatos adecuados, y tampoco había una persona encargada de supervisar el mantenimiento. Como resultado de la propuesta presentada, se estimó que la disponibilidad de los equipos aumentaría del 63.03% al 74.20%, lo que llevaría a una reducción significativa de los costos de alquiler, equivalente a S/.162,865.26 en un periodo de 2 años.

Dentro del marco teórico se consideró lo señalado por (Gómez Codutti, Mariño, & Alfonoz, 2016) los cuales mencionan que, la función de mantenimiento permite alcanzar niveles óptimos de disponibilidad y fiabilidad en los equipos para así optimizar su productividad mejorando la competitividad de la empresa. Igualmente, Madueño (2018) menciona que el propósito del mantenimiento es asegurar que los equipos estén disponibles para su uso en la producción o prestación de servicios, manteniendo las características de funcionamiento dentro de los parámetros de control y los programas específicos establecidos. La disponibilidad se define como una métrica que indica el porcentaje global de tiempo durante el cual se espera que un equipo este listo y disponible para cumplir su función. Para garantizar una gestión de mantenimiento de calidad, se considera que la disponibilidad debe ser superior al 85%. Este indicador es fundamental en el ámbito de

mantenimiento y puede entenderse como la garantía de que un equipo cumple eficazmente su función en un periodo específico. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en el cual el sistema está preparado para operar o producir, especialmente en sistemas de funcionamiento continuo. Es la probabilidad de un activo de desempeñar su función asignada eficientemente depende de la frecuencia de fallos en un periodo y condiciones específicos (confiabilidad), así como del tiempo necesario para corregir dichos fallos (mantenibilidad). (Osorio Lara, 2020). Por otro lado, un indicador clave de rendimiento (KPI) es un parámetro que permite evaluar o medir el comportamiento de una variable relacionada con el mantenimiento. La supervisión de un indicador puede identificar desviaciones con respecto a los objetivos establecidos, facilitar la toma de decisiones y la implementación de acciones correctivas necesarias. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se establece que uno de los principales indicadores de mantenimiento se enfoca en la mantenibilidad de los equipos mecánicos, como señala (Sanabria Párraga, 2019). La disponibilidad de los equipos es de vital importancia en cualquier actividad minera, ya que esta opera las 24 horas del día, los 365 días del año. La disponibilidad, en muchos casos, está estrechamente relacionada con la eficacia de los mantenimientos correctivos y preventivos. Los KPI de mantenimiento son métricas que evalúan aspectos cruciales para el éxito de una empresa. Sin embargo, en el ámbito del mantenimiento, estas métricas evalúan el rendimiento en relación con objetivos específicos relacionados con fallos de las máquinas, tiempos de reparación, demoras en el mantenimiento y costos. (Emaint, 2018). Finalmente, la justificación práctica de la presente investigación se sustenta en contribuir con la ampliación de información existente sobre la importancia de considerar y evaluar los KPI'S de mantenimiento en los equipos de acarreo de bajo perfil (scoops), lo cual puede ser un factor determinante en identificar los problemas

e incumplimientos en los planes de mantenimiento, que pueden estar relacionados con bajos porcentajes de disponibilidad, los cuales a su vez afectan la productividad en la etapa de carguío y acarreo. Madueño (2018) indicó que al cumplir con los planes de mantenimiento y llevar a cabo un seguimiento riguroso de los indicadores clave de rendimiento (KPIS), se logró aumentar su disponibilidad mecánica al 93.65% al final del proceso.

Actualmente en la unidad minera en estudio se vienen presentando problemas con las paradas no programadas de los Scoops, lo cual viene afectando directamente la disponibilidad de los equipos, esto principalmente se viene generando a causa de fallas mecánicas en las que se destacan las fugas de aceite, problemas con las llantas, pernos flojos, etc. Por ello, se ve necesario realizar una evaluación de los indicadores de mantenimiento para identificar los factores que están perjudicando la disponibilidad de los equipos de acarreo, ya que al ocasionar paradas no programadas se realizan menos ciclos de acarreo teniendo bajos índices de productividad.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la evaluación de los KPIS de mantenimiento en Scoops para mejorar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea polimetálica, Ica-2022?

1.3. Objetivos

Objetivo Principal

Evaluar Evaluación de los KPIS de mantenimiento en Scoops para mejorar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea polimetálica, Ica-2022.

Objetivo Específico

Identificar las fallas mecánicas que generan las paradas no programadas en el ciclo de acarreo y evaluar los tiempos de mantenimiento no programado y su influencia en la disponibilidad mecánica de las scoops durante el primer trimestre del año 2022.

1.4. Hipótesis

Con la evaluación de los kpis de mantenimiento en scoops se logrará identificar fallas en el PM y corregirlas, con ello mejorar la disponibilidad mecánica.

Hipótesis específicas

Al identificar los tipos de fallas mecánicas que generan los tiempos de parada no programadas, se identificará los errores en el M. Preventivo, y con la evaluación de los tiempos de mantenimiento no programado se determinará su influencia directa en los porcentajes de disponibilidad mecánica.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La investigación se basa en un enfoque cuantitativo, ya que su objetivo es establecer y medir la intensidad de la relación entre las variables de kpis y disponibilidad mecánica, empleando datos numéricos y porcentuales en el análisis de resultados. Se clasifica como aplicada ya que, se pretende aumentar la eficiencia mecánica de la flota de vehículos de bajo perfil “scoops”, Vargas (2009) nos indica que el tipo de investigación Aplicada, esto implica la necesidad de establecer un fundamento teórico que servirá como base para desarrollar una respuesta a un problema concreto. Se enfoca en la evaluación y resolución de problemas de diversa índole en situaciones del mundo real y se destaca por su enfoque en la aplicación práctica de los conocimientos.

Según el proceso de recolección de datos, el trabajo de investigación es retrospectivo, ya que se empleará los registros de Dispatch para evaluar la disponibilidad mecánica, además de los reportes del mantenimiento de los scoops. Es longitudinal ya que se realizará durante el periodo de enero a marzo. Corresponde a una investigación No experimental con diseño descriptivo, ya que no se manipulará ninguna de las variables en estudio.

La población asumida por el trabajo de investigación es la flota de acarreo constituido por los 10 scoops Ferreyros y 03 scoops Sandvik. La muestra asumida está constituida por 03 scoops Sandvik (SC-026, SC-029 y SC-030), se utilizó el método de muestreo aleatorio simple para elegir la muestra, a partir de la base de datos de Dispatch que contiene a detalle los ciclos y producción de los equipos, además de los reportes de mantenimiento.

Inicialmente se aplicó la técnica de observación no participante, mediante la cual se recopiló todos los datos referentes a los kpis de mantenimiento de los scoops asumidos como muestra, para lo cual se usó como instrumento los reportes de mantenimiento. Luego, se aplicó la técnica de análisis de datos, en la cual se estructuró y ordenó la información estableciendo los sistemas de unidades de los datos obtenidos con la primera técnica. Finalmente se aplicó la técnica de procesamiento de resultados, en la cual se filtró la información obtenida con ayuda del programa Excel (Formatos 01, 02, 03), elaborando una base de datos consistente enfocada en los objetivos del proyecto y tratada a través de estadísticos, esto facilitará una comprensión más precisa de los resultados.

Figura 1

Instrumento 01 - Reporte de mantenimiento

						Fecha/Equipo			Datos de Parada						
Año	Semana	Mes	Flota	Empresa	Fecha KPI	Fecha de Ejecución	Turno	Equipo	N° de OT	Tipo Parada	Tipo de Man	Tipo Trabajo	Código Compo	Código Falla	Código Causa
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	1/01/2022	2/01/2022	Día	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	1/01/2022	2/01/2022	Día	SC-030		NPR	RC	ELE	C040	2015	3020
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	2/01/2022	2/01/2022	Noche	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	2/01/2022	2/01/2022	Noche	SC-030		NPR	RC	MEC	C079	1050	3022
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	2/01/2022	3/01/2022	Día	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	0	Enero	Scoop	Sandvik	2/01/2022	3/01/2022	Día	SC-030		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	3/01/2022	3/01/2022	Noche	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	3/01/2022	3/01/2022	Noche	SC-030		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	3/01/2022	4/01/2022	Día	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	3/01/2022	4/01/2022	Día	SC-030		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	4/01/2022	4/01/2022	Noche	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	4/01/2022	4/01/2022	Noche	SC-030		NPR	AC	NEU	C191	1061	4003
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	4/01/2022	5/01/2022	Día	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	4/01/2022	5/01/2022	Día	SC-030		NPR	AC	NEU	C191	1061	4003
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	5/01/2022	5/01/2022	Noche	SC-026		PR	IN	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	5/01/2022	5/01/2022	Noche	SC-030		NPR	AC	NEU	C191	1061	4003
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	5/01/2022	6/01/2022	Día	SC-026		PR	PM	MEC			
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	5/01/2022	6/01/2022	Día	SC-030		NPR	AC	NEU	C191	1061	4003
2022	1	Enero	Scoop	Sandvik	6/01/2022	6/01/2022	Noche	SC-026		PR	PM	MEC			

Fuente: Área de mantenimiento.

Figura 2

Formato adaptado 01 de recolección de datos - T.Fallas

Fecha	Empresa	Turno	Equipo	Tipo Parada	Tipo de Mantto	Código Componente	Sistema	Componente	Tipo Falla	Falla

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3

Formato adaptado 02 de recolección de datos - H. Mantenimiento

Flota	Fecha semana	Equipo	Horas Trabajadas	Horas NPR	Cantidad Paradas Semana	MTBF Semana	MTTR Semana

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Formato adaptado 03 de recolección de datos – Disponibilidad

Flota	Fecha semana	Equipo	D. Mecánica	D. Programada

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento para realizar el trabajo de investigación consto de 3 etapas, la primera etapa: **Gabinete**, en la cual se investigaron los antecedentes previos de trabajos realizados enfocados a la finalidad de la tesis, así como el marco teórico que dará sustento a las definiciones a emplear durante todo el documento, además se elaboró la matriz de consistencia como fundamento de la investigación.

Tabla 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES DE INDICADORES	DE METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la evaluación de los KPI'S de mantenimiento en scoops para mejorar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea polimetálica en Ica 2022?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar los KPI'S de mantenimiento en scoops para mejorar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea polimetálica en el departamento de Ica en el año 2022.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Con la evaluación de los kpis de mantenimiento en scoops se logrará identificar fallas en el PM y corregirlas, con ello mejorar la disponibilidad mecánica.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>KPIS de mantenimiento.</p> <p>Indicadores:</p> <p>Tiempo de paradas no programadas. Tiempo medio entre fallas. Tiempo medio de reparación de fallas.</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada Experimental</p> <p>Diseño de Investigación:</p> <p>Descriptivo, Longitudinal ya que se trabajará con los reportes de mantenimiento del primer trimestre del año 2022.</p>	<p>Población:</p> <p>La flota de acarreo constituido por los 10 scoops Ferreyros y 03 scoops Sandvik.</p> <p>Muestra:</p> <p>Los 03 scoops Sandvik (SC-026, SC-029 y SC-030).</p> <p>Técnicas:</p> <p>Observación no participante.</p> <p>Análisis de datos.</p> <p>Procesamiento de resultados.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Los reportes de mantenimiento del primer trimestre del año 2022.</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Cuáles son las fallas mecánicas que generan las paradas no programadas?</p>	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>Identificar las fallas mecánicas que generan las paradas no programadas en el ciclo de acarreo.</p>	<p>Hipótesis Específicas:</p> <p>Al identificar los tipos de fallas mecánicas que generan los tiempos de parada no programadas, se identificará los errores en el M. Preventivo.</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Disponibilidad mecánica.</p> <p>Indicadores:</p> <p>Horas de trabajo. Horas PM.</p>		

¿Cómo influye los tiempos de mantenimiento no programado en la disponibilidad mecánica de las scoops?	los de mantenimiento no programado y su influencia en la disponibilidad mecánica de las scoops durante el primer trimestre del año 2022.	Evaluar los tiempos de mantenimiento no programado y su influencia en la disponibilidad mecánica de las scoops durante el primer trimestre del año 2022.	Con la evaluación de los tiempos de mantenimiento no programado se determinará su influencia directa en los porcentajes de disponibilidad mecánica.
---	--	--	---

Tabla 2*Esquema de búsqueda de información*

Búsqueda de la información	Selección	Validación
<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso a buscadores académicos. • Uso de palabras claves. Número de artículos encontrados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de filtros para excluir la información: año, país, idioma, etc. • Breve lectura de los artículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Enumerar los artículos importantes. • Organizar los artículos más resaltantes y con más concordancia al tema.

Fuente: Elaboración propia.

Se recopiló también información relacionada con la explotación de la mina en estudio el proceso de desarrollo implica principalmente el acceso a través de rampas de 5m x 4m de sección, dispuestas de manera paralela al eje vertical del yacimiento. A partir de estas rampas, se construyen subniveles cada 30 metros con un gradiente positivo del 2%, manteniendo la misma sección. Estos subniveles o accesos principales siguen una orientación paralela al eje horizontal del yacimiento y se encuentran a nivel del suelo de la mina. Desde el subnivel, siguiendo el diseño establecido, se comienza a preparar los pasajes de acceso al yacimiento, con el objetivo de interceptar la zona mineralizada del techo, lo que facilita una mejor identificación de los depósitos minerales. A partir de estos pasajes, se inicia la creación de galerías con una sección de 4.5m x 4.00m hasta que todos los pasajes de preparación estén conectados.

La segunda etapa: campo, permitió obtener información relacionada con los kpis de mantenimiento mecánico de la muestra en estudio, considerando los tiempos de ciclo, demoras, tipos de mantenimiento y la disponibilidad mecánica. **En la tercera etapa:** gabinete

se procesó la información obtenida por medio de los horómetros, mantenimiento y reportes del sistema dispatch; sumado a la descripción de los acrónimos empleados en las bases de datos y reportes.

Tabla 3

Interpretación de acrónimos

Nombre Hoja	Descripción	Datos a ingresar	Utilidad
BD OT	Se debe registrar diariamente y por turno, las atenciones que el grupo de mantenimiento realiza a los equipos. Se debe llenar todos los datos que se requieran.	Paradas en donde intervenga el grupo de mantenimiento.	Análisis de pareto, top 10 de fallas, análisis de tipo de paradas, etc.
BD Horómetros	Hoja donde se ingresa la lectura diaria del horómetro de los equipos.	Código de equipo, la fecha y la lectura.	Horómetros acumulado y horas por día.
BD DIARIO	Hoja que lee datos de la hoja BD OT y Horómetros y muestra los indicadores y resumen diario de paradas.	Código de equipo, la fecha y turno.	KPI's, paradas diarias, etc,
DSH	Hoja donde se visualiza los gráficos de KPI's, diario y acumulado, Detalle de paradas y top 10 de fallas y paradas.	Utilizar los botones de segmentación.	KPI's, paradas diarias.
Reporte Diario	Muestra la disponibilidad del día y la acumulada del mes. La disponibilidad no contempla paradas por accidentes ni temas operacionales	Fecha de inicio y fin de reporte.	Reporte diario.
Pareto	Muestra el top 10 de fallas por eventos y duración según los sistemas.	Filtrar los 10 sistemas con más eventos.	Gráficos para realizar plan de acción.
Análisis de Paradas	Muestra el top 10 de fallas por eventos y duración según los sistemas.	Filtrar según lo requerido.	Gráficos para realizar plan de acción.

KPI	Muestra la distribución de paradas por tipo de parada y mantenimiento.	Filtrar según lo requerido.	Gráficos para análisis.
Pareto-dsh	Muestra la tabla dinámica q gobierna los gráficos de Top 10 q aparecen en la hoja "DSH". Actualizarlas según el periodo.	Filtrar según lo requerido.	Gráficos para realizar plan de acción.
Cambio de Horómetros	Se debe registrar la fecha y la lectura del horómetro antes de su desinstalación.	Código de equipo, la fecha y la lectura.	Cálculo de horómetro acumulado.
Último horómetro	Es una hoja que muestra el último horómetro registrado, lee de la hoja "BD Horómetros"	No aplica.	Último registro de horómetro.
Acrónimos	Listado de acrónimos para clasificar las características de la orden de trabajo, definición Epiroc.	No aplica.	No aplica.

Fuente: Área de mantenimiento.

Con respecto a los aspectos éticos a tomarse en cuenta en este estudio se llevará a cabo siguiendo las pautas y directrices establecidas por la Universidad Privada del Norte en su formato estándar. Por lo tanto, el investigador está obligado en primer lugar a cumplir con las normas institucionales, además de contar con el permiso otorgado por la empresa minera para el uso, tratamiento y difusión de los datos referentes a sus operaciones de carguío y acarreo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Resultados del objetivo específico 01

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del examen de fallos mecánicos que generaron paradas no programadas en el ciclo de carguío durante el primer trimestre del año 2022.

Tabla 4*Fallas mecánicas en scoops – enero*

Fecha	Empresa	Turno	Equipo	Tipo Parada	Tipo de Mantto	Código Componente	Sistema	Componente	Tipo Falla	Falla
1-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C050	Eléctrico (DC)	Sensor	Eléctrica	No sincroniza
1-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
1-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C048	Eléctrico (DC)	Pedal aceleración	Eléctrica	Falso contacto
2-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C040	Eléctrico (DC)	Bobinas	Eléctrica	Falso contacto
2-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C079	Freno	Válvula de freno / pedal	Mecánica	Perdida de fuerza
4-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
5-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta

5-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
6-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
6-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	AC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
7-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	AC	C066	Estructural	Chasis	Mecánica	Soporte deformado
7-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
8-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
8-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
9-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto

9-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
10-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C039	Eléctrico (DC)	Baterías	Mecánica	Motor diesel no arranca
12-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C111	Motor Diesel	Turbo compresor	Mecánica	Baja RPM
13-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C091	Hidráulico 1	Motor hidráulico	Mecánica	Fuga de aceite
14-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C036	Eléctrico (DC)	Alternador	Eléctrica	Alternador no genera
14-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C036	Eléctrico (DC)	Alternador	Eléctrica	Alternador no genera
15-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C042	Eléctrico (DC)	Cables eléctricos distribución / Harness	Eléctrica	Cable eléctrico dañado

15-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C088	Hidráulico	Válvulas	Mecánica	Fuga de aceite		
19-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Motor diesel no arranca		
20-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Motor diesel no arranca		
20-Ene	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Motor diesel no arranca		
21-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C048	Eléctrico (DC)	Pedal aceleración	Eléctrica	Falso contacto		
21-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C057	Eléctrico AC	Luminarias	Eléctrica	Falta de energía eléctrica		
22-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto		

22-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
23-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
23-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
24-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C001	Aire acondicionado	Compresor	Mecánica	Pérdida de nitrógeno
24-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C077	Freno	Valvula de carga	Mecánica	Baja presión de aceite
25-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C001	Aire acondicionado	Compresor	Mecánica	Pérdida de nitrógeno

25-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
25-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
26-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
26-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
27-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
27-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto

28-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
28-Ene	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
30-Ene	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C109	Motor Diesel	Radiador	Mecánica	Recalentamiento
31-Ene	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Perdida de fuerza

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

En la tabla 04 se evidencia que las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y sistema eléctrico.

Tabla 5
Fallas mecánicas en scoops – febrero

Fecha	Empresa	Turno	Equipo	Tipo Parada	Tipo de Mantto	Código Componente	Sistema	Componente	Tipo Falla	Falla
3-Feb	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C049	Eléctrico (DC)	Rele / contactor	Eléctrica	Falso contacto
4-Feb	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C109	Motor Diesel	Radiador	Mecánica	Recalentamiento
4-Feb	Sandvik	Día	SC-030	PR	IN					
5-Feb	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C049	Eléctrico (DC)	Rele / contactor	Eléctrica	Falso contacto
5-Feb	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C049	Eléctrico (DC)	Rele / contactor	Eléctrica	Falso contacto
6-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C182	Transmisión	Caja de Transmisión	Mecánica	Fuga de aceite
6-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Fuga de aceite
7-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Manguera con fuga
7-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Manguera con fuga
8-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Manguera con fuga
8-Feb	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta

9-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Fuga de aceite
10-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Recalentamiento
10-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C001	Aire acondicionado	Compresor	Mecánica	Fuga de aire
11-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C078	Freno	Válvula de control	Mecánica	Fuga de aceite
11-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Manguera con fuga
16-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C015	Cabina	Puerta	Mecánica	Cabina no hermetíza
16-Feb	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C001	Aire acondicionado	Compresor	Mecánica	Baja presión de aire
16-Feb	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C001	Aire acondicionado	Compresor	Mecánica	Baja presión de aire
17-Feb	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C005	Aire acondicionado	Mangueras	Mecánica	Fuga de aire
19-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C185	Transmisión	Eje Posterior	Mecánica	Esparrago roto
22-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C068	Estructural	Guardas de protección	Mecánica	Soporte deformado

22-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C107	Motor Diesel	Mangueras	Mecánica	Motor diesel no arranca
23-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C107	Motor Diesel	Mangueras	Mecánica	Motor diesel no arranca
24-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C040	Eléctrico (DC)	Bobinas	Mecánica	Freno de servicio deficiente
25-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C085	Hidráulico	Mangueras	Mecánica	Fuga de aceite
26-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C034	Dirección	Mangueras	Mecánica	Manguera con fuga
26-Feb	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C081	Hidráulico	Cilindro de levante/ volteo	Mecánica	Fuga de aceite
26-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
27-Feb	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
28-Feb	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

En la tabla 05 se evidencia que las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y aire acondicionado.

Tabla 6
Fallas mecánicas en scoops – marzo

Fecha	Empresa	Turno	Equipo	Tipo Parada	Tipo de Mantto	Código Componente	Sistema	Componente	Tipo Falla	Falla
1-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C187	Desgaste prematuro	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
2-Mar	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
2-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C015	Cabina	Puerta	Mecánica	Cabina no hermetiza
2-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C002	Aire acondicionado	Condensador	Mecánica	Baja presión de aire
4-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C015	Cabina	Puerta	Mecánica	Chasis con fisura / roto
5-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C042	Eléctrico (DC)	Cables eléctricos distribución / Harness	Eléctrica	Cable eléctrico dañado

5-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C057	Eléctrico AC	Luminarias	Eléctrica	Cable eléctrico dañado
6-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Otros (especificar)
6-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Otros (especificar)
8-Mar	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C042	Eléctrico (DC)	Cables eléctricos distribución / Harness	Mecánica	Motor diesel no arranca
10-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
11-Mar	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C111	Motor Diesel	Turbo compresor	Mecánica	Perdida de fuerza
11-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
11-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C111	Motor Diesel	Turbo compresor	Mecánica	Perdida de fuerza

11-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
12-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C187	Transmisión	Línea Cardánica	Mecánica	Pernos flojos / sueltos / roto
13-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C002	Aire acondicionado	Condensador	Mecánica	Baja presión de aire
14-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C013	Cabina	Asiento de operador	Mecánica	Problema con asiento
15-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C013	Cabina	Asiento de operador	Mecánica	Problema con asiento
15-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C013	Cabina	Asiento de operador	Mecánica	Problema con asiento
16-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C191	Transmisión	Neumático	Mecánica	Problema con llanta
16-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C088	Hidráulico	Válvulas	Mecánica	Fuga de aceite
17-Mar	Sandvik	Día	SC-030	NPR	RC	C088	Hidráulico	Válvulas	Mecánica	Fuga de aceite
18-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C033	Dirección	Cilindro hidráulico	Mecánica	Rotura de bástago de cilindro

18-Mar	Sandvik	Noche	SC-030	NPR	RC	C108	Motor Diesel	Motor diesel	Mecánica	Recalentamiento
19-Mar	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C033	Dirección	Cilindro hidráulico	Mecánica	Rotura de bástago de cilindro
19-Mar	Sandvik	Noche	SC-026	NPR	RC	C033	Dirección	Cilindro hidráulico	Mecánica	Rotura de bástago de cilindro
20-Mar	Sandvik	Día	SC-026	NPR	RC	C033	Dirección	Cilindro hidráulico	Mecánica	Rotura de bástago de cilindro

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

En la tabla 06 se evidencia que las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y dirección.

3.1. Resultados del objetivo específico 02

Se presenta los resultados de los tiempos de mantenimiento no programado durante el periodo de estudio establecido.

Tabla 7

Tiempos de mantenimiento no programado - enero

Flota	Fecha semana	Equipo	Horas Trabajadas	Horas NPR	Cantidad Paradas Semana	MTBF Semana	MTTR Semana
Scoop	1-Ene	SC-026	72	6.0	2	36.00	3.00
Scoop	1-Ene	SC-030	22	101.3	2	11.00	50.63
Scoop	1-Ene	SC-031	67.6	3.5	1	67.60	3.50
Scoop	2-Ene	SC-032	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	2-Ene	SC-034	102.8	0.0	0	102.80	0.00
Scoop	4-Ene	SC-035	96.5	0.0	0	96.50	0.00
Scoop	5-Ene	SC-036	0	0.0	0	0.00	0.00
Scoop	5-Ene	SC-037	101.5	0.0	0	101.50	0.00
Scoop	6-Ene	SC-038	68	40.0	3	22.67	13.33
Scoop	6-Ene	SC-039	64	2.3	1	64.00	2.33
Scoop	7-Ene	SC-040	78.7	0.0	0	78.70	0.00
Scoop	7-Ene	SC-041	89.3	0.0	0	89.30	0.00
Scoop	8-Ene	SC-026	100	16.5	6	16.67	2.75
Scoop	8-Ene	SC-030	0	0.0	0	0.00	0.00
Scoop	9-Ene	SC-031	49.9	5.3	1	49.90	5.25
Scoop	9-Ene	SC-032	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	10-Ene	SC-034	94.3	5.8	1	94.30	5.75
Scoop	12-Ene	SC-035	97.4	2.3	1	97.40	2.33
Scoop	13-Ene	SC-036	69.4	10.3	3	23.13	3.44
Scoop	14-Ene	SC-037	108.5	0.0	0	108.50	0.00
Scoop	14-Ene	SC-038	31.9	110.5	1	31.90	110.50
Scoop	15-Ene	SC-039	95.9	0.0	0	95.90	0.00
Scoop	15-Ene	SC-040	75.7	36.0	1	75.70	36.00
Scoop	19-Ene	SC-041	91.7	0.0	0	91.70	0.00
Scoop	20-Ene	SC-026	44	11.0	5	8.80	2.20
Scoop	20-Ene	SC-030	15	43.0	3	5.00	14.33
Scoop	21-Ene	SC-031	66.6	0.0	0	66.60	0.00
Scoop	21-Ene	SC-032	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	22-Ene	SC-034	66.9	12.0	0	66.90	0.00
Scoop	22-Ene	SC-035	80.6	5.0	1	80.60	5.00
Scoop	23-Ene	SC-036	72.5	0.0	0	72.50	0.00

Scoop	23-Ene	SC-037	83	0.0	0	83.00	0.00
Scoop	24-Ene	SC-038	73.1	0.0	0	73.10	0.00
Scoop	24-Ene	SC-039	65.3	0.0	0	65.30	0.00
Scoop	25-Ene	SC-040	0	168.0	0	0.00	0.00
Scoop	25-Ene	SC-041	102.9	0.0	0	102.90	0.00
Scoop	25-Ene	SC-026	107	6.5	2	53.50	3.25
Scoop	26-Ene	SC-030	29	91.6	2	14.50	45.79
Scoop	26-Ene	SC-031	62.7	0.0	0	62.70	0.00
Scoop	27-Ene	SC-032	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	27-Ene	SC-034	96.3	0.0	0	96.30	0.00
Scoop	28-Ene	SC-035	74.1	0.0	0	74.10	0.00
Scoop	28-Ene	SC-036	58	0.0	0	58.00	0.00
Scoop	30-Ene	SC-037	81	0.0	0	81.00	0.00
Scoop	31-Ene	SC-038	82.9	0.0	0	82.90	0.00

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

Tabla 8

Tiempos de mantenimiento no programado - febrero

Flota	Fecha semana	Equipo	Horas Trabajadas	Horas NPR	Cantidad Paradas Semana	MTBF Semana	MTTR Semana
Scoop	6-Feb	SC-040	72	6.0	2	36.00	3.00
Scoop	6-Feb	SC-041	22	101.3	2	11.00	50.63
Scoop	13-Feb	SC-026	67.6	3.5	1	67.60	3.50
Scoop	13-Feb	SC-030	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	13-Feb	SC-031	102.8	0.0	0	102.80	0.00
Scoop	13-Feb	SC-032	96.5	0.0	0	96.50	0.00
Scoop	13-Feb	SC-034	0	0.0	0	0.00	0.00
Scoop	13-Feb	SC-035	101.5	0.0	0	101.50	0.00
Scoop	13-Feb	SC-036	68	40.0	3	22.67	13.33
Scoop	13-Feb	SC-037	64	2.3	1	64.00	2.33
Scoop	13-Feb	SC-038	78.7	0.0	0	78.70	0.00
Scoop	13-Feb	SC-039	89.3	0.0	0	89.30	0.00
Scoop	27-Feb	SC-031	100	16.5	6	16.67	2.75
Scoop	27-Feb	SC-032	0	0.0	0	0.00	0.00
Scoop	27-Feb	SC-034	49.9	5.3	1	49.90	5.25
Scoop	27-Feb	SC-035	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	27-Feb	SC-036	94.3	5.8	1	94.30	5.75
Scoop	27-Feb	SC-037	97.4	2.3	1	97.40	2.33
Scoop	27-Feb	SC-038	69.4	10.3	3	23.13	3.44

Scoop	27-Feb	SC-039	108.5	0.0	0	108.50	0.00
Scoop	27-Feb	SC-040	31.9	110.5	1	31.90	110.50
Scoop	27-Feb	SC-041	95.9	0.0	0	95.90	0.00

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

Tabla 9

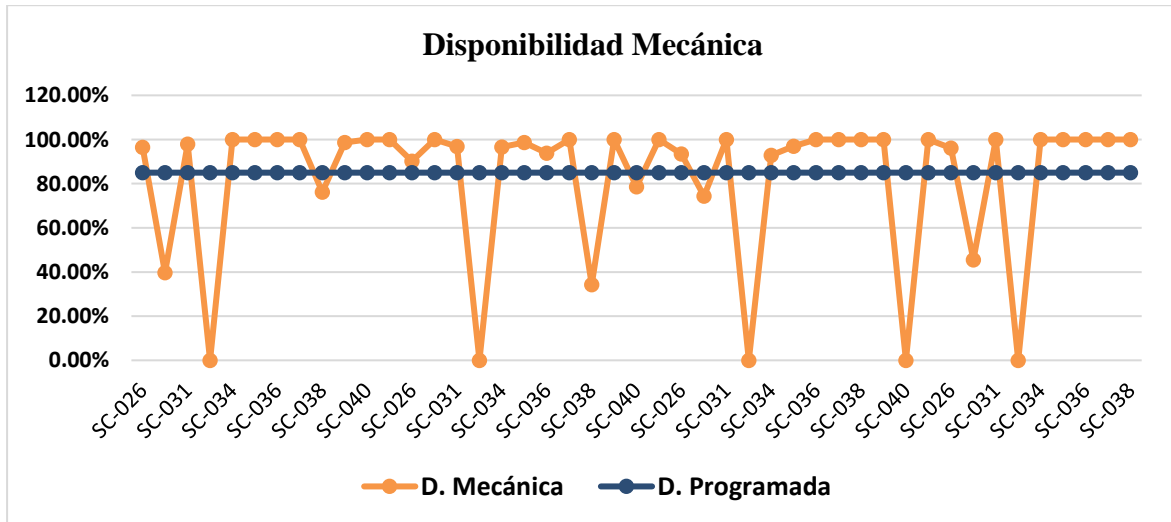
Tiempos de mantenimiento no programado - marzo

Flota	Fecha semana	Equipo	Horas Trabajadas	Horas NPR	Cantidad Paradas Semana	MTBF Semana	MTTR Semana
Scoop	6-Mar	SC-040	72	6.0	2	36.00	3.00
Scoop	6-Mar	SC-041	22	101.3	2	11.00	50.63
Scoop	13-Mar	SC-026	67.6	3.5	1	67.60	3.50
Scoop	13-Mar	SC-030	0	168.0	1	0.00	168.00
Scoop	13-Mar	SC-031	102.8	0.0	0	102.80	0.00
Scoop	13-Mar	SC-032	96.5	0.0	0	96.50	0.00
Scoop	13-Mar	SC-034	0	0.0	0	0.00	0.00
Scoop	13-Mar	SC-035	101.5	0.0	0	101.50	0.00
Scoop	13-Mar	SC-036	68	40.0	3	22.67	13.33
Scoop	13-Mar	SC-037	64	2.3	1	64.00	2.33
Scoop	13-Mar	SC-038	78.7	0.0	0	78.70	0.00
Scoop	13-Mar	SC-039	89.3	0.0	0	89.30	0.00

Fuente: Reportes de mantenimiento – Mina subterránea polimetálica de Ica.

Figura 5

Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – enero

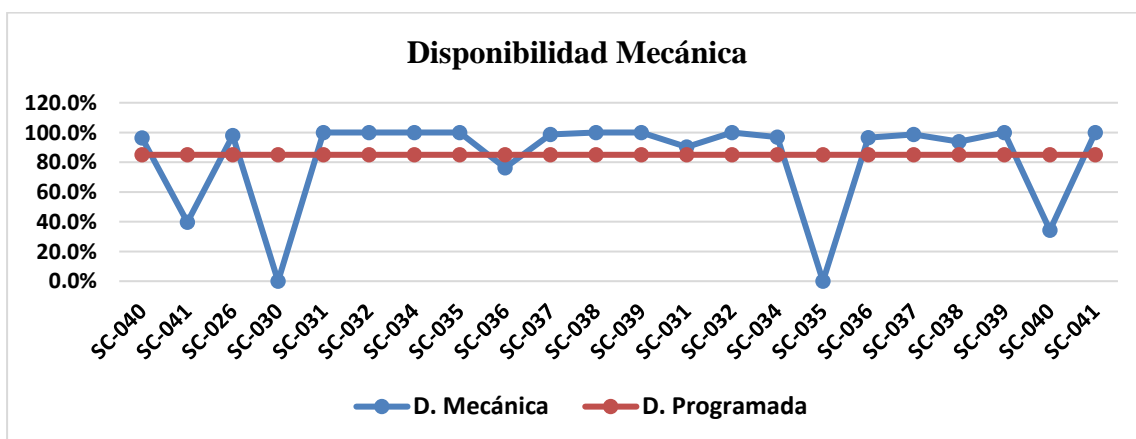


Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se evidencia que los equipos SC-032 y SC-040 no estuvieron operativos en el mes de enero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-030 y SC-038 con 39.7% y 34.2% respectivamente.

Figura 6

Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – febrero

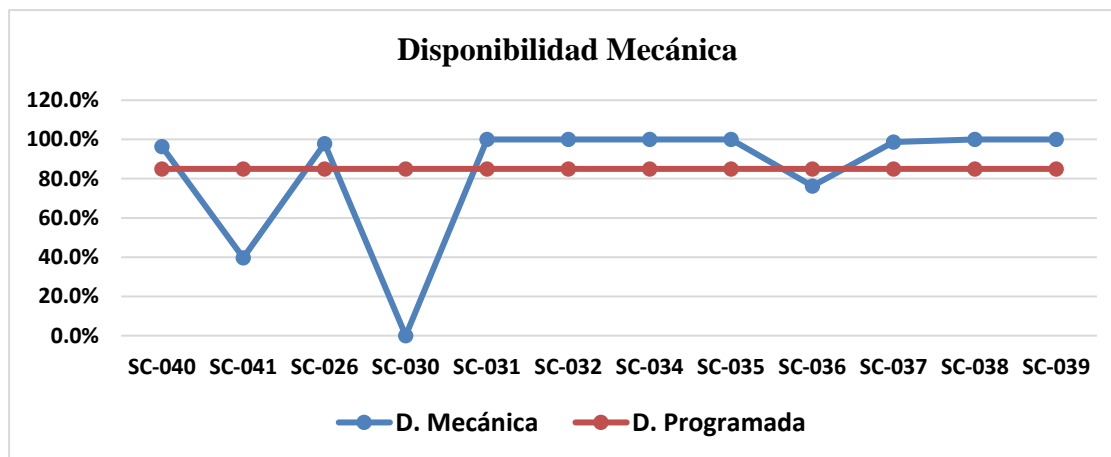


Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se evidencia que los equipos SC-030 y SC-035 no estuvieron operativos en el mes de febrero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-040 con 39.7% y 34.2% respectivamente.

Figura 7

Disponibilidad mecánica Vs Disponibilidad Programada – marzo



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico se evidencia que los equipos SC-030 no estuvo operativo en el mes de marzo y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-036 con 39.7% y 76.2% respectivamente.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según el objetivo general se valuó los KPI'S de mantenimiento en Scoops con el propósito de aumentar la disponibilidad mecánica en una mina subterránea de múltiples metales, en el departamento de Ica, los kpis evaluados fueron examinados incluyeron las interrupciones no planificadas, la producción total durante las interrupciones no planificadas (TMNP) y la disponibilidad. A partir de estos, se derivan los objetivos específicos que se describen más adelante con los antecedentes de estudios previos relacionados con nuestras variables de estudio.

Según el objetivo específico, se detectaron las averías de carácter mecánico responsables de las interrupciones no planificadas en el proceso de transporte, como se evidenció en los resultados previamente presentados, indican que las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops durante el mes de enero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y sistema eléctrico, en el mes de febrero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y aire acondicionado y en el mes de marzo están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y dirección. Las scoops con mayor tiempo de reparación fueron la SC-030 en el mes de enero 45 horas, SC-040 en el mes de febrero con 110 horas y SC-041 en el mes de marzo con 50 horas. Estos datos permiten hacer una comparación directa con los hallazgos de Martínez (2014), según la investigación realizada, se sostiene que una maquina es considerada productiva cuando sufre un mínimo de fallos y, por ende, mantiene su confiabilidad sin afectar la producción. El estudio abarcó un periodo de seis meses y concluyó que el equipo “scoop 35” tuvo la menor tasa de mantenibilidad, con 7.29 horas requeridas para actividades de mantenimiento, mientras que el equipo de “scoop 116” presentó la mayor tasa de mantenibilidad, con 13.29 horas necesarias para su restauración. En términos de disponibilidad, el equipo “scoop 35” tuvo la menor disponibilidad, con un 3% de funcionamiento diario, mientras que el equipo “scoop

116" registró la mayor disponibilidad, con un 5.5%. En cuanto a las horas diarias disponibles, el equipo "scoop 116" presentó el valor más bajo, con 0.41. Este estudio enfatiza que un plan de mantenimiento adecuado puede contribuir significativamente a reducir el tiempo de inoperatividad de los equipos de carga.

Según el objetivo específico, se evaluaron los periodos de mantenimiento no planificado y su efecto en la disponibilidad operativa de los vehículos "scoops" durante el primer trimestre del año 2022, los resultados también evidencian que los equipos SC-032 y SC-040 no estuvieron operativos en el mes de enero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-030 y SC-038 con 39.7% y 34.2% respectivamente. Los equipos SC-030 y SC-035 no estuvieron operativos en el mes de febrero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-040 con 39.7% y 34.2% respectivamente. El equipo SC-030 no estuvo operativo en el mes de marzo y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-036 con 39.7% y 76.2% respectivamente. Estos resultados permiten hacer una comparación directa con lo señalado por Madueño (2018) en su investigación titulada "Gestión de mantenimiento de los equipos Scoop LH de la Compañía Minera Volcán" el objetivo principal fue identificar las fallas más significativas que afectan a los equipos de bajo perfil y que son responsables de la disminución de los indicadores de gestión y, por consiguiente, de una menor productividad. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon todas las herramientas de gestión y recursos disponibles en la unidad minera. Como resultado, se encontró que la utilización de cuadros de rendimiento permitió un registro eficiente y sistemático de las actividades diarias del personal técnico, además de facilitar un control preciso de los indicadores de gestión. Además, al aplicar de manera rigurosa los procesos de mantenimiento, como la planificación y la ejecución de programas

de mantenimientos, junto con el control de los Scoop LH, se logró alcanzar una disponibilidad acumulada de la flota del 93.65%, un MTBF de 73.16 y un MTTR de 5.24.

Las limitaciones del trabajo de investigación se relacionan con el difícil acceso a la información para seleccionar una muestra más consistente que permita reforzar los resultados encontrados.

Las implicancias del trabajo de investigación se relacionan directamente con la búsqueda de una solución que permita incrementar los porcentajes de la evaluación de los indicadores de mantenimiento se llevó a cabo con el propósito de determinar la disponibilidad de los vehículos de transporte.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los hallazgos obtenidos durante el transcurso de la investigación en base a los objetivos planteados se tiene las siguientes conclusiones:

Se identificaron las averías de carácter mecánico que causan las interrupciones no planificadas en el proceso de transporte, tal como se presentan en los resultados previamente mencionados indican que las fallas mecánicas más frecuentes en los scoops durante el mes de enero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y sistema eléctrico, en el mes de febrero están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y aire acondicionado y en el mes de marzo están relacionadas con el sistema de transmisión, motor diésel y dirección. Las scoops con mayor tiempo de reparación fueron la SC-030 en el mes de enero 45 horas, SC-040 en el mes de febrero con 110 horas y SC-041 en el mes de marzo con 50 horas.

Durante el primer trimestre del año 2022, se analizaron los periodos de mantenimiento no planificado y su repercusión en la disponibilidad operativa de los vehículos "scoops", los resultados también evidencian que los equipos SC-032 y SC-040 no estuvieron operativos en el mes de enero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-030 y SC-038 con 39.7% y 34.2% respectivamente. Los equipos SC-030 y SC-035 no estuvieron operativos en el mes de febrero y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-040 con 39.7% y 34.2% respectivamente. El equipo SC-030 no estuvo operativo en el mes de marzo y los equipos con menor disponibilidad fueron los SC-041 y SC-036 con 39.7% y 76.2% respectivamente.

Se recomienda mejorar la gestión del plan de mantenimiento ya que la mayoría de fallas que generan paradas no programadas e influyen en la disponibilidad pueden ser identificadas y reparadas durante la revisión del mantenimiento preventivo.

Referencias

- Aguilar, E. (2020). *“Reducción del costo de acarreo y transporte de mineral mediante la aplicación de indicadores de desempeño KPI’s en la U.M. Sumaq Rumi”*. (tesis pre grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Gómez Codutti, A., Mariño, S., & & Alfonsoz, P. (2016). *Una propuesta integradora de Mantenimiento Correctivo aplicada al Diseño Web Adaptativo y Accesibilidad Web*. Scientia Et Technica.
- Madueño Palacios, C. (2018). *Gestión de mantenimiento de los equipos Scoop LH de la Compañía Minera Volcán*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Montes Oca, A., & López Guerra, E. (2018). *Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Ortiz Soto, L., & Pastor Gamboa, Y. L. (2021). *“Propuesta de gestión para incrementar la disponibilidad mecánica y reducir los costos de alquiler en los equipos de carguío en la empresa minera de Cajamarca”*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Osorio Lara, E. O. (2020). *“Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55XP para mejorar su disponibilidad en una mina subterránea para el año 2020”*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.

Rivera Estay, J. L. (2015). *Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos*. Chile: Universidad de Chile.

Sanabria Párraga, R. (2019). *"Efecto de un programa de mantenimiento preventivo en la mantenibilidad de los Scooptrams de la Compañía Minera el Porvenir – Milpo"*. Huancayo, Perú: Universidad del Centro del Perú.

Anexos

Anexo 1: Fotografías



Foto 1: Tesistas en la labor de la mina subterránea polimetálica de Ica



Foto 2: Tesistas reconociendo el scoop en la mina subterránea polimetálica de Ica



Foto 3: Tesista Luis Ocampo en la mina subterránea polimetálica de Ica



Foto 4: Tesista Karina León con el scoop en la mina subterránea polimetálica de Ica