

# Operacionalidad minera del Latch Keeper en el Proceso de Carguío y movimiento de tierra.

*Mining operationality of the Latch Keeper in the loading and earthmoving process.*

**Rony Honorio Paredes Quispe**

[paredesro45@gmail.com](mailto:paredesro45@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0007-4337-5565>

**Universidad José Carlos Mariátegui  
Moquegua-Perú**

Recibido el 20 de marzo de 2024 / Arbitrado el 03 de abril de 2024 / Aceptado el 15 de junio de 2024 / Publicado el 01 de julio de 2024

## RESUMEN

En el marco de la gestión del mantenimiento en la "Minera de Cobre Panamá", el Latch Keeper es un componente crítico en el funcionamiento del Balde de la Pala Eléctrica Komatsu 4100 XPC del Balde Optima, siendo su correcto funcionamiento crucial para el proceso de movimiento de tierras en dicha empresa. El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto de la falla en los procedimientos de mantenimiento. En cuanto a la metodología fue de nivel descriptiva con diseño de campo en la que se detalla el proceso de reconocimiento de la falla del Latch Keeper para su reparación y reemplazo del componente, evitando pérdida de horas de trabajo, la ramificación del costo de CAPEX/OPEX para minimizar el impacto en el proceso de movimiento de tierras y medidas proactivas desarrolladas que garantizan el cumplimiento de objetivos eficientemente y rentable.

**Palabras clave:** Mantenimiento, reparación, Latch Keeper, control de calidad, finanzas.

## ABSTRACT

In the context of maintenance management at "Cobre Panama Mining," the Latch Keeper is a critical component in the operation of the Komatsu 4100 XPC Electric Shovel Bucket Optimizer Bucket, with its proper functioning being crucial for the earthmoving process in the company. The aim of this research is to evaluate the impact of the failure on maintenance procedures. The methodology employed was descriptive in nature with a field design detailing the process of identifying the failure of the Latch Keeper for repair and component replacement, preventing loss of work hours, branching out the CAPEX/OPEX cost to minimize impact on the earthmoving process, and proactive measures developed to ensure the efficient and cost-effective achievement of objectives.

**Keywords:** Maintenance, repair, Latch Keeper, quality control, finance.

## INTRODUCCIÓN

En la industria minera de Panamá, la empresa Minera Panamá se ha comprometido a llevar a cabo sus operaciones de exploración, desarrollo y producción de minerales de cobre y otros metales de manera responsable y sostenible. Como parte de este compromiso, la empresa busca implementar prácticas que cuiden el medio ambiente, promuevan la seguridad y salud en el trabajo de sus empleados y contratistas, y brinden los mejores servicios posibles.

Dentro de la gestión del mantenimiento en la minera de Cobre Panamá, se ha identificado un componente crítico en el funcionamiento del Balde de la Pala Eléctrica Komatsu 4100 XPC: el Latch Keeper, también conocido como NGL (New Generation Latch, nueva generación de Cerrojo). El correcto funcionamiento de este componente es crucial para el proceso de movimiento de tierras de la empresa minera, y su falla puede tener un impacto negativo en la productividad y eficiencia de las operaciones relacionadas con el carguío, siendo de gran importancia en la Taxonomía de Movimiento de Tierra.

En la presente investigación se analizará el retiro y cambio de Latch Keeper Machining Numero de Parte R91829D4 por el Latch Keeper Machining Numero de Parte R91829D5 de material 28D de una pala eléctrica P&H 4100 XPC, de acuerdo a un plan de recambio por fisuras prematuras, en el marco de la gestión del mantenimiento para evitar el tiempo muerto, pérdida monetaria en el proceso de movimiento de tierras y optimizando la eficacia y eficiencia de las operaciones.

Debido a que el Latch Keeper Machining es un componente principal que juega un papel crucial en el correcto funcionamiento de la pala eléctrica. Cuando este componente falla, puede provocar la interrupción de las operaciones de la pala, lo que resulta en una disminución de la productividad y un aumento en el tiempo de inactividad.

La reparación o reemplazo del Latch Keeper Machining requerirá detener la operación de la pala y llevar a cabo las tareas necesarias para solucionar el problema. Durante el tiempo en que la pala esté fuera de servicio debido al fallo del Latch Keeper Machining, no se podrá llevar a cabo el movimiento de tierras de manera eficiente. Esto puede resultar en una pérdida de horas de producción propiamente dicha, ya que se interrumpe la capacidad de la pala para cargar y transportar material de manera continua.

Además, la pérdida de horas de trabajo también se traduce en una pérdida económica. Cada hora de inactividad de la pala implica costos asociados que incluyen salarios del personal, costos de mantenimiento no planificados y posibles retrasos en la finalización del proyecto a lo que se le conoce como lucro cesante.

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto de la falla en los procedimientos de mantenimiento, analizar detalladamente las medidas de seguridad implementadas durante el proceso de reparación y tener en cuenta los costos operativos asociados con las tareas de mantenimiento realizadas.

## MÉTODO

El estudio responde al nivel descriptivo debido a que se pretende caracterizar la gestión de mantenimiento y reparación del Latch Keeper en el proceso de Carguío y Movimiento de Tierra en la

Minera Panamá, porque de esta manera se asegura de que los equipos y maquinarias estén disponibles y en óptimas condiciones de funcionamiento para maximizar la productividad, minimizar el tiempo de inactividad no planificado, ecualizar los riesgos y disminuir los gastos. Esto implica una planificación efectiva, programación adecuada de las actividades de mantenimiento, gestión de repuestos y componentes, y coordinación con otros departamentos y equipos de trabajo.

El estudio se consideró experimental ya que es un proceso que consiste en someter a un objeto a determinadas condiciones y/o tratamiento para observar sus efectos, en este particular la investigación se trató sobre la gestión del mantenimiento de la reparación de un Latch Keeper de pala eléctrica en el proceso de carguío y movimiento de tierra con enfoque financiero de la Minera Panamá.

### ***Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver el problema***

#### ***Ensayos no destructivos para detección de fallas***

En el campo de la detección de fallas y averías en componentes mecánicos de equipos pesados, existen varios ensayos no destructivos (END) que se utilizan con frecuencia. Estos ensayos permiten evaluar la integridad y el estado de los componentes sin dañarlos de manera significativa.

#### ***Inspección Visual***

Una de las técnicas más comunes por ser la primera que se debe realizar, es el ensayo visual, que consiste en una inspección visual minuciosa del componente en busca de signos evidentes de daño, como grietas, fracturas, deformaciones o desgaste excesivo. La inspección visual es una herramienta fundamental, ya que permite detectar fallas visibles y tomar decisiones iniciales sobre la necesidad de realizar ensayos adicionales.

#### ***Tintes penetrantes y partículas magnéticas***

Otro ensayo no destructivo ampliamente utilizado es el ensayo por líquidos penetrantes, que consiste en la aplicación de un líquido penetrante sobre la superficie del componente. Este líquido se introduce en las discontinuidades y luego se retira, revelando así cualquier defecto oculto. Este ensayo es especialmente efectivo para detectar grietas superficiales y porosidades en materiales metálicos. Además de este ensayo, se suele complementar con el ensayo por partículas magnéticas, el cual se utiliza para la detección de fallas en componentes que son ferromagnéticos.

#### ***Ensayos de ultrasonido***

Este método consiste en enviar pulsos de ultrasonido a través del material y analizar las ondas reflejadas para identificar posibles discontinuidades, como grietas, inclusiones o cambios en la estructura interna del componente.

#### ***Procesos Mineros***

La gestión del mantenimiento está relacionada con diversas tareas y procesos propios de la planta o fábrica en la que se utilice. En el caso de los procesos mineros, principalmente en el proceso productivo de mineras a tajo abierto como es el caso de Minera Panamá, se utilizan un conjunto de equipos y maquinarias mineras de gran tamaño y capacidad de carga para lograr operaciones a gran escala, las cuales se denominan Flota Ultra Class en las instalaciones de mina, estas maquinarias se

utilizan principalmente en el Procesos de Carguío y Movimiento de tierras que incluye algunos procesos como:

- *Exploración:* Comprende la identificación y evaluación de yacimientos minerales mediante técnicas geológicas, geoquímicas y geofísicas. *Extracción:* Implica la remoción del material mineral del yacimiento. Esto puede incluir la minería a cielo abierto, la minería subterránea o la minería de placer, dependiendo de las características del depósito y los minerales a extraer.
- *Preparación del sitio:* Consiste en la preparación del terreno y la construcción de infraestructuras necesarias, como caminos, plataformas de trabajo, áreas de acopio de minerales y sistemas de drenaje.
- *Procesamiento:* Se refiere a la etapa en la cual los minerales extraídos se someten a procesos físicos, químicos o metalúrgicos para separar y concentrar los minerales de interés. Esto puede incluir trituración, molienda, separación gravimétrica, flotación, lixiviación, entre otros procesos.
- *Transporte:* Comprende el traslado del concentrado producto del procesamiento químico, a través de fajas transportadoras hasta el puerto mina donde hay buques que transportan el material en polvo hacia los clientes como Canadá y China.

#### Carguío y Movimiento de Tierras

El carguío se considera un proceso unitario dentro de la industria minera, ya que implica la manipulación y carga de material a granel en cantidades específicas, este proceso involucra diversas actividades y operaciones, como la perforación y voladura de la roca, la carga y transporte del material, y el control y monitoreo de la operación.

Se realiza con diversas maquinarias como cargadores frontales, excavadoras, entre otros, tiene como finalidad extraer el material mineral de la mina y cargarlo en equipos de transporte, como camiones o vagones, para su posterior traslado hacia las áreas de procesamiento o acopio.

Por otro lado, el movimiento de tierras se divide en diferentes etapas, como la excavación, la carga, el transporte y la descarga. Cada una de estas etapas implica operaciones específicas que requiere maquinarias y equipos especializados, como excavadoras, palas cargadoras, camiones volquete, niveladoras, entre otros. Cada proceso unitario está diseñado para realizar una tarea específica dentro del movimiento de tierras.

#### Productividad del Proceso de Carguío y Movimiento de tierras.

La productividad de los equipos mineros en la productividad del Proceso de Carguío y Movimiento de tierras es de vital importancia en la explotación de yacimientos minerales, ya que determina la capacidad de cumplir con los planes de producción establecidos, basados en criterios técnicos y económicos.

El movimiento de tierras se refiere a la manipulación y desplazamiento de grandes volúmenes de suelo, rocas y materiales en las operaciones mineras. Tiene un impacto significativo en distintas etapas del proceso minero. El movimiento eficiente de tierras es esencial para garantizar el acceso a los yacimientos minerales, la extracción y transporte de materiales, así como el desarrollo adecuado de la infraestructura minera.

En el movimiento de tierras en la minería se utilizan diferentes métodos y equipos en función de las características del terreno, los volúmenes a mover y las necesidades específicas de la operación

minera. Algunos de los métodos comunes incluyen; Excavación a cielo abierto; Perforación y voladura; Drenaje y bombeo y Movimiento de estériles y residuos.

### Impacto del proceso de carguío y movimiento de tierras

En el proceso productivo, se pueden identificar pérdidas que tienen un impacto significativo en el rendimiento de la maquinaria. Muchas de estas pérdidas se han vuelto habituales en la rutina de explotación, lo que dificulta su detección, especialmente cuando se trata de un gran número de equipos en funcionamiento. La planificación y ejecución adecuada del mantenimiento es una herramienta efectiva para reducir estas pérdidas, el cual se describen algunos parámetros para evaluar el impacto del rendimiento de las operaciones como: 1) Tiempo calendario (Este parámetro representa el tiempo total en horas durante el cual se espera que el equipo esté disponible para trabajar), 2) Tiempo no programado (Se refiere al tiempo en horas en el cual el equipo no debe estar operativo según la planificación establecida), 3) Tiempo de operación (Es el número de horas efectivas en las que se espera que el equipo trabaje a plena capacidad), 4) Paradas programadas (Incluye el tiempo destinado a llevar a cabo acciones de mantenimiento periódico, rutinario, así como las paradas anuales y las reparaciones importantes).

Por tanto, la gestión del personal, recursos y la planificación adecuada de los trabajos de mantenimiento, permiten mantener operativa la flota de equipos y recuperar la operatividad de las maquinarias cuando ocurre alguna falla intempestiva. En términos económicos, el mal funcionamiento de una máquina de Flota Ultra Class puede ocasionar costos adicionales.

Esto se debe a que se necesitará detener la operación para reparar o reemplazar la máquina averiada, lo que implica la pérdida de tiempo productivo y posibles retrasos en la producción. Además, puede ser necesario contratar servicios de reparación especializados o adquirir piezas de repuesto, lo que implica costos adicionales.

La estrategia de gestión de activos implica la atención y preservación de las palas eléctricas durante su período programado de inactividad por razones de mantenimiento. Esta estrategia incorpora medidas preventivas para evitar daños, asegurarse de que las palas sean restauradas a su estado óptimo y que estén listas para operar tras la parada programada.

### Equipos mineros: Flota Ultra Class

Como se ha detallado, para que las operaciones de carguío y movimiento de tierras a gran escala en minería funcionen de manera óptima y eficiente, las máquinas utilizadas en estos procesos deben ser analizadas y evaluadas en planes de mantenimiento preventivo y contar con un programa de reparaciones adecuado.

Existen varios equipos utilizados en el movimiento de tierras en la minería, el mantenimiento de la Flota Ultra Class es crítico debido al alto costo de los equipos, un mantenimiento adecuado garantiza un rendimiento óptimo de acuerdo a la operación de movimiento de tierras y proceso de carguío. Algunos de los equipos más importantes son: Excavadoras Medianas y pequeñas, Cargadores frontales de gran dimensión, Bulldozers y Palas Eléctricas de Alta Tensión.

Respecto a la operación de la mina Cobre Panamá, First Quantum Mineral FQML y Liebherr han implementado exitosamente el sistema Trolley Assist o Pantógrafos en los camiones T 284

Eléctricos para movilizar el material extraído, estos camiones son actualmente los más grandes del mundo, mejorando la productividad, gasto de energía fósil disminuyendo las emisiones de carbono.

Por otro lado, la minera cuenta también con palas eléctricas 4100XPC diseñadas y construidas para mover más material a un menor costo por tonelada, los sistemas mecánicos de P&H tienen controles más inteligentes y rápidos, así como también motores de levante dobles y transmisiones planetarias con buenos resultados de giro y propulsión, que permiten hasta una carga útil nominal de 108,9 tm. y una capacidad nominal de balde de 61,2 m<sup>3</sup>

### Palas Eléctricas.

Las palas mecánicas, también conocidas como palas cargadoras, son máquinas pesadas utilizadas para el movimiento de tierra o roca en grandes volúmenes y superficies. Estas máquinas están equipadas con un balde o cucharón apropiado para llevar a cabo diversas actividades, como obras horizontales (carreteras, minería, túneles, presas hidráulicas) y verticales (edificaciones, centros comerciales, puentes). Su capacidad de carga varía desde un metro cúbico en el caso de los minicargadores, hasta 72 toneladas en palas frontales de gran tamaño.

La versatilidad de las palas mecánicas las convierte en maquinarias indispensables en diversas industrias, ya que no solo pueden desplazar materiales de un punto a otro en su balde, sino que también pueden cargar camiones con gran rapidez. Estas palas pueden tener ruedas o cadenas y cuentan con una potencia de empuje considerable en su parte delantera. Además, se clasifican según el tipo de desplazamiento, la dimensión del balde, el motor y el modo de funcionamiento.

### Pala Eléctrica P&H 4100XPC

De acuerdo a la información proporcionada por Komatsu, la pala eléctrica de cable modelo P&H 4100XPC, suministrada por Komatsu Mining Corp., es un equipo de gran importancia y capacidad en el terreno minero como se puede apreciar en la figura 11 y posteriormente se detallarán las partes y características más importantes.

Con una carga útil nominal de hasta 108,9 toneladas métricas o 120 toneladas, una capacidad del balde de 52,8 a 6,2 m<sup>3</sup> que es ideal para cargar camiones de carga de 218 a 363 toneladas métricas y sistemas de trituradora-transportadora de alta capacidad en la mina. Así también la capacidad de carga suspendida nominal es de 195 toneladas métricas o 215 toneladas.

Asimismo, su diseño robusto y los protocolos de seguridad garantizan un funcionamiento seguro en el terreno. En cuanto a su construcción, la pala 4100XPC presenta detalles precisos de la cabina del operador, escaleras retráctiles, luces LED de funcionamiento y otros elementos realistas. Sus dimensiones de 15 m de largo x 14,4 m de ancho x 14,7 m de alto la convierten en un equipo imponente en el entorno minero.

La pala 4100XPC cuenta con características innovadoras y actualizaciones tecnológicas diseñadas para maximizar la disponibilidad y la producción. Está disponible en versiones AC y DC, y su sistema de control eléctrico Centurion ofrece un rendimiento mejorado, monitoreo y capacidad de integración de datos.

La interfaz gráfica del usuario proporciona información esencial sobre el estado de la pala y herramientas de diagnóstico y solución de problemas.

Además, el sistema de administración de condiciones a distancia PreVail (RHM) brinda datos de rendimiento y estado de la máquina de manera eficiente. Esto permite una mayor visibilidad del rendimiento de la máquina, herramientas de gestión de riesgos y análisis de prácticas operacionales para maximizar la productividad.

El mantenimiento y cuidado de la pala 4100XPC son críticos debido a su importancia en las operaciones mineras. Sus características avanzadas de control, como el monitoreo de vibraciones en línea y el sistema de monitoreo de temperatura, ayudan a prevenir fallas catastróficas y minimizar el tiempo de inactividad no planificado.

#### Partes de la pala eléctrica P&H 4100XPC.

Las partes que generalmente son las más comunes son: Cucharón o Balde, Mango de Cucharón o Balde, Cabina del operador, Tren de rodaje o Carrilera, Motores Eléctricos Principales, Sistema hidráulico y Sistema de control. Estas secciones se pueden resumir en las tres secciones principales las cuales son Chasis superior (uno), Chasis inferior (dos) y Accesorio (tres).

Como parte de los principales movimientos de la pala eléctrica P&H 4100 XPC conocida por su capacidad de carga y versatilidad en la manipulación de grandes volúmenes de material, se puede identificar: Movimiento de elevación o levante (Hoist), Movimiento de descenso (Down), Movimiento de giro (swing) y Movimiento de Recoger (Retract).

Y como parte de los principales sistemas de la pala se tiene: Sistema eléctrico, Sistema de levante, Sistema de empuje, Sistema de giro, Sistema de propulsión, Sistema de aire, Sistema de lubricación y Sistema de frenos.

Respecto al movimiento de carga de materiales, el conjunto de cucharón y mango balde (también conocido como "dipper y/o bucket" en inglés) es un componente principal, debido a que el cucharón es la parte frontal de la pala que se utiliza para recoger y cargar el material excavado, como mineral o tierra, en camiones u otros medios de transporte. El mango balde, también llamado mango telescópico o dipper handle, es la estructura que conecta el cucharón al resto de la máquina y permite su movimiento.

En el caso de la P&H 4100 XPC, el conjunto cucharón-mango balde es esencial para el proceso de carga, donde el cucharón se sumerge en la zona de excavación, recoge el material y luego se levanta y descarga en el camión o la tolva de transporte.

Este movimiento de carga es uno de los usos más frecuentes del conjunto cucharón-mango balde en una pala eléctrica de este tipo, por lo tanto, la utilización del conjunto cucharón-mango balde puede depender de los requisitos y las tareas específicas de la operación minera en la que se utilice la máquina.

## **RESULTADOS**

En este trabajo, se llevó a cabo un análisis de la gestión del mantenimiento de las flotas Ultra, centrándose en la detección de una falla en la pala eléctrica P&H 4100XPC de la marca Komatsu. La falla se manifestó visualmente como una fractura en el Dipper, específicamente en el componente conocido como Latch Keeper Assembly– Estructural, la idea es describir paso a paso la experiencia de

la implementación de los procedimientos de mantenimiento, así como examinar las medidas de seguridad implementadas durante el proceso de reparación que incluyen los costos de operación asociados al mantenimiento realizado.

#### *Mantenimiento general de la Pala Eléctrica P&H 4100 XPC.*

El planeamiento del mantenimiento general de la Pala Eléctrica P&H 4100 XPC involucra varias etapas y consideraciones. A continuación, se presenta una descripción general de los pasos típicos para el planeamiento del mantenimiento:

- *Recopilación de información:* Se recopilan todos los datos relevantes sobre la pala eléctrica, incluyendo manuales de operación y mantenimiento, historial de mantenimiento anterior, datos de rendimiento y vida útil de los componentes, y recomendaciones del fabricante.
- *Análisis de los requerimientos:* Se analizan los requerimientos del equipo, como el entorno operativo, la carga de trabajo, las condiciones de operación y los estándares de la industria, para determinar las necesidades de mantenimiento y establecer los objetivos del planeamiento.
- *Establecimiento de frecuencias de mantenimiento:* Se determina la frecuencia con la que se deben realizar las actividades de mantenimiento, como inspecciones, limpieza, lubricación y reemplazo de componentes. Esto se basa en las recomendaciones del fabricante, las condiciones operativas y el historial de mantenimiento.
- *Programación del mantenimiento:* Se establece un cronograma de mantenimiento, que puede ser semanal, mensual, trimestral o anual, dependiendo de la naturaleza de las actividades y los requisitos del equipo. Se asignan recursos y se establecen plazos para cada actividad planificada.
- *Gestión de recursos:* Se determinan los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, como personal capacitado, herramientas, equipos y materiales. Se asignan responsabilidades y se coordinan las actividades con otros departamentos o proveedores si es necesario.
- *Documentación y registro:* Se desarrolla un sistema de documentación y registro para registrar todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo los resultados de las inspecciones, los ajustes realizados, los reemplazos de componentes y cualquier otra observación relevante. Esto ayuda a mantener un historial completo y facilita el seguimiento del mantenimiento realizado.

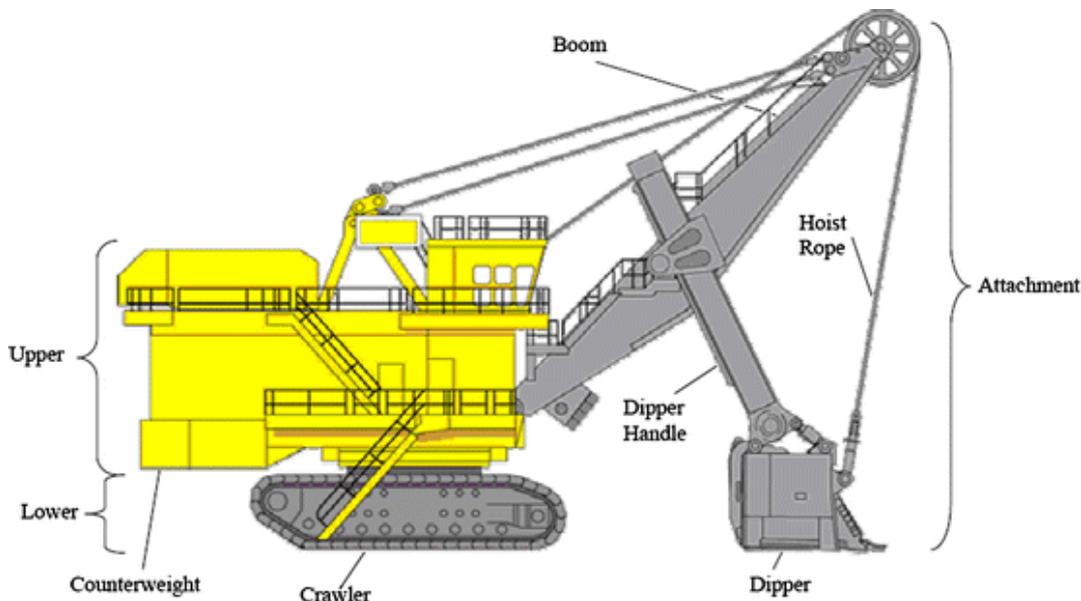
#### *Identificación de falla del Latch Keeper.*

Durante una inspección rutinaria de la pala eléctrica P&H 4100 XPC reconocida por su robustez y capacidad de carga, se detectó un problema en el Dipper y tras un análisis detallado se determinó que la causa subyacente de la falla radicaba en una fractura prematura del Latch Keeper Machining, un elemento clave en la integridad estructural del balde.

El Dipper generalmente está compuesto de varias secciones que se unen mediante soldadura, las cuales incluyen: Mango del dipper (Dipper Handle); Parte trasera del dipper o compuerta (Dipper Door) y Parte delantera del dipper o Cuerpo de Balde (Dipper Body). Asimismo, como parte integral de la estructura está típicamente fabricado con acero de alta resistencia al desgaste o acero estructural de alta resistencia, este debe permitir el movimiento adecuado y proporcionar la resistencia y estabilidad necesarias para soportar el cucharón y realizar las tareas establecidas en las metas de movimiento de tierras de la minera.

**Figura 1**

*Ubicación del Dipper en la pala eléctrica*



*Nota:* Adaptado del Catálogo virtual JoyGlobal P&H, por Komatsu American Corp. 2017.

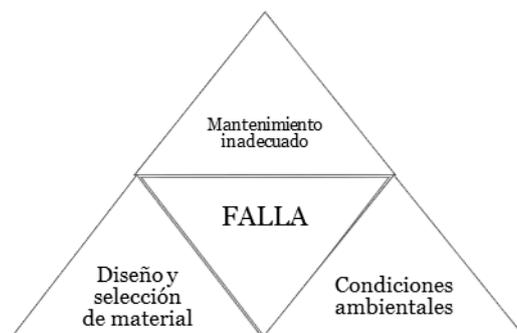
El Latch Keeper como componente del dipper actúa como un mecanismo de cierre o pestillo que proporciona estabilidad y seguridad durante las operaciones de excavación, sin embargo, debido a las cargas extremas y las condiciones adversas en entornos mineros y al material, el Latch Keeper falló prematuramente, por lo tanto, se llevó a cabo un proceso de reparación integral que implicó el desmontaje completo del dipper y la identificación precisa del Latch Keeper dañado.

La fractura del componente amenazaba no solo la funcionalidad del balde, sino también la seguridad de los operadores y la productividad de los procesos asociados como el de movimiento de tierras que se vería impactado directamente.

Para tal fin, se llevó a cabo un análisis de causa raíz más detallada siguiendo los pasos enunciados, para comprender a fondo los factores que contribuyeron a la fractura prematura del Latch Keeper, que de acuerdo a bibliografía puede ser la falta de un mantenimiento adecuado, diseño y selección de material y condiciones ambientales:

**Figura 2**

*Diagrama de Identificación de Falla*



Ante este descubrimiento crítico, se inició de inmediato el proceso de identificación y reporte de la falla. Se recolectaron cuidadosamente los datos y se documentaron minuciosamente todos los hallazgos. 1. Definición del problema, 2. Análisis del Problema, 3. Identificación de soluciones efectivas, 4. Implementación de soluciones.

#### *Inspección Visual y Tintes penetrantes para análisis de falla*

Se realizó una descripción precisa de la ubicación de la fractura en el Latch Keeper Machining, evaluando tanto su extensión como su impacto en el resto de la estructura del balde. Como parte de la inspección exhaustiva, se llevó a cabo un ensayo no destructivo (NDT) utilizando líquidos penetrantes en el Dipper con el objetivo de identificar posibles defectos o fisuras que no eran visibles a simple vista. Durante el ensayo, se identificaron un total de cuatro fisuras, las cuales se detallan a continuación: 1. Fisura en la zona del mango del Dipper, 2. Fisura en la parte trasera del Dipper, 3. Fisura en la parte delantera del Dipper: 4. Fisura en la zona de unión del Latch Keeper.

Asimismo, se observaron zonas de fisuras en la sección del labio en la unión del labio con el piso inferior. El labio es la sección delantera del balde que entra en contacto directo con el material a excavar, por ende, cualquier fisura en esta área puede tener un impacto significativo en el desempeño y la eficiencia de la pala, esto puede implicar la reparación de las fisuras mediante técnicas de soldadura especializadas u otros métodos de refuerzo.

#### ***Procedimiento de Reparación de Latch Keeper Machining***

##### *Gestión del procedimiento*

Los primeros procedimientos a considerar son el R101181D2 y R88606F1, que son procedimientos internos de instalación del Latch Keeper Machining. Estos procedimientos incluyen aspectos clave como la preparación adecuada de las superficies, la aplicación de métodos de sujeción apropiados y la verificación exhaustiva de la correcta fijación del Latch Keeper al dipper.

Seguidamente, el procedimiento FW01350 establece las directrices y normas para llevar a cabo la soldadura necesaria durante la reparación del latch keeper. Este documento considera aspectos importantes como la selección del material de soldadura adecuado, los parámetros de soldadura y las técnicas apropiadas para asegurar una unión sólida y duradera.

El documento WI.106.105 se centra en un procedimiento de instalación específico para el Latch Keeper D5. Este procedimiento proporciona instrucciones y recomendaciones detalladas para la instalación de este tipo particular de latch keeper, asegurando que se sigan los pasos correctos para su colocación adecuada.

Por otro lado, el documento QC.10.01.103.01.00 se enfoca en el control de temperatura durante los procesos de reparación del latch keeper. Este procedimiento establece los métodos y equipos necesarios para medir y controlar las temperaturas, garantizando que se mantengan dentro de los rangos aceptables para evitar deformaciones o daños en el Latch Keeper y otros componentes durante la soldadura u otros procesos térmicos.

Finalmente, se realiza un ensayo mediante ultrasonido de la unión del Latch Keeper con el dipper. Este ensayo tiene como objetivo verificar la calidad y la integridad de la unión.

##### *Seguridad del procedimiento*

Para garantizar un entorno de trabajo seguro y proteger la integridad de los trabajadores, se implementarán las siguientes medidas: Se promoverá una cultura preventiva de seguridad y salud, que combina el comportamiento humano con la preparación teórico-práctica de sistemas y métodos de trabajo.

Se fomentará la conciencia de los riesgos y la importancia de seguir los procedimientos de seguridad establecidos. Se cumplirán estrictamente los estándares de seguridad, calidad, confiabilidad y cuidado del medio ambiente establecidos por Minera Panamá y las políticas y procedimientos de seguridad de MPSA.

### Diagrama de Gantt

La importancia de la Carta Gantt radica en su capacidad para ayudar a organizar y coordinar las actividades del proyecto de reparación de cambio de latch keeper. Al utilizar la Carta Gantt, se pueden establecer y asignar los recursos necesarios, definir las dependencias entre tareas, establecer plazos y fechas límite, y visualizar de manera clara la duración y el avance de cada actividad.

Esta herramienta permite una mejor planificación y gestión del proyecto, ya que proporciona una visión general de todas las tareas involucradas, sus interdependencias y su cronograma. Además, la Carta Gantt ayuda a identificar posibles cuellos de botella, retrasos o superposiciones de tareas, lo que permite realizar ajustes y tomar medidas correctivas para garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos.

### Procedimiento de instalación

El procedimiento de instalación de Latch Keeper D5 en el dipper de acuerdo a las especificaciones técnicas del procedimiento R101181D1 en el tiempo indicado en la carta de Gantt.

### Procedimiento de soldadura

Por otro lado, de acuerdo al proceso de precalentamiento y control de temperatura y soldadura por el procedimiento FW01350, en los que también se realizaron ensayos de líquidos penetrantes para su revisión.

Para la realización del trabajo se necesitó camiones unimoc de servicio, moto soldadoras, máquinas de soldar, equipo para arcair, amoladoras angulares de 4 ½", 7" y 9", equipos de oxicorte, compresor de aire, alimentador de alambre, entre otros. También se utilizó consumibles de soldadura según las necesidades del proceso, estos incluyen el electrodo E7018, alambres E71T1, E81N1, E110T1, 309L, electrodos de carbón, discos de corte de 4 ½", discos de desbaste de 4 ½", 7" y 9", escobilla circular de 4 ½", así como gases como oxígeno, acetileno y mezcla.

### **Planeamiento de la gestión del mantenimiento**

Finalmente, se desarrolló el nuevo programa de mantenimiento para el control, inspección y mantenimiento del Latch Keeper y Dipper. A manera de resumen las tareas establecidas se engloban en:

➤ **Evaluación inicial:** Antes de comenzar la reparación, es crucial realizar una evaluación completa del estado del Dipper. Esto implica inspeccionar visualmente el componente, identificar áreas de desgaste, corrosión u otros daños, y determinar la magnitud de la reparación requerida.

- *Planificación y gestión del mantenimiento:* Una vez evaluada la situación, se debe establecer un plan de reparación detallado. Esto incluye la programación de los recursos necesarios, como personal calificado, herramientas y equipos, así como la adquisición de los repuestos o materiales requeridos.
- *Desmontaje y extracción:* El siguiente paso es realizar el desmontaje del Dipper de la Pala P&H 4100. Se deben seguir los procedimientos y pautas del fabricante, utilizando las herramientas adecuadas. Es importante documentar el proceso de desmontaje para facilitar el reensamblaje posterior.
- *Inspección y reparación de daños:* Una vez que el Dipper ha sido desmontado, se deben inspeccionar minuciosamente todas las partes, luego identificar y reparar o reemplazar cualquier componente dañado, como pasadores, bujes, soldaduras, entre otros y por último seguir las recomendaciones del fabricante y utilizar técnicas y materiales de reparación adecuados.
- *Reemplazo de partes desgastadas:* Si se identifican partes desgastadas o dañadas que no se pueden reparar, es necesario reemplazarlas con componentes nuevos o reacondicionados. Es importante utilizar repuestos originales o de calidad, siguiendo las especificaciones del fabricante.
- *Reensamblaje y ajuste:* Una vez que todas las reparaciones y reemplazos necesarios se han completado, se procede al reensamblaje del Dipper. Se deben seguir los procedimientos del fabricante y realizar los ajustes necesarios para garantizar un funcionamiento correcto.
- *Pruebas y verificaciones:* Después del reensamblaje, se deben realizar pruebas y verificaciones exhaustivas del Dipper reparado. Esto incluye pruebas de funcionamiento, pruebas de carga y ajustes finales para asegurarse de que el componente esté en condiciones óptimas.
- *Documentación y seguimiento:* Es esencial documentar todas las etapas de la reparación, incluyendo los procedimientos realizados, las piezas reemplazadas y cualquier otro detalle relevante.

Esta información ayudará en futuras referencias y en la gestión del mantenimiento de la Pala P&H 4100, con ayuda de un personal calificado y siguiendo las recomendaciones y pautas proporcionadas por el fabricante. *Impacto económico y Movimiento de tierras*

Debido a que el fallo del Latch Keeper de la pala P&H 1400XPC tiene implicaciones significativas en términos económicos y operativos, es necesario identificarlas para mejorar la gestión, logística y evaluación de los procedimientos de mantenimiento preventivos y correctivos en la Minera Panamá.

### Tiempo de operación

En primer lugar, debido a que se requirieron reparaciones inmediatas para solucionar el problema, estas reparaciones implicaron costos adicionales así que fue necesario adquirir y reemplazar el componente defectuoso, así como llevar a cabo las tareas de mantenimiento necesarias descritas a lo largo de este trabajo.

En el contexto de la soldadura en la industria, el backlog time se refiere al tiempo adicional requerido para completar una soldadura específica debido a retrasos, problemas o dificultades encontradas durante el proceso de soldadura. Este indicador se utiliza para evaluar la eficiencia y productividad de la soldadura, así como para identificar áreas o procesos que requieren mejoras o ajustes.

Por otro lado, también se puede analizar en un enfoque o plan establecido para el cambio realizado del proceso de reparación del Latch Keeper, el cual tiene la finalidad de minimizar el impacto en la producción y maximizar la eficiencia durante el periodo de paro o interrupción.

Así también, se revisaron indicadores de rendimiento utilizado para evaluar los cambios realizados en el dipper NGL (Next Generation Latch), en el cual se determinaron por cada millón de toneladas de material extraído o procesado en la mina, la pérdida o ganancia en este componente, este indicador permite ayudar a medir la eficiencia y la calidad de la gestión de mantenimiento y mejora continua, para que durante este período de inactividad, la productividad de la mina que se verá afectada en este caso en la cantidad de toneladas de movimiento de tierras, tenga un registro y cronograma.

Otra consecuencia importante del fallo del Latch Keeper, es la pérdida de producción de mineral. La interrupción de las operaciones mineras debido a este problema conlleva una disminución en la extracción y procesamiento de los volúmenes esperados de mineral. Esto impacta directamente los ingresos generados por la mina, ya que se dejarán de aprovechar las oportunidades de venta y comercialización del mineral extraído.

Además de los costos directos y la pérdida de producción, también existen costos indirectos asociados con el fallo del latch keeper. Estos pueden incluir el aumento en los gastos de mantenimiento, la necesidad de contratar personal adicional para abordar la situación. Estos costos adicionales representan una carga adicional para la operación de la mina y pueden afectar aún más los resultados financieros y la reputación de la empresa.

Es fundamental tomar conciencia de los impactos económicos y operativos que conlleva un fallo en el Latch Keeper de una pala eléctrica en una mina como la de Cobre Panamá. La gestión eficiente de este tipo de incidentes, con medidas preventivas y un enfoque proactivo en el mantenimiento, es fundamental para minimizar los costos y los tiempos de inactividad, y garantizar una operación minera exitosa y rentable.

## DISCUSIÓN

La extracción de recursos minerales es una práctica que ha existido a lo largo de la historia de la humanidad y ha desempeñado un papel fundamental en la economía global impulsando el comercio, la industrialización y la generación de riqueza. First Quantum se centra en lograr un impacto positivo del sector minería del cobre sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS, ONU), lograr un sector económico libre en término de descarbonización reduciendo la producción de carbono a nivel mundial gracias al impacto significativo del cobre en la transición a energías más limpias y responsables.

Así también, se tiene un compromiso la mitigación del cambio climático, el uso eficiente de energía, la reducción de desperdicios y emisiones, aprovechando la innovación y tecnología. En este sentido, el compromiso de Cobre Panamá será la extracción de recursos de manera responsable y que permita la sustentabilidad del proyecto, es por ello que dentro de la gestión del mantenimiento en la minera de Cobre Panamá, se ha identificado un componente crítico ya que su correcto funcionamiento es crucial para el proceso de movimiento de tierras de la empresa minera, y su falla puede tener un

impacto negativo en la productividad y eficiencia de las operaciones relacionadas con el carguío, siendo de gran importancia en la Taxonomía de Movimiento de Tierra.

De acuerdo a Horta-Gaviria y García-Rodríguez (2022), los proyectos mineros a gran escala representan un motor de desarrollo, capaz de generar empleos, proveer ingresos fiscales y contribuir al desarrollo sostenible, sin embargo, también analiza el impacto en la pérdida de biodiversidad y contaminación del suelo, el aire y agua.

En este contexto, como Vela et al. (2021) señalan, la extracción de los recursos minerales no solo tiene un impacto en la economía global, sino también en el medio ambiente y en las comunidades locales donde se lleva a cabo, por tanto, el área de mantenimiento de una minera desempeña un papel crucial para garantizar una extracción responsable y sostenible de los recursos.

El mantenimiento adecuado de los equipos y la infraestructura minera puede contribuir a minimizar los impactos negativos en el medio ambiente, como el uso de tecnologías y prácticas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y optimicen el consumo de energía que pueden ayudar a mitigar el impacto de la operación minera.

Es importante mencionar que tanto el proceso de mantenimiento como de reparación del Latch Keeper siempre fueron prioridades empresariales en todo momento. Asimismo, como resalta Guerra y Montes de Oca (2018), es fundamental destacar la importancia de la seguridad en los procesos de mantenimiento y reemplazo del equipamiento minero utilizado en la minería a gran escala. El monitoreo constante de los equipos y la implementación de planes de mantenimiento preventivo no solo contribuyen a optimizar la productividad, sino que también juegan un papel crucial en la seguridad laboral y comunitaria.

Estas medidas ayudan a reducir el ruido, las vibraciones y el polvo generado, lo que a su vez ayuda a prevenir accidentes y garantiza la integridad y bienestar de los trabajadores y las comunidades vecinas. La seguridad se convierte así en un aspecto esencial que debe ser considerado en todas las etapas de la gestión del mantenimiento, asegurando un entorno seguro y saludable para todos los involucrados en las operaciones mineras.

Según el texto publicado por Trout (2020) sobre la gestión de mantenimiento en los procesos mineros destaca que una gestión efectiva es fundamental para garantizar la continuidad operativa, la eficiencia y la optimización de los activos mineros, ya que es posible una reducción de costos y mejora en la calidad del servicio, cuando se asignan y cumplen con las programaciones adecuadas de tiempo de actividad, vida útil, mejora de los equipos y maquinarias, capacitación del personal y el descubrimiento de tendencias de mantenimiento.

Es así como en Chile, específicamente en el estudio realizado por Muñoz (2021), se abordan iniciativas clave relacionadas al área de mantenimiento, costos operativos, incremento de seguridad laboral y cumplimiento de normativas y regulaciones sobre el medio ambiente y la calidad, trabajo en el cual una de las conclusiones resalta la importancia de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Uno de los aspectos que se pudo comprobar en la ejecución de la presente investigación es la importancia de la detección temprana de problemas y la reparación oportuna, debido a que tiempos de inactividad prolongados generan interrupciones costosas en la producción de las mineras, como comenta Aguilar Condori (2019) en su estudio, ya que decidió diseñar un plan de monitoreo basado en

la condición de una pala eléctrica P&H 4100XPC el cual le permitió evaluar el impacto económico de las paradas previstas de esta maquinaria.

En definitiva, la detección temprana de averías mediante la identificación de defectos de fallo en la soldadura y materiales de la pala PH 4100XPC es un aspecto clave en la gestión del mantenimiento, proporcionando beneficios tanto económicos como en términos de seguridad y confiabilidad operacional.

## CONCLUSIONES

En virtud de la ejecución de la operatividad de la Latch Keeper de Pala Eléctrica en La Minera Panamá, desencadenó muchas lecciones aprendidas en el proyecto y recomendaciones a futuro para otras situaciones similares a estas.

En cuanto a la gestión del mantenimiento de una pala eléctrica, incluyendo la reparación del latch keeper, requiere una cultura preventiva y proactiva en términos de seguridad y salud. Esto implica combinar el comportamiento humano responsable. De esta manera, se logra un entorno seguro que protege la integridad de los trabajadores involucrados.

Igualmente, en el proceso de reparación del latch keeper, es fundamental cumplir con los estándares establecidos por la empresa minera en cuanto a seguridad, calidad, confiabilidad y cuidado del medio ambiente. Esto garantiza que se sigan los procedimientos adecuados y se mantenga la integridad estructural del balde de la pala eléctrica.

Por otra parte, no se debe subestimar la magnitud de los costos y tiempos de inactividad asociados con componentes dañados en maquinarias de flota ultra class, como la pala eléctrica P&H 4100 XPC. Un fallo en el Latch Keeper puede resultar en gastos adicionales considerables y una disminución significativa en la productividad de las operaciones de carguío y movimiento de tierras en las mineras. Normalmente, el lucro cesante se estima en un costo de 3,9 \$/Lb, lo que representa entre \$60 000 y \$80 000 por hora.

Asimismo, es esencial tener plena conciencia de las implicaciones económicas y operativas asociadas al fallo de un Latch Keeper para evitar retrasos en los cronogramas de producción. Como profesional, es crucial adoptar un enfoque proactivo en el mantenimiento, implementando medidas preventivas y planificando actividades de mejora.

Y finalmente, la gestión del mantenimiento y la reparación del Latch Keeper de una pala eléctrica en el proceso de carguío y movimiento de tierras tienen un impacto significativo en la rentabilidad y el éxito de una mina. Es fundamental considerar este aspecto para garantizar operaciones eficientes y exitosas en el sector minero.

En cuanto a las recomendaciones se tiene que es importante implementar programas de capacitación que promuevan una cultura preventiva de seguridad y salud. Estos programas deben abarcar tanto el comportamiento humano como la preparación teórico-práctica de sistemas y métodos de trabajo.

Otro punto no menos resaltante en el estudio, es la necesidad de cumplir con los estándares de seguridad, calidad, confiabilidad y cuidado del medio ambiente establecidos por la empresa minera,

así como establecer evaluaciones mensuales, trimestrales y anuales de los seguimientos de fallas mecánicas, estructurales – eléctricas y sus mejoras de largo plazo para mitigar riesgos en el negocio es fundamental. Y para culminar se deben establecer revisiones en las estrategias de Plan Gestión de Activos para el balance correcto de riesgo, costos y desempeño valga la redundancia del activo en este caso la Pala Eléctrica 4100XPC.

## REFERENCIAS

- Aguilar Condori, E. (2019). Diseño de un plan de monitoreo basado en la condición (CBM) de una pala eléctrica P& H 4100XPC en una empresa minera del sur del Perú, 2018. (Tesis de pregrado. Universidad Continental). *Repositorio Institucional Continental*. [http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7526/3/IV\\_FIN\\_111\\_TI\\_Aguilar\\_Condori\\_2019.pdf](http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7526/3/IV_FIN_111_TI_Aguilar_Condori_2019.pdf)
- Guerra, E. y Montes de Oca, A., (2018). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 45, 14-21. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-36302019000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-36302019000100014&script=sci_arttext)
- Horta-Gaviria, C. M., y García-Rodríguez, M. M. (2022). La industria minera en Latinoamérica. *Ánfora*, 29(52), 124-156. <https://doi.org/10.30854/anf.v29.n52.2022.795>
- Muñoz, M., (2021). Metodología para la medición y análisis de la productividad en operaciones mineras: Productividad total de factores. (Tesis de Maestría. Universidad de Chile). *Repositorio institucional*. <https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/181566/Metodologia-para-la-medicion-y-analisis-de-la-productividad-en-operaciones-mineras-productividad-total-de-factores.pdf?sequence=1>
- Trout, J., (2020). Gestión de mantenimiento y procesos mineros: una visión general. *GĚRENS Consultoría*. <https://gerens.pe/blog/gestion-mantenimiento-procesos-mineros-vision-general/>
- Vela, D., León M. y Lewinsohn J., (2021). Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica. (Documentos de Proyectos No. LC/TS.2021/47). Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46876/S2100208\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46876/S2100208_es.pdf)