



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS
DE CARGUIO – PALAS HIDRÁULICAS – EN
MINERIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autores:

Llanos García, Alexander

Asesor:

MBA Ing. Mylena Karen Vílchez Torres

Cajamarca - Perú

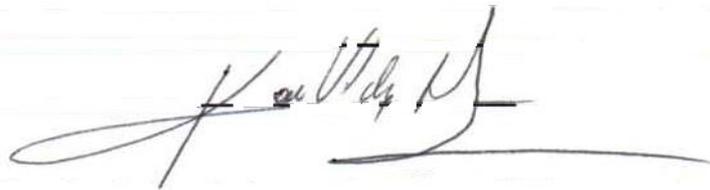
2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor MBA Ing. Mylena Karen Vílchez Torres , docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- Llanos García, Alexander

POR CUANTO, **CONSIDERA** QUE EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TITULADO: "MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE CARGUÍO – PALAS HIDRAULICAS – EN MINERIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA" PARA ASPIRAR AL GRADO DE BACHILLER POR LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, REÚNE LAS CONDICIONES ADECUADAS, POR LO CUAL, **AUTORIZA** AL(LOS) INTERESADO(S) PARA SU PRESENTACIÓN.



MBA Ing. Mylena Karen Vílchez Torres

Asesor

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) *Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza*, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Alexander Llanos García*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: "MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE CARGUÍO – PALAS HIDRÁULICAS – EN MINERIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA"

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo: Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Ing. Ricardo Fernando ortega

Mestanza

Evaluador

DEDICATORIA

El presente trabajo de
investigación se lo dedico:

A mi padre que gracias a sus
enseñanzas y consejos logro
formarme con los valores
necesarios para sostenerme en la
vida, y sé que sigue guiándome y
bendiciéndome desde el cielo.

A mi madre por brindarme todo
su amor que me impulso a seguir
adelante.

A mi hermano por su constante
apoyo para lograr este objetivo en
mi vida profesional.

Y a todas aquellas personas,
amigos y compañeros que
hicieron que este sueño se
convierta en realidad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar,
agradecer a Dios por brindarme esta
oportunidad de seguir superándome
profesionalmente y permitirme alcanzar
uno de los retos propuestos en mi vida
profesional, también agradecer a mi
madre a quien la tengo a mi lado y a mi
padre que me guía y bendice desde el
cielo, gracias a ellos por educarnos bajo
los principios de nobleza, respeto y sobre
todo que siempre me motivaron para
alcanzar mis objetivos propuestos.

Agradecer también a mi
hermano, familiares y amigos que
hicieron que esta meta se pueda lograr
gracias a su constante motivación.

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	16
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS.....	24
ANEXOS.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

La presente investigación teórica está enfocada en el mantenimiento preventivo de palas hidráulicas en minería, que en la última década ha asumido una importancia relevante en el sector minero debido al afán de las empresas en incrementar la disponibilidad de su maquinaria. El objetivo de esta investigación es determinar la influencia del mantenimiento preventivo de palas hidráulicas en el incremento de la disponibilidad de las mismas; para ello se ha recopilado información de fuentes confiables como Scielo, google académico y la biblioteca virtual de la UPN, de las cuales se procedió a seleccionar los artículos con relación directa con el tema en estudio entre los años 2013 a 2017, el vacío de conocimiento encontrado en esta investigación ha sido la falta de estudios dedicados exclusivamente al tema que hayan sido realizados en el sector minero. Luego se realizó una revisión sistemática de los artículos analizando y sintetizando lo más importante de cada uno de ellos, obteniendo como resultados que en el sector minero aún no se han realizado estudios sobre la aplicación de nuevas técnicas predictivas de fallas electromecánicas en palas hidráulicas, y no se ha hecho uso de los avances tecnológicos para poder mejorar el mantenimiento predictivo en las mismas.

PALABRAS CLAVES: mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento programado, palas hidráulicas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad con los nuevos avances tecnológicos que se vienen dando se han solucionado temas de mantenimiento programado en maquinaria de minería, logrando reducir sus tiempos o incluso evitarlos, esto gracias a la aplicación de métodos modernos y tecnologías recientemente conocidas. En los equipos de carguío en minería se han aplicado procedimientos de predicción de fallas implementando planes de mantenimiento preventivo con el uso de tecnologías predictivas de fallas. (Saavedra, 2014).

En las grandes minas, la extracción de los minerales y material se realiza con el uso de las palas hidráulicas, las cuales con pocas lamponadas pueden llenar un camión gigante o de gran tonelaje, siendo por ello que las palas hidráulicas gigantes son elementos de gran importancia ya que si estas se detuvieran por falla se paralizaría la extracción de material lo cual interrumpiría la producción afectando intereses económicos.

Como consecuencia de lo antes mencionado el mantenimiento de dichos equipos juega un papel fundamental ya que de las palas hidráulicas depende la disponibilidad y operacionalidad de muchos otras maquinarias y equipos de carguío en minería.

Referido a lo antes mencionado: Actualmente la industria debe ser competitiva, y para ello el mantenimiento de las maquinarias y equipos juega un papel primordial, ya que de ello depende el funcionamiento y disponibilidad de las maquinarias siendo el mantenimiento el causante principal de que la maquinaria se encuentre en proceso productivo y en una condición de operación optima evitando las paradas no programadas y reducción de los tiempos de mantenimiento programado y costos de producción. (Saavedra, 2014).

En la presente investigación se busca conocer todo lo relacionado con el mantenimiento predictivo en palas hidráulicas en minería y cuál es su influencia en la disponibilidad de las mismas. Para ello se analiza estudios teóricos sobre el mantenimiento preventivo de palas hidráulicas de minería y las diferentes técnicas predictivas, junto a un análisis de los modos de fallas esperables o de mayor frecuencia en estos equipos.

La tecnología para un mantenimiento predictivo incluye análisis de vibraciones, análisis de aceite, termografía infrarroja, detección de ultrasonido u otra técnica de medición de ondas de alta frecuencia y análisis de corriente” (Saavedra, 2014).

Es por ello que muchos estudios se han centrado en el mantenimiento preventivo aplicado en las palas hidráulicas. Para lograr un mantenimiento preventivo eficaz es indispensable que además de tener conocimiento acerca de las técnicas predictivas a usar es de vital importancia conocer el funcionamiento de cada uno de los elementos de las máquinas y las causas y modos de falla más frecuentes. (Saavedra, 2014)

Para lograr lo mencionado anteriormente en la actualidad se encuentra desarrollando métodos modernos que con ayuda de los avances tecnológicos se vienen dando para lograr predecir futuras fallas de la maquinaria, y de esta manera evitar la paralización de la misma a causa de fallas mecánicas y eléctricas que pueden ser prevenidas y solucionadas aplicando un mantenimiento preventivo.

Entonces podemos decir que el mantenimiento preventivo es vital para el buen funcionamiento de las palas en la minería, respecto a esto: El realizar un correcto mantenimiento preventivo en palas hidráulicas en minería aumenta la disponibilidad de la maquinaria y reduce los costos de mantención de las mismas. (Saavedra, 2014).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente investigación teórica es del tipo revisión sistemática de la literatura científica, para ello se utilizaron las técnicas y herramientas para recopilar y analizar información que son propias de una revisión sistemática; la cual es de suma relevancia en la actualidad debido a su credibilidad en la búsqueda, recolección y análisis de las investigaciones tal como se hace mención al respecto: un método sistemático permite explicar, identificar, evaluar y resumir los más importantes avances o estados de arte de un trabajo realizado por investigadores, académicos y profesionales. (Fink, 2005).

Esta revisión sistemática tiene como pregunta principal: ¿Cuál es la influencia del mantenimiento preventivo en el incremento de la disponibilidad de equipos de carguío – palas hidráulicas – en minería? Para dar respuesta a ello se ha seleccionado una serie de papers en un periodo de tiempo determinado y así realizar una investigación profunda del tema.

Las fuentes de información para la presente investigación han sido principalmente la biblioteca virtual de la UPN y el Google Académico, además de ello también se encontró revisiones sistemáticas realizadas por otros autores y bibliotecas de otras universidades a través del Google siempre usando como palabras clave de búsqueda las siguientes: palas hidráulicas gigantes, mantenimiento preventivo de palas, equipo de carguío y acarreo en minería y mantenimiento de palas gigantes (todas en español).

De esta manera se obtuvo una lista de 18 papers de los cuales se procedió a seleccionarlos teniendo en cuenta los siguientes criterios de selección; en primera instancia se descartaron 3 debido al año de publicación, tomando solo los publicados del 2011 en

adelante , luego se llevó a cabo una preselección de papers, para lo cual se procedió a dar lectura de sus respectivos resúmenes, índices, introducciones y conclusiones, en donde se encontró un total de 3 papers que trataban específicamente del mantenimiento preventivo de camiones gigantes usados para acarreo en minería, lo cual está ya aislado de nuestro tema de investigación que se centra exclusivamente en los equipos de carguío(palas hidráulicas gigantes). Quedando así una lista con 10 papers de los cuales se ha procedido a realizar una revisión sistemática y así poder analizarlos más a fondo y poder recopilar la información más importante del tema en estudio. Se eligió estos métodos de selección debido a que son los usados para una revisión sistemática y en la actualidad son de gran relevancia en el mundo al momento realizar una investigación.

Tabla 01: *Descripción y resultados de los papers seleccionados.*

PAPER	OBJETO DE ESTUDIO	MÉTODO DE ESTUDIO	RESULTADOS
MNTENIMIENTO PREDICTIVO APLICADO A MÁQUINAS VELOCIDAD Y CARGA VARIABLES MEDIANTE ANÁLISIS DE ÓRDENES	El objetivo principal es el diagnostico de fallos por medio del análisis de vibraciones, en máquinas que operan en condiciones de velocidad y carga variable	La propuesta de investigación, fue la de recopilar y analizar información actual sobre la aplicación de métodos modernos para el diagnóstico de fallas en maquinaria.	En lo que se refiere al diagnóstico de fallos, se desarrolló una metodología para seleccionar las variables y sensores más sensibles a las condiciones de funcionamiento y fallos del sistema y un algoritmo que permite realizar una diagnosis de los diferentes tipos de fallos del sistema bajo condiciones de velocidad y carga variables.
DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN ESCALA DE MADUREZ PARA LA EVALUACIÓN Y EL MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO EN LA FLOTA DE	Diseñar y aplicar una metodología para la evaluación y el mejoramiento del mantenimiento de flotas de equipos	Descriptivo, experimental y estadístico.	Se concluye que la evaluación de la gestión del mantenimiento permite un conocimiento profundo del departamento, poniendo de manifiesto falencias o carencias que

CARGUÍO DE EMPRESA MINERA	mineros.		de no someterse a un proceso de revisión exhaustivo podrían permanecer inadvertidas por la administración significando pérdidas económicas para la empresa.
MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN PALAS ELECTROMECANICAS DE LA MINERIA	Identificar si el mantenimiento predictivo es la mejor manera para aumentar la disponibilidad de la máquina de extracción de mineral y además disminuir sus costos de mantención.	Descriptivo y analítico.	Se concluye que es posible, utilizando las técnicas de análisis actualmente disponibles en los analizadores de vibraciones modernos, implementar un exitoso mantenimiento predictivo-proactivo en las palas electromecánicas de la gran minería del cobre.
PARÁMETROS QUE INFLUYEN AL LLENADO DEL CUCHARON DE PALAS ELÉCTRICAS PARA OPTIMIZAR EL CARGUÍO EN MINERÍA A TAJO ABIERTO	Determinar, los parámetros prácticos de operación que influyen en el llenado del cucharón de las palas eléctricas en minería a tajo abierto.	Exploratorio, experimental.	Los parámetros determinables que influyen el llenado del cucharón de palas eléctricas, sirvieron para optimizar el carguío y calcular la productividad de las tres palas eléctricas.
PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN MINA LA ARENA S.A. HUAMACHUCO, 2017	formular una propuesta que permita incrementar la productividad de los equipos de carguío y acarreo de mina la Arena S.A.	La metodología empleada es de investigación descriptiva, es análisis de datos estadísticas y otros obtenidos de fuentes primarias de la empresa	Se concluye que se logró formular tres propuestas para mejorar las productividades de las palas RH90c, del Cargador frontal WA-900 y de los CAT-777, para las palas hidráulicas se recomiendan cargar en 5 pases que equivale a 90.4 TM por camión y se tendría un rendimiento de 2,009 TM/H, y para el cargador frontal WA-900 se recomienda cargar en 4 pases que equivale 95.5 TM/H y se tendría un rendimiento

			de 1,950 TM/H
METRADO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR DISPONIBILIDAD MECÁNICA EN EQUIPOS AUXILIARES. MINERA CHINALCO PERÚ	Realizar el metrado de las tareas de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica en los equipos auxiliares de la Minera Chinalco Perú	La metodología empleada fue de tipo experimental y nivel cuasi experimental con grupo de control y grupo experimental	Como resultado de la investigación se encontró que el tiempo total empleado antes de la investigación fue mayor que el tiempo empleado durante la investigación; por tanto, hay una mejora de la disponibilidad mecánica en la muestra de 0.7%, solo para el periodo de garantía.
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA FLOTA DE PALAS ELÉCTRICAS TZ-WK12C EN LA UNIDAD MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. CON LA FINALIDAD DE AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD	implementar un Plan de Mantenimiento para aumentar la disponibilidad en la flota de Palas Eléctricas de cable TZ – WK12C de la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A y como consecuencia de ello aumentar el MTBF, disminuir el MTTR y los costos de mantenimientos preventivos y correctivos	Exploratorio, experimental.	la disponibilidad aumento en 8.39 % y redujeron los costos de mantenimiento preventivo y correctivo en \$ 131,395.00 al aplicar el plan de mantenimiento.
OPTIMIZACIÓN DEL STOCK DE COMPONENTES CRÍTICOS PARA REDUCIR COSTOS E INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE PALAS HIDRÁULICAS EN MINERÍA.	Optimizar el stock de componentes críticos, para reducir costos e incrementar la disponibilidad de palas hidráulicas en minería.	Descriptiva, no experimental.	Se logró generar un modelo cuantitativo que ofrece reducir costos de inversión manteniendo la disponibilidad mecánica en el mínimo del 95% de palas hidráulicas en minería.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

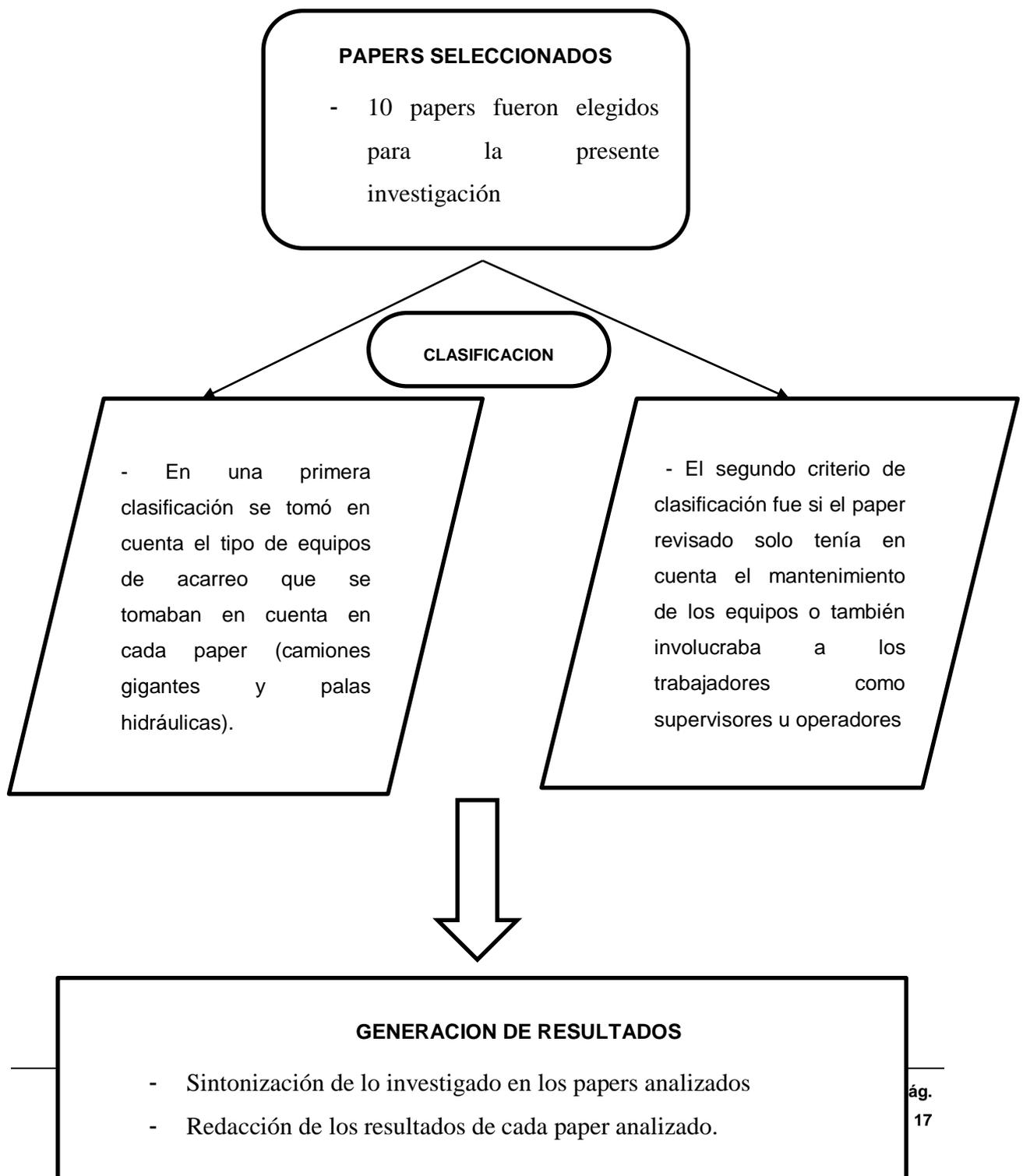
Se obtuvieron 10 revisiones sistemáticas que cumplían los criterios de selección y se enmarcaban a lo buscado, sobre todo al enfoque de la investigación y también con el periodo de búsqueda, las mencionadas revisiones que pasaron al análisis para la presente investigación han sido publicadas entre los años 2012 al 2017, esto con el fin de tener la información más actual del tema en estudio.

En las 10 revisiones elegidas se procedió a realizar una revisión sistemática de cada una de ellas y de esta manera extraer los aportes más importantes de cada una, teniendo en cuenta siempre la línea de investigación y el tema en específico de la presente investigación, para ello se tuvo como primer paso la agrupación o clasificación de cada una de las revisiones sistemáticas tomando como criterio principal el enfoque que tenían con respecto al tipo de equipos de acarreo ya sea tanto camiones gigantes y palas hidráulicas o solo palas hidráulicas en específico, otro criterio que se tuvo en cuenta fue cuales de las revisiones sistemáticas se centraban solo en el mantenimiento de los equipos de acarreo o también en el desempeño del personal de trabajo, ya sea desde los supervisores hasta los operarios de cada equipo de acarreo(camiones gigantes y palas hidráulicas).

Una vez clasificadas las revisiones sistemáticas según los criterios antes mencionados se procedió a extraer lo más importante de cada una de ellas, es decir su nuevo aporte o contribución para la mejora de la productividad de los equipos de carguío

con lo cual posteriormente se procedió a elaborar los resultados de la presente investigación.

Para detallar de una manera más clara el proceso de selección se ha elaborado el siguiente diagrama:



Fuente: Elaboración propia.

Para responder a la pregunta planteada en la presente revisión sistemática se ha tomado en cuenta los 10 papers clasificados de la manera antes mencionada en el gráfico y dando como resultados que la influencia del mantenimiento preventivo de los equipos es una de las principales causas de las pérdidas en la empresa, ya que generan la paralización no solo de la operación de los equipos sino que también generan una paralización de las labores de los trabajadores de la empresa ya sean los operarios o los supervisores del proceso.

Específicamente en el sector minería, la productividad de los equipos y operarios es fundamental para cumplir con las metas establecidas en cada plan de trabajo y en la actualidad es el sector en el que más énfasis se ha dado para la aplicación de nuevas tecnologías; las cuales han venido siendo aplicadas en varias investigaciones como las que se detallaran posteriormente y han tenido éxito al lograr una mayor productividad en un proceso determinado.

En lo relacionado con la aplicación de tecnologías para el mantenimiento preventivo de palas hidráulicas se ha dado con mayor incidencia en las investigaciones realizadas en Chile, de las cuales las más resaltantes han sido objeto de estudio de esta investigación y los resultados se presentan en los párrafos siguientes.

En la investigación titulada “Estudio de productividad del equipo de carga en una mina de mineral de hierro a cielo abierto” publicada en el año 2012 en la revista

“Conciencia Tecnológica” del Instituto tecnológico de Aguascalientes, México; se tiene como resultado de esta investigación que “La productividad por operador es muy variable debido a que existen muchos operadores para el equipo de carga. La productividad en el turno nocturno difiere significativamente con la de los turnos diurno y mixto a pesar de que se tiene una mayor utilización neta del equipo; lo cual probablemente se deba a la falta de visibilidad durante la noche.” Esta investigación se centra en que la productividad de los equipos de acarreo esta de la mano de la productividad de los operadores de los equipos y también se enfoca a que los trabajadores no pueden rendir lo mismo en diferentes turnos de trabajos (día y noche); indicando así que la productividad de los equipos de acarreo está íntimamente relacionada con la de los operarios de los mismos, sin embargo en esta investigación solo se centra en el análisis de la productividad del operador, aportando que su rendimiento es un factor fundamental para la productividad de los equipos, mas no toma en cuenta la disponibilidad de las palas hidráulicas.

En el trabajo titulado “Diseño y aplicación de una metodología basada en escala de madurez para la evaluación y el mejoramiento del mantenimiento en la flota de carguío de empresa minera” que es un estudio descriptivo - estadístico publicada en mayo del 2017 en la Universidad Técnica Federico Santa María, Chile; se dice que “La evaluación de la gestión del mantenimiento permite un conocimiento profundo del departamento, poniendo de manifiesto falencias o carencias que de no someterse a un proceso de revisión exhaustivo podrían permanecer inadvertidas por la administración significando pérdidas económicas para la empresa”. Esta investigación abarca de manera general el mantenimiento en equipos de carguío, limitándose a la gestión de mismo mas no se enfoca en la optimización o implementación del mantenimiento predictivo.

En la investigación titulada “Mantenimiento predictivo en palas electromecánicas de la minería” que fue publicada en el año 2014 en la Universidad de Concepción, Chile; se hace mención de lo siguiente “Se concluye que es posible, utilizando las técnicas de análisis actualmente disponibles en los analizadores de vibraciones modernos, implementar un exitoso mantenimiento predictivo-proactivo en las palas electromecánicas de la gran minería del cobre.” Esta investigación se centra exclusivamente en el mantenimiento preventivo de palas hidráulicas haciendo uso de los avances tecnológicos, y así detectar una posible falla en el equipo antes de que esta genere el paro del mismo y por ende reducir su disponibilidad, mostrando así un gran aporte sobre la implementación de la tecnología para la detección de fallas en palas hidráulicas de minería.

Sin embargo, en nuestro país no se ha implementado estas tecnologías y cabe mencionar que no hay muchos estudios que se centren en los equipos de carguío (palas hidráulicas), las investigaciones revisadas hacen mención sobre los equipos de acarreo (camiones gigantes), los cuales también influyen en el proceso, pero del equipo que depende la paralización del proceso o el aumento de rendimiento son las palas hidráulicas ya que son las limitantes para la disponibilidad de los demás equipos u operarios.

De esta manera los resultados más resaltantes son los antes mencionados, de los cuales podemos decir que el mantenimiento preventivo en palas hidráulicas es fundamental para aumentar la disponibilidad de los equipos de carguío ya que de ellas depende el llenado de los camiones gigantes y los tiempos de carguío son los que tienen la mayor importancia si se realizara una ruta crítica para analizar la productividad de los equipos de carguío. Por ello, es de vital importancia que las palas hidráulicas estén en constante funcionamiento y total operacionalidad ya que de ellas depende que todos los camiones gigantes estén en constante circulación y cumplimiento del acarreo de material.

Además, es notorio que en los últimos años las investigaciones han sido enfocadas ya de manera más puntual en el mantenimiento preventivo de las palas hidráulicas, en específico en lo relacionado con la minería, esto debido a que este sector de producción es muy rentable no solo en nuestro país sino también en el extranjero. Por ello la mayoría de investigaciones acerca del tema en investigación se vienen dando en la última década ya que anteriormente se enfocó más en la producción del personal operario o de supervisión de procesos, sin embargo las mayores pérdidas en el proceso de carguío y acarreo de materiales en minería son debida a la paralización de las palas hidráulicas, ya que de ellas depende que los demás equipos puedan seguir sus tareas y que los operadores de mencionados equipos estén en constante producción.

Otro punto de importancia que en los últimos años facilita el mantenimiento preventivo de estos equipos es que gracias a los avances tecnológicos y las nuevas técnicas de análisis de los equipos en uso como lo son los analizadores de vibraciones modernas que sirven para detectar una posible futura falla en el equipo analizado y así se ha facilitado la realización del mantenimiento preventivo de los distintos equipos que son utilizados en el proceso de carguío y acarreo de materiales tanto en el sector de minería como en otros en los que se realiza el mismo proceso.

Para la presente investigación se ha tomado de preferencia el tipo de estudios de revisiones sistemáticas, esto debido a que son las más resaltantes y usadas en la actualidad debido a su estructuración y la forma en que presenta, detalla y finaliza sus conclusiones o aportes, ya que lo hace de una manera práctica y facilita la asimilación del conocimiento.

Los estudios revisados acerca del tema son recientes y el mayor porcentaje de investigaciones son en los últimos cinco años, en los años anteriores se tiene trabajos de

investigación relacionados con el tema, pero no se centran específicamente en la disponibilidad de los equipos sino del personal que lo opera o lo supervisa.

Los tipos de estudios que se han realizado en esta línea de investigación son en su gran mayoría del tipo descriptivos y analíticos, sin embargo, también hay investigaciones experimentales – estadísticos; los cuales dan como principal conclusión que la productividad de las empresas se ve afectada debido a la disminución de disponibilidad del equipo por fallas mecánicas o eléctricas que son fáciles de prevenir o de prever.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el mundo se han realizado pocos estudios que se centren exclusivamente en el mantenimiento preventivo de palas hidráulicas, sin embargo, en los artículos revisados se hace mención que en países desarrollados ya se aplican técnicas avanzadas con ayuda de equipos especializados para la detección de posibles fallas en la maquinaria.

En mencionados artículos se dice que la aplicación de la tecnología para la predicción de fallas logra disminuir la paralización de la maquinaria usada en minería, sin embargo no ha sido usado en palas hidráulicas; pero teóricamente se puede decir que la tendencia debería ser la misma; lo cual se reitera en esta investigación, ya que en nuestro país, exclusivamente en el sector minero ha tenido muy buenos resultados el mantenimiento preventivo en camiones gigantes; reduciendo los tiempos en mantenimiento de los mismos e incrementando su productividad.

Finalmente podemos aseverar que la aplicación del mantenimiento preventivo en palas hidráulicas en minería teóricamente mejora la predicción de fallas de la maquinaria, sin embargo, también genera un incremento en el costo de mantenimiento del equipo ya

que es necesario o casi indispensable el uso de nuevas tecnologías las cuales en nuestro país no son desarrolladas y por ende se tiene que recurrir a países avanzados para su obtención.

En la parte practica el mantenimiento preventivo no solo reduce el margen de falla de la maquinaria sino que también incrementa la capacidad de disponibilidad de la misma tal como indica los artículos analizados; a pesar de que no fueron exclusivamente hechos en palas hidráulicas se menciona que genera un gran incremento de la disponibilidad y productividad de la maquinaria siendo esto lo que afianzaría el uso de nuevas metodologías para el mantenimiento predictivo con el uso de nuevas tecnologías que ayuden a predecir fallas mecánicas y así evitar la paralización de los equipos durante la realización de un trabajo o proceso.

Conclusiones

Se concluye que el mantenimiento predictivo en palas hidráulicas puede ser optimizado con la aplicación de los avances tecnológicos actuales y así poder contribuir al incremento de la disponibilidad del equipo de carguío y acarreo de material en minería.

El uso de los avances tecnológicos facilita el mantenimiento predictivo debido a que nos proporciona equipos capaces de realizar pruebas que anteriormente por las limitaciones tecnológicas de los tiempos eran imposibles.

El mantenimiento preventivo de las palas hidráulicas no solo evitaría su paralización, sino también la de otras maquinarias como los camiones gigantes que dependen de la disponibilidad de ellas como los camiones gigantes

REFERENCIAS

- Saavedra, P. (2014). *Mantenimiento predictivo en palas electromecánicas de la minería*. Chile: Universidad de Concepción.
- Martínez, B. (2010). *Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la mina Isidora – Valle norte pertenecientes a la empresa minera venrus C.A., El Callao – Estado Bolívar*. Venezuela: Universidad de Oriente.
- Fink, A. (2005). *Conducting research literatura reviews*. USA: University of California at Los Angeles.

ANEXOS

