



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD MECANICA DE LOS EQUIPOS EN LA
PLANTA DE CHANCADO DE UNA EMPRESA MINERA DE
CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Paul Alberto Quiroz Aliaga
Robins Gulibert Revilla Cotrina

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

También es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento a los mismos ya que me apoyaron económicamente para lograr mis metas planteadas.

Robins Revilla.

Este presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseado en mi vida, y muy principalmente a mis padres ya que me ayudaron en todo momento tanto físicamente como anímicamente.

Wilfredo Quiroz.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseamos expresar nuestra gratitud, que principalmente está dirigida a Dios por habernos dado la existencia, darnos las fuerzas necesarias en los momentos más difíciles y por habernos permitido llegar a este punto tan importante de nuestra carrera.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por sus conocimientos y consejos brindados, especialmente al Ing. Marinovic Pulido, Alex Por el apoyo constante al desarrollo de la Investigación.

Los autores.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	21
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de valores de la consecuencia.....	20
Tabla 2. Cálculo de disponibilidad de Proceso de Chancado.....	22
Tabla 3. Consecuencias – Calidad.....	23
Tabla 4. Consecuencias – Seguridad.....	23
Tabla 5. Consecuencias – Medio Ambiente.....	24
Tabla 6. Consecuencias – Producción.....	24
Tabla 7. Consecuencias – Costos.....	25
Tabla 8. Tabla de jerarquización de los equipos de la planta de Chancado.....	25
Tabla 9. Mantenimiento preventivo zaranda GRIZZLY SG1231.....	27
Tabla 10. Mantenimiento preventivo zaranda LF3070D.....	27
Tabla 11. Plan de mantenimiento preventivo chancadora SANDVIK CS430.....	28
Tabla 12. Plan de mantenimiento preventivo chancadora SANDVIK CH440.....	29
Tabla 13. Mantenimiento preventivo cintas transportadoras.....	30
Tabla 14. Cumplimiento de mantenimiento preventivo – Marzo a diciembre 2020.....	31
Tabla 15. Ingreso de la propuesta de mejora.....	33
Tabla 16. Resultado Económico.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tiempo promedio entre fallas MTBF.....	21
Figura 2. Tiempo promedio de reparación MTTR.....	21
Figura 3. Distribución por tipo de mantenimientos solicitados	31
Figura 4. Disponibilidades antes y después del mantenimiento preventivo.....	32

RESUMEN

La investigación realizada tiene como título, mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021. La cual su objetivo principal fue. Proponer un plan de preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera. Según su propósito la investigación es aplicada de enfoque cuantitativo, no experimental. El problema con mayor impacto fue la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado por que se implementó planes de mantenimiento y sus respectivos controles logrando una disponibilidad promedio en el periodo enero - octubre 2020 de un 97.81% con un aumento del 13.54% con respecto a la disponibilidad inicial que fue de 84.72%.

Mediante la evaluación para la jerarquización de los equipos de la planta de chancado se determinó que hay 16 equipos críticos por lo que se requiere mantenimiento preventivo como son las cintas transportadoras, zarandas y chancadoras, 05 equipos semicríticos los que requieren mantenimiento preventivo / correctivo y 01 equipo de baja criticidad.

Para la viabilidad económica los resultados que genera propuesta de mantenimiento son de S/516,830.98 soles anualmente y S/43,069.24 soles mensualmente por lo que se concluye que económicamente la propuesta de plan de mantenimiento preventivo si es viable.

Palabras clave: mantenimiento preventivo, disponibilidad mecánica, planta de chancado.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Todas las empresas mineras buscan incrementar su productividad, también, todos desean reducir al mínimo las fallas, averías o detención de sus equipos o maquinarias en el proceso productivo; aquí surge la necesidad de prevenir estos casos a través de una buena gestión en mantenimiento.

En nuestro país, los sistemas de mantenimiento, ha ido evolucionando en la medida que la tecnología ha ido tomando posicionamiento en las empresas mineras, desde mantenimiento correctivo, mantenimiento planificado y el que se considera el más completo el mantenimiento productivo total. Sin embargo, cada empresa define sus políticas o procedimientos de mantenimiento para el control, ejecución y planeamiento. A pesar de ello, el Perú está por debajo de algunos países en Sudamérica como Brasil y Chile que han desarrollado políticas de mantenimiento que ha permitido alcanzar mejores niveles de productividad específicamente en el chancado que es una de las actividades más costosas.

Waldo (2017), en su tesis: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyección de la empresa Industrias Plásticas Reunidas S.A.C, menciona: que “El mantenimiento de tipo preventivo nació de la necesidad del sector industrial de determinar qué tipos de acciones previas se deben realizar para garantizar el buen funcionamiento de una máquina y los sistemas que la integran, como es requerido en toda industria moderna y productiva. Al inicio de la revolución industrial primó el concepto de mantenimiento correctivo, que

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

consiste en aplicar soluciones rápidas a las fallas que se presentan, sin hacer un análisis de las causas del problema para prevenir su ocurrencia. Quien concluyo: Uno de los principales beneficios de diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo es minimizar los tiempos de parada o tiempos muertos, en los cuales una maquina deja de funcionar, y que afectan el proceso productivo y causan pérdidas económicas a la empresa. Al analizar los problemas de una maquina el diseñador del programa puede integrar todos los tipos de mantenimiento. Donde lo ideal es disponer de registros históricos y estadísticas sobre la máquina que permitan identificar el problema y su posible solución.”. (p.12).

García (2016), en su tesis: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A, Quien concluyo: Lo que se busca con la implementación del mantenimiento preventivo es incrementar al máximo la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria y equipos, permitiendo que estos se encuentren en un buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, cumpliendo más eficiente el propósito para el cual han sido diseñado. Con el estudio se pretende realizar un programa de mantenimiento preventivo de los equipos del proceso productivo, empezando por establecer la criticidad de los equipos principales de la operación de la empresa, seguido del levantamiento de la información de especificaciones técnicas, recurrencias de mantenimiento preventivo, recomendaciones técnicas, establecidas por cada fabricante, para así poder conocer las frecuencias y mecanismos de mantenimiento y las características de los equipos críticos seleccionados; todo esto complementado con la información proporcionada

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

por el personal de la empresa y/o externo a ella (outsourcing, técnicos de soporte), obteniendo así un mejor control y preservación de los equipos. (p.13).

Valdivieso Torres, Juan (2010) Ecuador, en su tesis “Diseño de un Plan de mantenimiento Preventivo para la Empresa Extruplas S.A” Sustento la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para una sección específica de la empresa Extruplas S.A, este análisis fue realizado en las líneas de inyección, expandido, calandrado y extrusión de espuma; donde después de realizado el análisis se determinó que la línea de expandido es la de mayor importancia para la producción, por lo cual se determina implementar el programa de mantenimiento en esta línea. También determino que en la empresa Extruplas S.A el 90% de este era mantenimiento correctivo y por su operatividad a doble jornada los 360 días del año necesita que los equipos tengan una alta disponibilidad. Concluyendo así que el mantenimiento incide, por lo tanto, en la calidad y cantidad de la producción.

Según Michael y Yoenia. (2016), en su tesis: Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento, menciona que: “como en el resto de los países de Latinoamérica se han encontrado problemas con la gestión de mantenimiento. Según estadísticas y el trabajo del CEIM (Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento) las empresas que implantan estos sistemas (por concepto de la organización y el control) incrementan la disponibilidad de las máquinas en más de un 30% y reducen los gastos en alrededor de un 20%. En una Auditoría integral de mantenimiento en 4 instalaciones hospitalarias se planteó qué se están haciendo las cosas correctamente a un nivel promedio de un 26,57%. Esta tesis concluye: Se evidencia la necesidad de establecer una metodología que auxilie a las empresas en la implementación de un programa de gestión de mantenimiento asistido por

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

computadora. Es una solución práctica y de fácil implementación, para aquellas industrias que pertenezcan fundamentalmente a la rama biotecnológica. Pretende dar solución a la deficiencia en la planificación, control y evaluación de la Gestión de Mantenimiento; así como demostrar que con la utilización de un sistema automatizado se logra mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento.

Torres (2017), en su trabajo de tesis denominado, “Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de la Chancadora 60 x 113 de la Minera Chinalco”, nos muestra que durante el periodo de la fecha de julio de 2015 a junio del 2016 hubo un descenso de disponibilidad mecánica de 88.91%, ya que en periodo se observó que la disponibilidad de la chancadora primaria no ha superado lo requerido por la minería que es de 90%, lo cual es perjudicial para la compañía generando pérdidas económicas. Aplicando ya el método hubo una serie de análisis comenzado por el AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla) posteriormente el Análisis de Criticidad que es fundamental para la clasificación de componentes, para evaluar el porcentaje de criticidad que presenta. En el periodo de julio de 2016 a junio de 2017 hubo un impacto significativo de los resultados obtenidos, consiguiendo un aumento de 3.17% en la disponibilidad mecánica.

Plan de Mantenimiento. Según García (2003) en su libro define: “El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión”. (p.37)

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Mantenimiento Preventivo. Según Escudero (2016) menciona: Es el conjunto de actividades planificadas que se ejecuta en todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua. (p.40)

Según Concepción (2016) menciona: En la actualidad, el desarrollo del mantenimiento va enfocado, entre otras directivas, a optimizar costos, aumentar la disponibilidad y confiabilidad operacional, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos. (p.137).

Importancia del mantenimiento preventivo: (John Moubray, 2004); considera que el mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento de equipos, con lo que se evitan reparaciones de emergencia. Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%.

Elementos del mantenimiento preventivo: (John Moubray, 2004); comenta que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas. Se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado; así, es una medida del éxito para una operación libre de fallas.

$$R(t) = \exp(-t/MTBF) = \text{EXP}(-It)$$

Donde I es la constante de falla y MTBF es el Tiempo Medio Entre Fallas.

El MTBF mide el tiempo entre las fallas del sistema y es más fácil de entender que un número de probabilidad. Para los modos de falla distribuidos exponencialmente, el MTBF es un índice básico de confiabilidad.

Para un tiempo de corrida dado con el fin de lograr una alta confiabilidad, se requiere un gran MTBF. Además, la confiabilidad puede ser el producto de diferentes componentes de confiabilidad tales como.

$$R = R_{\text{servicio}} * R_{\text{alimentación de la planta}} * R_{\text{procesamiento}} * R_{\text{empaquete}} * R_{\text{renvío}}$$

Para el usuario de un producto, la confiabilidad es medida como una larga operación sin fallas.

Tiempo medio de reparación (MTTR): según Márquez, 2008; considera que Mid Time To Repair: Es el tiempo medio de reparación. Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen, considerando el tiempo medio hasta su solución.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de la reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

Disponibilidad: Según Escudero (2016) menciona: la disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para la cual fue destinada. Es la probabilidad que un activo realice la función asignada cuando se requiere de ella. La disponibilidad depende de cuán frecuente se producen los fallos en determinado tiempo y condiciones y de cuánto tiempo se requiere para corregir el fallo. De modo que la mantenibilidad queda definida como la probabilidad de que un

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

activo (o conjunto de activos) en fallo, sea restaurado a su estado operativo, dentro de un tiempo determinado, cuando la acción de corrección se efectúa acorde a los procedimientos establecidos por la empresa. (p.32).

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Donde:

A: Disponibilidad

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio de reparación.

Falla de equipos: según (John Moubray, 2004), En los equipos de cada falla que se puede presentar en una planta de proceso, representa un riesgo potencial, por lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, podremos diseñar mejores acciones correctivas o preventivas. En este caso, las acciones son tareas de mantenimiento. Estas acciones, son derivadas del proceso de análisis de modos de falla, de modo que a cada modo de falla le corresponde una tarea. Podemos definir entonces un modo de falla, como “la forma” en que un equipo o activo falla.

Análisis de criticidad de los equipos: (Mendoza, 2005); considera que el análisis de la criticidad de los equipos de una empresa nos sirve para poder jerarquizar, por importancia, los elementos (sistemas) sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además, ayuda a identificar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el mantenimiento preventivo en el incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la disponibilidad mecánica actual de los equipos en la planta de chancado de la empresa minera.
- Elaborar la Jerarquización de equipos con la finalidad de analizar cuáles son los equipos críticos de todo el proceso de chancado.
- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado.
- Evaluar la disponibilidad mecánica de los equipos después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.
- Determinar el beneficio económico de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar disponibilidad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Mediante el análisis de MTBF Y MTTR se determinará de disponibilidad actual de los equipos de la planta de chancado de empresa minera.
- Mediante la matriz de jerarquización de los equipos se determinará los equipos críticos en el proceso de chancado
- Se incrementará la disponibilidad de los equipos de la planta de chancado mediante la implementación de planes de mantenimiento.
- Mediante la evaluación económica se determinará si la propuesta de plan de mantenimiento si es viable.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el propósito: Es Aplicada, porque está enfocada a un ámbito específico y aborda a resolver problemas.

Según el enfoque: Es Cuantitativo, porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición.

Según el grado de manipulación de las variables: No experimental, porque no se pretende manipular ninguna de las varias variables, asimismo no se realizó experimentos en el desarrollo de la investigación.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población: La población para el presente estudio es el conjunto de equipos de la empresa minera de Cajamarca 2021.

Muestra: La muestra para el presente estudio es el conjunto de equipos de la planta de chancado como (Chancadora Sandvik CH-440, Chancadora Cónica Sandvik CS-430, Chancadora Telsmith SBS-44, Cintas transportadoras, Apron Feeder, Electroimán Eriez, Zarandas LF-3070 y Zarandas Grizzly).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La observación: la observación directa como técnica para la recolección de datos, esta consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto.

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Análisis documental: Se obtiene datos de fuente primaria, El instrumento que se acostumbra utilizar es la ficha de registro de datos.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para el desarrollo de la presente investigación son.

Manual del equipo.

Fichas de registro

Análisis de datos

Los datos que se analizaron son. Control de horas por reparación o falla, disponibilidad mecánica de los equipos los cuales fueron analizados con el Microsoft Excel mediante tablas y gráficos.

2.4. Procedimiento

El procedimiento para el desarrollo de la presente investigación se realizó mediante 3 etapas: las cuales se describen de la siguiente manera. etapa de pre campo, etapa de campo y etapa de post campo.

2.4.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realiza la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados con referencia al tema en estudio el cual se da en diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales de las distintas universidades, lo cual nos permita tener referencia con respecto al tema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera.

2.4.2. Etapa de Campo

En esta etapa de campo se logrará recolectar información con respecto:

Manuales de mantenimiento de los equipos en estudio

Recolección de información de tiempos de fallas y tiempos de reparación de los equipos de la planta chancadora los cuales servirán calcular la disponibilidad inicial o actual.

Para calcular el porcentaje de disponibilidad utilizaremos la siguiente formula.

% disponibilidad del equipo

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde.

MTBF: tiempo promedio que es capaz de operar un o equipo, instalación dispositiva a una capacidad requerida sin interrupciones dentro de un periodo de tiempo.

MTTR: Es el tiempo promedio en el que un equipo, puede ser reparado, desde que el equipo falló, hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio.

De acuerdo al porcentaje de disponibilidad de los equipos se elaboró el plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la planta de chancado. Para en mantenimiento preventivo se implementaron formatos para cada uno de los equipos donde indica la frecuencia de mantenimiento el cual trabaja acompañado de un formato check list.

De igual forma se realizó la jerarquización de los equipos que conforman la planta de chancado en el cual se detallan los criterios de la evaluación y la

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

consecuencia de falla de los equipos de la planta de chancado para el cual nos guiamos de la siguiente tabla.

Tabla. 1.

Resumen de valores de la consecuencia

VALOR	CONSECUENCIA
1	A
2	A
3	B
4	B
5	C
6	C
7	D
8	D
9	E
10	E

2.4.3. Etapa de pos campo

En esta etapa se procesaron y tabularon de forma digital los datos obtenidos en campo con ayuda del programa programas Microsoft Word y Microsoft Excel, así mismo se elaboraron cuadros y gráficos de los resultados obtenidos, en el cual se puede identificar de forma más detallada el incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de la empresa minera.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Disponibilidad mecánica actual de la planta de chancado.

Para determinar la disponibilidad mecánica actual se realizó el promedio de tiempos entre falla (MTBF) y lo tiempos promedio de reparación (MTTR) del proceso de chancado como se detalla a continuación.

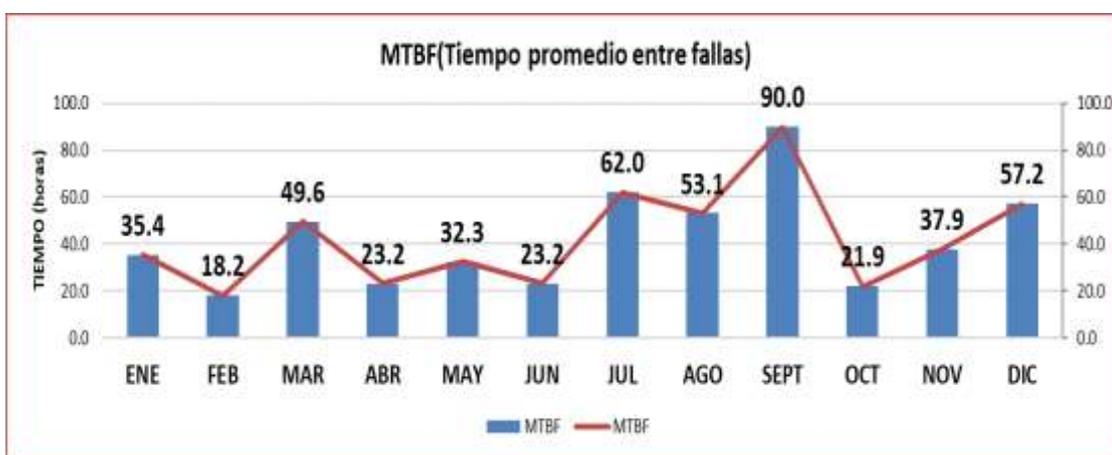


Figura 1. Tiempo promedio entre fallas MTBF

En la figura 1 se puede evidenciar que la tendencia en tiempo promedio de fallas tiende a incrementarse mes a mes debido a la falta de una gestión de mantenimiento preventivo.

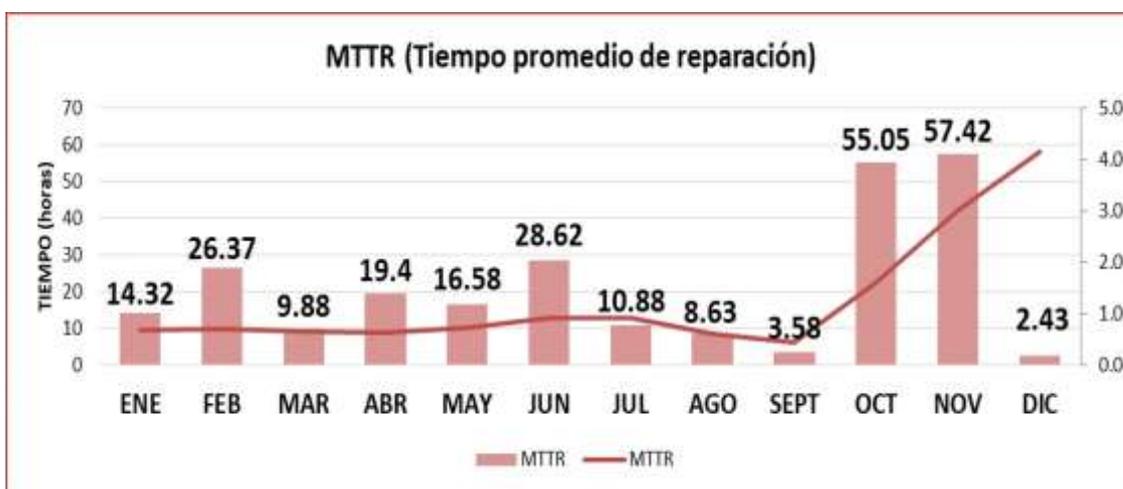


Figura 2. Tiempo promedio de reparación MTTR

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

En la figura 2 se puede se puede visualizar que los tiempos de reparación han ido aumentando en el tiempo, esto es debido a las faltas de control, fallas recurrentes y desconocimiento de la mantención.

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los datos para determinar la disponibilidad mecánica de la planta de chancado.

Tabla 2.

Cálculo de disponibilidad de Proceso de Chancado

KPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
TC	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
TPPMEC	111.12	71.65	102.28	106.33	112.25	99.13	121.03	76.27	39.87	60.3	31.68	148.17
TPNP	2.1	26.37	9.88	19.4	16.58	28.03	12.08	8.63	3.58	55.05	57.42	2.43
TPO	94.93	88.47	76.45	101.9	96.21	111.23	139.38	101.37	51.42	191.15	221.05	139.77
TOP(SCD)APRON	497.29	429.3	491.87	430.6	454.92	392.1	344.94	349.37	212.92	223.34	290.23	354.39
PRY-ARRANQUE								91	130.67	87.4	55.25	3.63
TOP(SCD)CHA	561.5	491	530	498	534	447.6	448	400	238			
DISP.MEC	84.78%	86.12%	85%	82.54%	82.68%	82.34%	82.11%	88.59%	85.32%	84.50%	87.63%	79.76%

De tabla 1, la disponibilidad promedio actual de la planta de chancado es de 84.27%, el cual ha generado altos costos por las paradas no programadas las cuales van incrementando mensualmente ya que no se cuenta con un mantenimiento preventivo planificado.

3.2. Jerarquización de equipos los equipos críticos de todo el proceso de chancado.

A continuación, se detallan los criterios de la evaluación de la consecuencia de falla que se realiza para elaborar la matriz de criticidad para la planta de chancado.

Tabla 3.

Consecuencias – Calidad

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	DETALLE	CONSECUENCIA
CALIDAD	Fuera de especificación, producción a perdida más de dos días de paro	10	Falla catastrófica imprevista sin aviso -Alto impacto	E
	La producción debe ser procesada	9		
	Fuera de especificación aleatoria. Planta inestable	8	Falla catastrófica - contenida - medio/alto impacto	D
	Se produce un 10% fuera de especificación	7		
	Existen períodos fuera de especificación 5% controlados.	6	Falla/rotura parcial mediano impacto	C
	Existen cortos periodo de fuera de especificación (menor a 1% de la producción).	5		
	En él límite de la especificación con desviaciones esporádicas controladas	4	Falla/rotura impacto leve a mediano	B
	En el límite de la especificación	3		
	Dentro de la especificación	2	Falla leve - restringida a componente sin impacto	A
Supera calidad exigida	1			

Tabla 4.

Consecuencias – Seguridad

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	DETALLE	CONSECUENCIA
CALIDAD	La falla del equipo produce muerte	10	Falla catastrófica imprevista sin aviso -Alto impacto	E
	La falla del equipo lesiones graves (pérdida capacidades)	9		
	Accidente grave, con pérdidas de días. Pérdida leve de capacidad. Más de 45 días. Lesiones graves con pérdidas de días 30 a 45. No pierde capacidades.	8	Falla catastrófica - contenida - medio/alto impacto	D
	Lesiones medianas con pérdidas de días entre 7 a 30 días.	6		
	Lesiones leves a medianas con pérdida de días.	5	Falla/rotura parcial mediano impacto	C
	Lecciones leves sin pérdidas días	4	Falla/rotura impacto leve a mediano	B
	Se registran incidentes sin consecuencias	3		
	Sin consecuencias	2	Falla leve - restringida a componente sin impacto	A
	Sin consecuencias	1		

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 5.

Consecuencias – Medio Ambiente

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	DETALLE	CONSECUENCIA
CALIDAD	No cumple con la legislación. Contaminación abarca toda el área de operación.	10	Falla catastrófica imprevista sin aviso	E
	Más de la mitad del área de operación se ha contaminado.	9	-Alto impacto	
	Áreas contaminadas. Emisiones a la atmósfera sobrepasando límite	8	Falla catastrófica - contenida	D
	Áreas contaminadas. Emisiones a la atmósfera sobrepasando límite	7	- medio/alto impacto	
	Contaminación confinada. Mediano costo remediación (50% margen)	6	Falla/rotura parcial mediano impacto	C
	Contaminación confinada. Mediano costo remediación (25% margen)	5		
	Pérdidas emisiones sin contaminación, confinadas. Costo medio neutralización (10 %)	4	Falla/rotura impacto leve a mediano	B
	Pérdidas emisiones sin contaminación, confinadas. Costo bajo neutralización (5%)	3		
	Incidente sin impacto.	2	Falla leve - restringida a componente sin impacto	A
	No hay contaminación. Emisiones debajo de lo permitido.	1		

Tabla 6.

Consecuencias – Producción

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	DETALLE	CONSECUENCIA
CALIDAD	Se pierde la producción. Equipo sin stand by. Más de dos días de paro.	10	Falla catastrófica imprevista sin aviso	E
	Interrupción prolongada de la producción. 1 a 2 días paro de planta.	9	-Alto impacto	
	Grado de protección mediano	8	Falla catastrófica - contenida	D
		7	- medio/alto impacto	
	Grado de protección mediano		Falla/rotura parcial mediano impacto	C
	Paro de plata entre 12 y 24 horas.	6		
	Paro de planta entre 4 y 12 horas.	5	Falla/rotura impacto leve a mediano	B
	Paro de planta entre 1 a 4 horas.	4		
	Paro de planta entre 30 minutos a 1 hora.	3	Falla leve - restringida a componente sin impacto	A
	Para parcial de planta. Se baja carga de 80% a 60%.	2		
Para parcial de planta. Se baja carga a 80 %.	1			

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 7.

Consecuencias – Costos

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	DETALLE	CONSECUENCIA
CALIDAD	Los costos de la reparación superan el 50% del equipo. Alto lucro cesante / multas	10	Falla catastrófica imprevista sin aviso -Alto impacto	E
	Los costos de la reparación superan el 25% del equipo. Alto lucro cesante (1 a 2 días)	9		
	El costo de reparación esta entre 25% y 10 % del costo del equipo. Lucro 24 y 8 horas	8	Falla catastrófica - contenida - medio/alto impacto	D
	El costo de reparación esta entre 10 % del costo del equipo. Lucro 12 y 4 horas	7		
	El costo de reparación esta entre 10 % del costo del equipo. Lucro cesante 12 y 4 horas	6		
	El costo de reparación esta entre 5 % 10 del costo del equipo. Lucro cesante 30 minuto	5	Falla/rotura parcial mediano impacto	C
	Costo reparación menor a 5% del equipo	4		
	Costo mínimo en horas hombre para ajustes o reparaciones	3	Falla/rotura impacto leve a mediano	B
	Costo mínimo en horas hombre	2	Falla leve - restringida a componente sin impacto	A
	No hay costo asociado.	1		

Asimismo, se elaboró la matriz de la jerarquización por criticidad de los equipos de la planta de chancado.

Tabla 8.

Tabla de jerarquización de los equipos de la planta de Chancado.

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

CRITICIDAD DE EQUIPOS - PLANTA NUEVA DE CHANCADO 2020

IT	Descripción del equipo	Marca	CONSECUENCIA					OCURENCIA		Críticidad
			Calidad	Seguridad	Medio Ambiente	Producción	Costos	Consecuencia	Categoría ocurrencia	
1	Tolvas de gruesos		5	7	2	6	4	D	4	A - ALTA
2	Apron feeder	SANDVIK	2	9	2	7	5	E	4	A - ALTA
3	Transportador de banda	SANDVIK	2	5	2	7	5	D	4	A - ALTA
4	Cinta transportadora 01	SANDVIK	2	5	2	7	5	D	4	A - ALTA
5	Cinta transportadora 02	SANDVIK	2	5	2	7	5	D	4	A - ALTA
6	Cinta transportadora 03	SANDVIK	2	6	2	7	5	D	4	A - ALTA
7	Cinta transportadora 04	SANDVIK	2	6	2	7	5	D	4	A - ALTA
8	Cinta transportadora 05	SANDVIK	2	5	2	7	5	D	4	A - ALTA
9	Cinta transportadora 06	SANDVIK	2	2	2	7	4	D	4	A - ALTA
10	Cinta transportadora 07	SANDVIK	5	5	2	8	5	D	4	A - ALTA
11	Cinta transportadora 08	SANDVIK	5	6	2	7	5	D	4	A - ALTA
12	Cinta transportadora 09	SANDVIK	2	7	2	2	5	D	4	A - ALTA
13	Cinta transportadora 10	SANDVIK	5	5	2	8	4	D	4	A - ALTA
14	Zaranda grizzly sg1231	SANDVIK	5	8	3	7	5	D	4	A - ALTA
15	Zaranda lf3070d	SANDVIK	5	7	2	8	5	D	4	A - ALTA
16	Chan sandvik cs430	SANDVIK	5	8	2	7	4	D	4	A - ALTA
17	Beel feder 01	SANDVIK	2	5	2	4	4	C	4	B - MEDIA
18	Beel feder 02	SANDVIK	2	5	2	4	4	C	4	B - MEDIA
19	Chancadora sandvi440	SANDVIK CH	5	3	3	4	4	C	3	B - MEDIA
20	Chancadora telsmith 44	TELSMITH	5	3	3	4	4	C	4	B - MEDIA
21	Sist. hidráulico chan.	TELSMITH	5	3	3	4	5	C	4	B - MEDIA
22	Electroimán est. eriez06	ERIEZ	2	5	2	1	4	C	1	C - BAJA

3.3. Plan de mantenimiento de los equipos en la planta de chancado.

Se elaboraron los planes de mantenimiento preventivo para lograr incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la planta de chancado además de Check list inspección para la operación (ver anexo 1,2,3).

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 9.

Mantenimiento preventivo zaranda GRIZZLY SG1231

ZARANDA GRIZZLY SG1231		
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMANAL DE ZARANDA GRIZZLY SG 1231	FRECUENCIAS
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL ZARANDA GRIZZLY SG 1231	28 DIAS
	VERIFICAR ALTURA DE RESORTE INFERIOR (04) - 270mm	X
	VERIFICAR ALTURA DE RESORTE SUPERIOR (06) - 290mm	X
	VERIFICAR EL RESPIRADOR DEL MECANISMO	X
	REALIZAR ENGRASE DEL MECANISMO	X
	ENGRASE LA SUPERFICIE ENTRE EL EJE Y LOS COJINETES.	X
	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	X
	VERIFICAR EL SELLADO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CAUCHO PARA EVITAR ACUMULAMIENTO DE POLVO.	X
	REALIZAR REAJUSTE DE TODA LA PERNERIA EN GENERAL	X
	REALIZAR TENSION Y VERIFICAR ESTADO DE LAS CORREAS DE TRANSMISION	X
	VERIFICAR ESTADO DE ALOJAMIENTOS Y RETENES (LUZ DE RODAMIENTO)	X
	REAJUSTE DE LOS CONTRAPESOS	X
	VERIFICAR ESTADO DEL MECANISMO	X
	VERIFICAR EL ESTADO DE LAS RAMPAS DE ALIMENTACION Y DESCARGA	X
	VERIFICAR ALINEAMIENTO Y AJUSTE DE BASE DE MOTOR (no exceder 5mm radial y 10 mm axial)	X
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		4

Tabla 10.

Mantenimiento preventivo zaranda LF3070D

ZARANDA LF3070D		
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL ZARANDA SECUNDARIA	FRE (28 DIAS)
	VERIFICAR EL RESPIRADOR DEL MECANISMO	X
	REALIZAR ENGRASE DEL MECANISMO	X
	ENGRASE LA SUPERFICIE ENTRE EL EJE Y LOS COJINETES	X
	VERIFICAR VALORES DE LA CARRERA TANTO EN LA ALIMENTACION COMO EN LA DESCARGA	X
	REAJUSTE DE PERNOS DEL BASTIDOR	X
	MEDIDA DE ALTURA DE RESORTE	X
	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	X
	VERIFICAR EL SELLADO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CAUCHO PARA EVITAR ACUMULAMIENTO DE POLVO	X
	REAJUSTE DE TODA LA PERNERIA EN GENERAL	X
	VERIFICAR ESTADO DE ALOJAMIENTOS Y RETENES (LUZ DE RODAMIENTO)	X
	REAJUSTE DE LOS CONTRAPESOS, POELAS, CARDANICOS	X
	VERIFICAR ESTADO DEL MECANISMO	X
	VERIFICAR ALINEAMIENTO Y AJUSTE DE BASE DE MOTOR (no exceder 5mm radial y 10 mm axial)	X
	VERIFICAR LA CORECTA TENSION Y ESTADO DE CORREAS DEL SISTEMA DE ACIONAMIENTO	X
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		4

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 11.

Plan de mantenimiento preventivo chancadora SANDVIK CS430

CHANCADORA SANDVIK CS430					
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO QUINCENAL CHANCADORA CONICA CS430	FRECUENCIAS			
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL CHANCADORA CONICA CS430				
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMESTRAL CHANCADORA CONICA CS430	X			
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO ANUAL CHANCADORA CONICA CS430				
		14 DIAS	28 DIAS	168 DIAS	
		336 DIAS			
	VERIFICAR AJUSTE DE LOS PERNOS DEL TOP SHEL. (MEDIR HOLGURA)	X			
	VERIFICAR EL ESTADO DE LOS JEBES RASPADORES (4)	X			
	VERIFICACION DE ESTADO DE FILTRO DEL RESPIRADOR	X			
	MEDICIONES DE ESPESORES DE FORROS (MANTLE Y ANILLO DE ACUERDO A PROTOCOLO)	X			
	VERIFICACION DE DESGASTE Y TENSIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN		X		
	REAJUSTE DE PERNOS SOPORTE DEL MOTOR		X		
	VERIFICAR EL ESTADO DEL ANILLO GUARDAPOLVO (HOLGURA MAX :2.1 MM)		X		
	VERIFICAR TORQUE DE LOS PERNOS EN LA TAPA DE BUJE ARAÑA		X		
	VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE SELLO DE POLVO DE SOBREPRESION		X		
	VERIFICAR NIVEL DE GRASA EN EL COJINETE SUPERIOR		X		
	VERIFICACION DE DESGASTE DEL RETEN DE COJINETE SUPERIOR (PARTE SUPERIOR DEL BASTIDOR)		X		
	VERIFICACION DE HOLGURA DE EJE PRINCIPAL ENTRE EL CONO Y EL MANTO		X		
	VERIFICACION DE HOLGURA DE LOS ENGRANAJES (BACKLASH) SISTEMA DE TRANSMISION		X		
	LIMPIEZA DE FILTROS DE ACEITE DE RETORNO		X		
	VERIFICACION DE JUEGO DEL COJINETE SUPERIOR			X	
	VERIFIQUE LA PRESION DE GAS DEL ACUMULADOR (SISTEMA HYDROSET)			X	
	CAMBIO DE FILTRO DEL RESPIRADERO L1-FU2.			X	
	PURGA DE AGUA DE CONDENSACION DE LOS DEPOSITOS DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN			X	
	LIMPIEZA DE DEPOSITO DE ACEITE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN			X	
	VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO SUPERIOR DEL EJE PRINCIPAL (METROLOGIA)			X	
	VERIFICAR EXCENTRICA PARA VER SI PRESENTA DESGASTE (METROLOGIA)			X	
	VERIFICAR CASQUILLO DE EXCENTRICA SI PRESENTA DESGASTE			X	
	VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO DE PARTE INFERIOR DE BASTIDOR			X	
	VERIFICAR DESGASTE DEL SOPORTE INTERMEDIO DEL CILINDRO DEL HYDROSET			X	
	VERIFICAR DESGASTE DE LA JUNTA DEL CLINDRO DEL HYDROSET			X	
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		2	4	5	6

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 12.

Plan de mantenimiento preventivo chancadora SANDVIK CH440.

CHANCADORA SANDVIK CH440		FRECUENCIAS			
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO QUINCENAL CHANCADORA CONICA CH440				
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL CHANCADORA CONICA CH440				
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMESTRAL CHANCADORA CONICA CH440	X	X	X	X
PLAN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO ANUAL CHANCADORA CONICA CH440				
		14 DÍAS	28 DÍAS	168 DÍAS	336 DÍAS
	VERIFICAR AJUSTE DE LOS PERNOS DEL TOP SHEL. (MEDIR HOLGURA_)	X			
	VERIFICAR EL ESTADO DE LOS JEBES RASPADORES (4)	X			
	VERIFICACION DE ESTADO DE FILTRO DEL RESPIRADOR	X			
	MEDICIONES DE ESPESORES DE FORROS (MANTLE Y ANILLO DE ACUERDO A PROTOCOLO)	X			
	VERIFICACION DE DESGASTE Y TENSION DE CORREAS DE TRANSMISION		X		
	REAJUSTE DE PERNOS SOPORTE DEL MOTOR		X		
	VERIFICAR EL ESTADO DEL ANILLO GUARDAPOLVO (HOLGURA MAX :2.1 MM)		X		
	VERIFICAR TORQUE DE LOS PERNOS EN LA TAPA DE BUJE ARAÑA		X		
	VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE SELLO DE POLVO DE SOBREPRESION		X		
	VERIFICAR NIVEL DE GRASA EN EL COJINETE SUPERIOR		X		
	VERIFICACION DE DESGASTE DEL RETEN DE COJINETE SUPERIOR (PARTE SUPERIOR DEL BASTIDOR)		X		
	VERIFICACION DE HOLGURA DE EJE PRINCIPAL ENTRE EL CONO Y EL MANTO		X		
	VERIFICACION DE HOLGURA DE LOS ENGRANAJES (BACKLASH) SISTEMA DE TRANSMISION		X		
	LIMPIEZA DE FILTROS DE ACEITE DE RETORNO		X		
	VERIFICACION DE JUEGO DEL COJINETE SUPERIOR			X	
	VERIFIQUE LA PRESION DE GAS DEL ACUMULADOR (SISTEMA HYDROSET)			X	
	CAMBIO DE FILTRO DEL RESPIRADERO L1-FU2.			X	
	PURGA DE AGUA DE CONDENSACION DE LOS DEPOSITOS DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN			X	
	LIMPIEZA DE DEPOSITO DE ACEITE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN			X	
	VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO SUPERIOR DEL EJE PRINCIPAL (METROLOGIA)				X
	VERIFICAR EXCENTRICA PARA VER SI PRESENTA DESGASTE (METROLOGIA)				X
	VERIFICAR CASQUILLO DE EXCENTRICA SI PRESENTA DESGASTE				X
	VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO DE PARTE INFERIOR DE BASTIDOR				X
	VERIFICAR DESGASTE DEL SOPORTE INTERMEDIO DEL CILINDRO DEL HYDROSET				X
	VERIFICAR DESGASTE DE LA JUNTA DEL CLINDRO DEL HYDROSET				X
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		2	4	5	6

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Tabla 13.

Mantenimiento preventivo cintas transportadoras.

CINTAS TRANSPORTADORAS					
FAJA 1,2,4,5					
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO	FRECUENCIAS (DIAS)			
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA				
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1°	112	56	28	
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR)				
		MP3	MP2	MP1	
	CAMBIO DE RASPADOR 1°	X			
	CAMBIO DE RASPADOR 2°				
	CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA	X	X		
	REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO	X	X	X	
	REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO	X	X	X	
	VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA	X	X	X	
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		3	3	3	
FAJA 3					
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO	FRECUENCIAS (DIAS)			
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA				
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1°	224	56	28	
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR)				
		MP3	MP2	MP1	
	CAMBIO DE RASPADOR 1°	X			
	CAMBIO DE RASPADOR 2°				
	CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA		X		
	REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO			X	
	REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO	X	X	X	
	VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA	X	X	X	
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		3	3	3	
FAJA 6,7,8,9,10					
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO	FRECUENCIAS (DIAS)			
PLAN	MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA				
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1°	112	56	28	
PLAN	MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR)				
		MP3	MP2	MP1	
	CAMBIO DE RASPADOR 1°	X			
	CAMBIO DE RASPADOR 2°				
	CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA		X		
	REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO			X	
	REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO	X	X	X	
	VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA	X	X	X	
Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento :		3	3	3	

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

De los planes de mantenimiento implementados a la planta de chancado se realizó la evaluación de marzo a diciembre del 2020 mostrando los siguientes resultados.

Tabla 14

Cumplimiento de mantenimiento preventivo – Marzo a diciembre 2020

MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2020											
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Mant. Solicitados	72	80	64	76	78	73	93	71	81	90	78
Mant. Realizados	72	80	64	76	78	73	93	71	81	90	78
Mant. Pendientes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cumplim. %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Se aprecia el cumplimiento obtenido de la implementación de los planes de mantenimiento preventivo correspondiente a enero - octubre, en promedio se han generado 78 mantenimiento solicitados, teniendo un cumplimiento del 100%.

También muestra la distribución por tipos de solicitudes de mantenimiento, donde se puede evidenciar que los eventos ocurridos en el proceso de la planta de chancado están siendo controlados mediante los mantenimientos preventivos, y control de cambios de componentes, rutas de lubricación, inspecciones, monitores de condición.

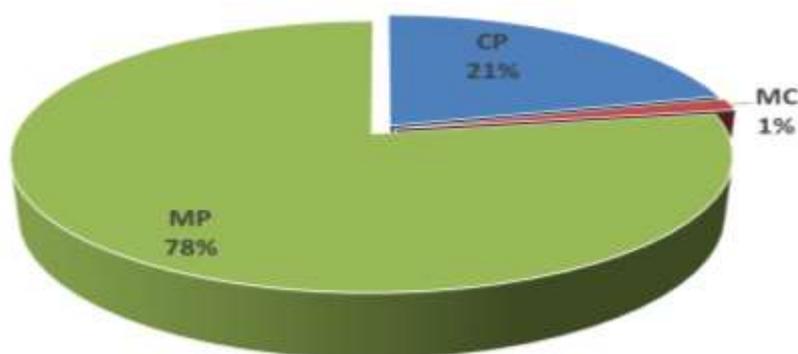


Figura 3: Distribución por tipo de mantenimientos solicitados.

El gráfico muestra que durante el periodo marzo - diciembre del 2020 se tiene un 78%

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

de mantenimiento preventivo, 21% de correctivos programados los cuales no afectan a la disponibilidad del proceso ya que son actividades programadas y con el 1% en mantenimientos correctivos la cual si afecta la operatividad del proceso y se verá reflejado en la disponibilidad.

3.4. Disponibilidad de equipos después de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo.

Se realizó el cálculo de la disponibilidad en base a la implementación de los planes de mantenimiento de la planta de chancado en comparación a la disponibilidad mecánica inicial obteniendo un resultado favorable, la cual se muestra a continuación:

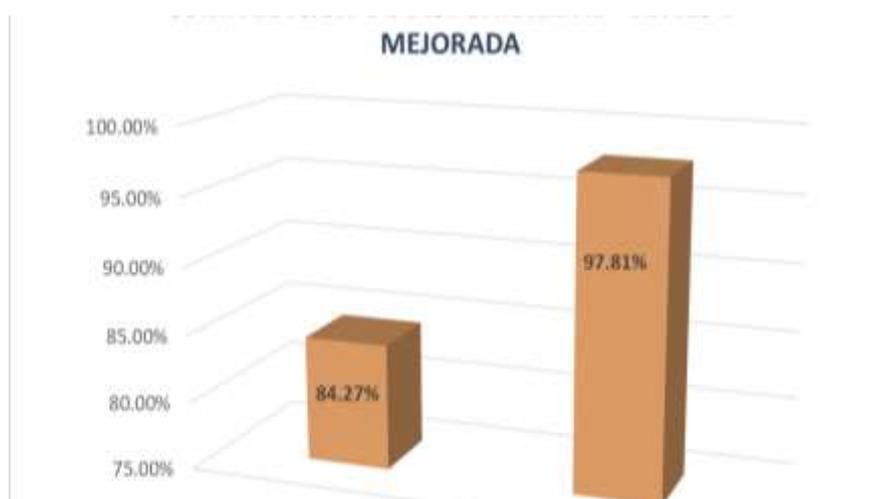


Figura 4: Disponibilidades antes y después del mantenimiento preventivo.

El gráfico se puede evidenciar que la disponibilidad promedio inicial fue de 84.27% y con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento y sus respectivos controles, en promedio de enero - octubre 2020 se llegó a cumplir un 97.81% con un aumento del 13.54% de disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado.

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

3.5. Beneficio económico de la propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar disponibilidad.

En la evaluación económica-financiera se determinó los ingresos, egresos.

Se realizó el flujo de caja con la finalidad determinar si la propuesta de mejora es viable.

Los ingresos corresponden a las ganancias que obtendrá la empresa minera luego de aumentar de 84.27 % a 97.81% la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado. Se determinó los ingresos comparando las ganancias de ventas pérdidas de la situación actual y propuesta donde se ha considerado una ganancia aproximada del 25% de las ventas pérdidas. En la situación inicial se tiene \$755,697.37 de ventas pérdidas del 2019. En la situación propuesta se calculará que hay \$184,595.42 de ventas pérdidas en el año 2020. La siguiente tabla muestra los ingresos que genera aplicar la propuesta mejora en función al mantenimiento preventivo.

Tabla 15.

Ingreso de la propuesta de mejora

AÑO	Disponibilidad real	Tonelaje procesado por día	MTTR/Mes	Variación de TM por incumplimiento de Disponibilidad	Cantidad de Onzas	Precio por onza de oro	Ventas perdidas	Ganancias al 25% de las ventas perdidas
2019	84.27%	1800	21.1	1582.5	496.19	\$ 1,523.00	\$ 755,697.37	\$ 188,919.84
2020	97.81%	1800	4.16	312	97.83	\$ 1,886.90	\$ 184,595.42	\$ 46,148.85
Ingresos								\$ 142,770.99
							TC. S/. 3.62	S/516,830.98
							Por Mes	S/43,069.24

En la tabla 15 se observa los resultados de ingresos por ganancias de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo son de S/516,830.98 soles anual y S/ 43,069.24 mensualmente.

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Flujo de caja

Se evalúa la viabilidad de la propuesta de mejora a partir de los ingresos y egresos. Se ha considerado una tasa efectiva mensual (TEM) del 1.8% y el costo de oportunidad de capital anual de la empresa (COK) en 1.6%.

Se observa que el valor actual neto (VAN) es mayor cero, por lo que se acepta el proyecto. Además, se tiene que la tasa interna de retorno (TIR) resulta ser mayor al costo de oportunidad de capital de la empresa (COK=20% anual). Por lo tanto, la evaluación económica-financiera demuestra que la propuesta de mejora si es viable.

Tabla 16.

Resultado Económico

VAN	S/516,830.98
TIR	36.10%

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En contraste con García (2013) define: “El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión. En la presente investigación se elaboraron planes de mantenimiento y controles para los equipos de acuerdo a la jerarquización con la finalidad de incrementar la disponibilidad mecánica logrando un 97.81% en promedio en el periodo enero a octubre 2020 con un aumento del 13.54%. con respecto a la disponibilidad inicial que fue de 84.27%. con respecto a la implementación del mantenimiento preventivo.

De acuerdo a lo mencionado por García, E (2016), en su investigación titulada: “Implementar un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A”, el cual menciona que, para desarrollar un plan de mantenimiento, el cual básicamente gira en torno al análisis y riesgo de fallos para la maquinaria, se evalúa el riesgo de manera objetiva en función a su grado de criticidad. En nuestro estudio los equipos de la planta de chancado se catalogaron mediante la una matriz de jerarquización donde se determinó que 16 críticos, 05 de criticidad media y 1 de criticidad baja; por lo que es necesario la implementación de un mantenimiento preventivo.

4.2 Conclusiones

- Se determinó la disponibilidad mecánica en el periodo 2019 se concluyó que es de un 84.27% de disponibilidad los equipos en la planta de chancado de la empresa minera.
- Mediante la jerarquización de los equipos de la planta de chancado se concluyó que hay 16 equipos críticos por lo que se requiere mantenimiento preventivo como son las cintas transportadoras, zarandas y chancadoras, 05 equipos semicríticos los que requieren mantenimiento preventivo / correctivo y 01 equipo de baja criticidad por lo que requiere mantenimiento correctivo o ningún mantenimiento.
- Luego de la implementación del mantenimiento preventivo se concluye que se incrementó la disponibilidad mecánica del 84.27% que se midió en el periodo 2019 a 97.81% en promedio desde marzo a diciembre 2020 con un aumento del 13.54%.
- En términos económicos los ingresos que genera propuesta de mantenimiento son de S/516,830.98 soles anual y S/43,069.24 soles mensualmente por lo que se concluye que económicamente la propuesta de plan de mantenimiento preventivo si es viable.
- Se logró demostrar que la propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo es viable porque se evidenció el aumento de la disponibilidad de la planta de chancado en la empresa minera de Cajamarca 2021.

REFERENCIAS

- Alpizar, E. (2005). *Mantenimiento - capítulo 5*. Consultor CAPRE/GTZ
- Escudero, A. (2016), *Propuesta de un programa maestro de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en la empresa Productos Industriales del Cuero S.A.C., Perú.*
- Chang, E. (2008). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler*. Lima: UPC.
- García, E. (2016). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A., Perú.*
- Jaramillo, F. (2013). *Propuesta del mantenimiento preventivo por medio del SIM al parque vehicular del Municipio de Querétaro*. Querétaro, México: Universidad de Querétaro.
- Hernández, M. & Neira, P. (2012). *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para la planta de mecanizado de industrias TANUZI S.A. basado en Análisis de criticidad y Análisis de modo y efecto de falla (FMEA)*. Bucaramanga - Colombia.
- Hernández, P. (2008). *Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas del diagnóstico integral: fundamento teórico- práctico*. Ingeniería Energética

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Huerta, R. (2001). *Análisis de Criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad operacional*. Club de Mantenimiento.

Martínez, L. (2004). *Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea manufactura para juguetes*. Tesis de Maestría, Ciudad Universitaria

Michael, G. y Yoenia, A. (2016), *Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento*, Cuba.

Navarro, E. (2007). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: Mar combo Boixareu.

Rodríguez, J. (2008). *Gestión del mantenimiento*. Versión 1.0

Torres, L. (2005). *Mantenimiento, su implementación y gestión*. Segunda edición-Argentina

Valdivieso, J. (2010). *Diseño de un Plan de mantenimiento Preventivo para la Empresa Extruplas S.A*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

ANEXOS

Anexo 1. Check list – Inspección en Operación – Zarandas Alimentadoras

Equipo a supervisar	Actividades de Inspección	Estado				Observación, Compromiso o medida correctiva
		Bueno (*)	Regular	Cambiar	Limpiar	
APRON FEEDER HD100-1200	Realizar limpieza y verificar estado de chumaceras					
	Verificar ruido atípico de chumaceras					
	Verificar estado de Limpieza de chumaceras					
	Verificar desgaste de ejes de transmisión					
	Verificar desgaste de rodillos					
	Verificar pérdida de lubricación de rodillos					
	Realizar limpieza de rodillos					
	probar cable de seguridad (pull cord)					
	Verificar correcto grado de rodillos					
	Verificar estado de placas de cadena, deformaciones (cubetas)					
	Verificar desgaste de bordes de sello					
	Verificar desgaste de toros de chuta					
	Verificar acumulación de mineral en tolas					
	Verificar estado de guardas de seguridad					
	verificar conexiones y sonidos anómalos de motor					
	verificar estado de sellados de rodamientos de eje de transmisión					
	verificar desgaste de cadena					
ZARANDA VIBRATORIAL F 30700	Realizar limpieza de canal, acumulación de carga, flujo de material					
	limpieza, verificación de estado de motoreductor, pérdida de lubricación, estado de sellados					
	verificar si el alimento del material es de forma regular y a través de toda su anchura					
	verificar que las cribas (mallas) se encuentren limpias, ni atascos ni obstrucciones					
	Verificar sujeción y estado de mallas					
	verificar arranque en vacío por un breve tiempo para evitar que corrosión afecte a los cojinetes					
	verificar el encapsulamiento					
	Verificar derrame de mineral en los exteriores del equipo					
	Verificar pérdida de aceite					
	Verificar nivel de aceite					
	verificar estado de carteras de desgaste y las piezas de protección					
	realizar inspección general de zaranda para verificar si hay piezas dañadas o sueltas					
	Verificar sellado de parte superior del caucho prevenir acumulación de polvo					
	Verificar estado de los adhesivos de seguridad					
	Verificar sonidos anómalos					
	Realizar limpieza de mallas y verificar que no exista atascamiento de mineral					
	ZARANDA VIBRATORIA GRIZLY Y SG 1231	verificar el estado de las rampas de alimentación y descarga				
Verificar el estado de protección de los resortes						
verificar el estado de todos los soportes elásticos (resortes)						
Verificar el estado de mallas						
Realizar limpieza de acumulación de mineral en tolas						
Verificar estado de guardas de seguridad						
verificar si el alimento del material es de forma regular y a través de toda su anchura						
verificar arranque en vacío por un breve tiempo para evitar que corrosión afecte a los cojinetes						
verificar las parrillas (criba) se encuentren limpias, ni atascos ni obstrucciones						
verificar el estado de todos los soportes elásticos (resortes)						
verificar el estado de todas las parrillas (cribon)						
verificar estado de carteras de desgaste (planchas laterales) y las piezas de protección						
verificar que no exista acumulación de material previo al arranque (superior e inferior)						
realizar inspección general de grizzly para verificar si hay piezas dañadas o sueltas						
Verificar Pérdida de aceite						
Verificar nivel de aceite						
Verificar sellado de parte superior del caucho prevenir acumulación de polvo						
Verificar sonidos anómalos						
Verificar el estado de protección de los resortes						
Realizar inspección visual de los contrapesos						
Verificar estado de los adhesivos de seguridad						
Realizar limpieza de parrillas y verificar que no exista atascamiento de mineral						
Realizar limpieza de acumulación de mineral en tolas						
Verificar estado de guardas de seguridad						

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Anexo 2. Check list – Inspección en Operación – Cintas Transportadoras

Equipo a supervisar	Actividades de Inspección	Estado				Observación, Compromiso o medida correctiva
		Bueno (*)	Regular	Cambiar	Limpiar	
BELT FEEDER HF100	Verificar desgaste de polea de cabeza y cola					
	Verificar sonidos anormales					
	Verificar pérdida de lubricación en chumaceras					
	Verificar desgaste de banda transportadora					
	Verificar alineamiento de banda transportadora					
	Verificar tensión de banda transportadora					
	Verificar fuerza de prensado de los raspadores de banda y tambor					
	Realizar limpieza de material residual en tambor					
	Verificar desgaste de polines					
	Realizar limpieza de polines					
	Verificar el correcto girado de polines					
	Verificar desgaste de foros de chute					
	Verificar estado de raspadores					
	Verificar el correcto flujo de material					
Acumulacion de mineral en tolva						
CINTAS TRANSPORTADORAS	verificar empalme de banda transportadora					
	probar cable de seguridad (pull cord)					
	verificar estado de planchas chute carga y descarga					
	verificar estado de guardillas y portaguardillas					
	Realizar orden y limpieza					
	Verificar desgaste de polea de cabeza y cola					
	Verificar sonidos anormales					
	Verificar pérdida de lubricación en chumaceras					
	Verificar desgaste de banda transportadora					
	Verificar alineamiento de banda transportadora					
	Verificar tensión de banda transportadora					
	Verificar estado de raspadores					
	Verificar fuerza de prensado de los raspadores de banda y tambor					
	Realizar limpieza de material residual en tambor y cinta					
	Verificar desgaste de polines					
	Realizar limpieza de polines					
	Verificar el correcto girado de polines					
	Verificar desgaste de foros de chute					
	Verificar el flujo de material					
	Realizar limpieza de acumulación de mineral en chutes					
Verificar sensores de desalineamiento						
Inspeccion estado de jebe de limpiador (holgura jebe y cinta)						
Verificar el estado de encapsulamiento entre el chute y la cinta						
Verificar el estado de los guarnidos de marbera (cinta Nº01, 02 y 03)						
Verificar desgaste de planchas chute de descarga						
ELECTRICIANO GIRATORIO	Verificar funcionalidad del Electriman					
	Verificar estado de trolley manual					
	Verificar estado de chute descarga					

Si el equipo estaba en ESTADO BUENO indicar si se realizo Limpieza

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Anexo 3. Check list – Inspección en Operación – Chancadora cónica 440

Equipo a supervisar	Actividades de Inspección	Estado				Observación, Compromiso o medida correctiva
		Bueno (*)	Regular	Mal	Limbo	
CHANCADORA CONICA CH 440	Equipo parado.					
	Comprobar el ajuste CSS. (Setting).					
	Compruebe que no exista presencia de material de atasco en la toba de alimentación o en el separador y que no bloquee la apertura de alimentación.					
	Inspeccionar si existe fuga de grasa en retén de buje araña.					
	Verificar la dimensión "A" real.					
	Verificar el estado del anillo guardapocho (holgura max. 2.1 mm).					
	Verificar el estado de los ejes raspadores.					
	Verificar los protectores del Bottom Shell.					
	Verificar el torque de los pernos en la tapa de buje araña.					
	Verificar ajuste de la tapa de cilindro en el hidrosel. (chute de descarga de la chancadora)					
	Realizar la limpieza del colector de sedimentos					
	Equipo en operación.					
	Verificar el nivel de aceite de tanque de lubricación principal. (marca referencial y % de caudal).					
	Verificar el nivel de aceite de tanques de lubricación de hidrosel. (marca referencial).					
	Verificar la presión del tanque de hidrosel.					
	Inspeccionar si presenta fuga de aceite en las mangueras de					
	Comprobar que el aceite lubricante vuelva al depósito y que las mallas estén dentro de lo normal.					
	Comprobar que las válvulas de cierre entre los depósitos y las bombas estén totalmente abiertas.					
	Verificar si presenta un ruido atípico en bomba de lubricación.					
	Verificar el estado de filtros de tanque de lubricación principal (presión y temp.)					
	Verificar el estado y funcionamiento de sopladores del tanque.					
	Verificar el estado de filtros del soplador.					
	Inspeccionar el funcionamiento de los calentadores de aceite.					
Inspeccionar presencia de fugas de aceite por las mangueras.						
Verificar funcionamiento de los sopladores de la chancadora.						
Verificar si presenta ruidos anormales en la chancadora.						
Verificar la acumulación de material en los brazos del bastidor superior y realizar limpieza						
Realizar limpieza en chute alimentación por acumulación de mineral						
Verificar el estado de mangueras de ingreso en la chancadora.						
CHANCADORA CONICA CS430	Verificar nivel de aceite de tanque de lubricación principal					
	Verificar nivel de aceite de tanques de lubricación de hidrosel					
	Verificar ruidos anómalos en la bomba de lubricación					
	Verificar presión del tanque de hidrosel					
	Verificar si existe fuga de aceite en mangueras de hidrosel					
	Verificar ruido atípico en bomba de lubricación					
	Verificar ruidos anormales en la trituradora					
	Verificar estado de filtros de tanque de lubricación principal (presión y temp.)					
	Verificar el retorno de aceite al tanque principal (temp.)					
	Verificar el estado de mallas de tanque principal					
	Verificar la correcta apertura de válvulas de cierre del tanque principal y las bombas de lubricación					
	Verificar estado y funcionamiento de sopladores del tanque					
	Verificar estado de filtros del soplador					
	Verificar el correcto funcionamiento de los calentadores de aceite					
	Verificar posibles fugas de aceite por las mangueras					
	Verificar estado de guardas de protección					
	Verificar el correcto funcionamiento de los sopladores de la chancadora.					
	Verificar ruidos anormales en la chancadora					
	Verificar que no haya acumulación de material en los brazos de la sección inferior del bastidor inferior					
	Verificar que no haya material de atasco en la toba de alimentación o en el separador y que no bloquee la apertura de alimentación.					
	Verificar ajuste o fugas por la tapa del cilindro hidrosel. (chute de descarga de la chancadora)					
	Verificación de desgaste de chute de alimentación y descarga					
	Verificar que el aceite lubricante vuelva al depósito y que las mallas estén dentro de lo normal					
Verificar que las válvulas de cierre entre los depósitos y las bombas estén totalmente abiertas						
Limpieza del conducto del raspadoro de la parte superior del bastidor						
Inspeccionar de protectores de brazos de top shell						
Inspeccionar fuga de grasa de retén de buje araña						
Realizar limpieza en chute alimentación por acumulación de mineral						
Verificar estado de mangueras de ingreso en la chancadora						
Comprobar el ajuste CSS. (Setting).						
Si el equipo estaba en ESTADO BUENO indicar si se realizó Limpieza						

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

Anexo 4. Galería fotográfica de la planta chancadora.



Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021.

