



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Mantenimiento RCM y disponibilidad de equipos de la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera.

AUTOR:

Razzeto Atalaya, Jose Pool ([ORCID: 0000-0002-2593-9087](https://orcid.org/0000-0002-2593-9087))

ASESORES:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo ([ORCID: 0000-0003-1208-1242](https://orcid.org/0000-0003-1208-1242))

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel ([ORCID: 0000-0002-8127-4040](https://orcid.org/0000-0002-8127-4040))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi esposa Celeste, por ser siempre mi soporte y a mis hijos Leandro y Flavia, que son el motor de mi vida.

Agradecimiento

A todos los que formaron parte de mi vida familiar, académica y laboral, ya que me ayudaron en la suma de valores, conocimiento y experiencia.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Resumen	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización	20
3.2.1. Variable 1: Mantenimiento centrado en confiabilidad	20
3.2.2. Variable 2: Disponibilidad	20
3.2.3. Operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra y muestreo	21
3.3.1. Población.....	21
3.3.2. Muestra:.....	21
3.3.3. Muestreo:.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Objetivo específico 1:	22
4.2. Objetivo específico 2:	22
4.3. Objetivo específico 3:	23
4.4. Objetivo específico 4:	24
4.5. Objetivo específico 5:	24
4.6. Objetivo específico 6:	25
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	30

REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	34

Índice de tablas

Tabla 1: Disponibilidad actual.....	22
Tabla 2: Criterios y ponderaciones para el Análisis de criticidad.....	23
Tabla 3: Resumen de Análisis de criticidad.....	23
Tabla 4: Resumen de AMEF	24
Tabla 5: Resumen de actividades por especialidad.	24
Tabla 6: Frecuencia de planes.	24
Tabla 7: Disponibilidad estimada.....	25
Tabla 8: Promedio de costo de bolsa de cemento del 2021	25
Tabla 9: Resumen de venta según disponibilidad	26

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo, evaluar la implementación de un plan de mantenimiento basado en el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

Se presenta una revisión bibliográfica de artículos de investigación, tesis, documentos web en las bases de datos de: Scielo (Biblioteca Electrónica Científica en Línea), Google académico, ALICIA (Acceso Libre para la Información Científica para la Innovación) y otras.

Se plantearon seis objetivos específicos que son determinar la disponibilidad actual, elaborar un análisis de criticidad, elaborar el AMEF (Análisis de modo y efecto de falla), elaborar los planes de mantenimiento, estimar la disponibilidad deseada de los equipos y determinar el costo beneficio de esta implementación.

Palabras clave: RCM, disponibilidad, mantenimiento, AMEF.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the implementation of a maintenance plan based on RCM (Reliability Centered Maintenance).

A bibliographic review of research articles, theses, web documents in the databases of: Scielo (Scientific Electronic Library Online), Google academic, ALICIA (Open Access for Scientific Information for Innovation) and others.

Six specific objectives were proposed, which are to determine the current availability, to elaborate a criticality analysis, to elaborate the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), to elaborate the maintenance plans, to estimate the desired availability of the equipment and to determine the cost-benefit of this implementation.

Keywords: RCM, availability, maintenance, FMEA.

I. INTRODUCCIÓN

En últimas 2 décadas, el Mantenimiento ha variado, quizás más que cualquier otra rama de la industria. Estos cambios son debido a que los diseños son más complejos, al gran aumento en la variedad y cantidad de equipos, a las nuevas metodologías referentes al mantenimiento y a una perspectiva cambiante en la organización y responsabilidades del mantenimiento (Moubray, 2004) (Sobrino Zimmermann, 2015). El Mantenimiento también se está adaptando a estas cambiantes expectativas que incluyen un aumento en la auto concientización para identificar hasta qué nivel las fallas en los equipos impactan en el medio ambiente y en la seguridad, a la importante relación entre la calidad del producto y el mantenimiento; y la presión de minimizar los costos de mantenimiento manteniendo la alta disponibilidad de una planta.

Hasta el momento, la gestión del mantenimiento en la industria sigue siendo difícil para diversas empresas. Sin embargo, se puede dominar por completo con diversas herramientas de fácil entendimiento. El éxito radica en una buena organización, una comunicación óptima entre los empleados y la elección de una solución adecuada, (Sagnier, 2018).

Dentro de esas soluciones, se puede considerar el TPM, el PDCA, el diagrama de Ishikawa, las 5W+1H, el Kaizen, el Pareto, el FMECA y la evaluación de riesgos industriales y fallos de equipos (Sagnier, 2018).

El TPM (“total productive maintenance”, mantenimiento productivo total), es un método nacido en Japón en 1971. Representa el desarrollo de métodos de mantenimiento con el fin de aumentar la eficiencia de las máquinas en una empresa, el cual tiene como propósito, evitar el tiempo de inactividad no planificado, el tiempo perdido en el arranque de la máquina por parte de un técnico o la reparación y pérdida debido a la reducción del rendimiento de la máquina. Esto evita la pérdida de rendimiento debido a fallas de hardware o posiblemente debido al descuido de los técnicos. Para poder lograr este objetivo, el TPM se divide en tres herramientas distintas, que son el TRS: Índice de Productividad Total, un indicador de uso de la máquina; las 5’s y el mantenimiento autónomo, que permite que personal de producción realice las tareas de mantenimiento sencillas (Álvarez, 2018) (Sagnier, 2018).

El PDCA, conocido como Círculo de Deming, es un método que facilita mejorar la

previsión y la administración de proyectos industriales. Esta herramienta ayuda a convertir las ideas en realidad y divide en etapas el trabajo a realizar, para poder seguir su progreso. Las siglas PDCA significa: P (Plan): se trata de definir metas y parámetros para lograr resultados específicos, D (Do): hacer, fue definido previamente, C (Check): Monitorear y evaluar las etapas de inspección de acuerdo a las especificaciones y A (Act): se realizan las acciones necesarias para mejorar los resultados y cumplir o superar las especificaciones (Isniah, y otros, 2020) (Sagnier, 2018).

El diagrama de Ishikawa, conocido también como diagrama de causa y efecto, 5M (máquina, método, mano de obra, medio ambiente y materia prima), se utiliza para la gestión de la calidad. Esto permite identificar las diversas causas y efectos del problema. Para su elaboración solo se enumeran todas las posibles causas relacionadas con el problema y las clasifica en diferentes categorías. Esta herramienta bastante descriptiva se utiliza específicamente para la gestión de riesgos (actividades de gestión de proyectos) porque le permite prevenir diversas dificultades que pueden tener consecuencias nefastas para su negocio o su carrera (Díaz Jiménez, 2019) (Sagnier, 2018).

Las 5W + 1H es un método de solución de problemas que tiene la ventaja de ser rápido y fácil de usar. El objetivo es abordar un problema o evento industrial y dar respuestas a todas las siguientes interrogantes: Where (Dónde), What (Qué), When (Cuándo), Who (Quién), Why (Por qué) y How (Cómo). Gracias a este método, se es capaz de recopilar diferente información que seguramente le permitirá identificar mejor su problema. Le permite definir prioridades, priorizarlas y actuar oportunamente encontrando soluciones y opciones apropiadas (Pacheco Bado, 2018) (Royo González, y otros, 2019).

El Kaizen es un método japonés utilizado para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción a través de pequeñas mejoras continuas. Para que este enfoque funcione, cada miembro de la empresa debe participar en este proceso y todos deben trabajar juntos para lograr la meta. Hay condiciones previas para implementar con éxito Kaizen y estas son: concientizar a los empleados para la aceptación incondicional de Kaizen; comprometer a los empleados con la sostenibilidad a largo plazo de la empresa; libre flujo de información de toda la empresa tanto en nivel vertical como horizontal; el nivel

requerido de poderes de los empleados y habilidades para la toma de decisiones; concientizar al personal, orientándolos al proceso y a los resultados (Sagnier, 2018) (Janjić, y otros, 2019).

El análisis de Pareto, conocido también como el método 20-80, permite el análisis de las fallas más importantes, tanto en cantidad de intervenciones como en tiempo empleado en cada intervención. Permite demostrar que el 20% (o incluso menos) de las causas son las causantes del 80% de los problemas hallados en una planta y, en consecuencia, analizar la totalidad de los problemas para encontrar la solución adecuada. Para poder utilizar este método y obtener una visión global de la situación, primero requiere un historial de fallos (Pacheco Bado, 2018) (Añorga Gonzalez, y otros, 2020).

El análisis de modo de fallo, efectos y criticidad (FMECA) está diseñado para ayudarlo a realizar un estudio exhaustivo de sus activos y actividades de mantenimiento. El FMECA permite la gestión de mantenimiento, ya que esta herramienta también se usa ampliamente en los procesos de garantía de calidad. Para usar correctamente esta herramienta, debe seguir varios pasos: determinar el modo y la causa del error; evaluar el impacto en el sistema, la función afectada y el daño causado. La forma de FMECA puede ser variada (funciones, productos, procesos, instalaciones de producción, flujo) y cada momento tiene impactos diferentes, pero el resultado siempre te permitirá tener un documento de trabajo. La necesidad de saber qué acciones tomar, qué intervenciones. tomar, etc. En resumen, este enfoque le permite aumentar la producción al reducir los problemas de fallas, analizar los defectos de fabricación y buscar constantemente mejoras (Sagnier, 2018) (Dabous, y otros, 2021).

La metodología de evaluación de riesgos industriales y fallos de equipos se utiliza continuamente para planificar operaciones de mantenimiento. Para utilizar de manera óptima esta herramienta, se debe valorar estos fallos y llevar a cabo una evaluación general de los riesgos, esta metodología es particularmente valiosa para planificar actividades de mantenimiento, se debe evaluar estas deficiencias y realizar un estudio de evaluación de riesgos conjunto. Si desea implementar esta herramienta, podrá definir el tipo de mantenimiento que desea realizar, administrar mejor su inventario, elegir qué procedimientos realizar, etc. (Sagnier, 2018).

La implementación adecuada de la administración de activos necesita de un enfoque disciplinado que lleve a una organización a maximizar el costo y conseguir sus fines estratégicos por medio de la administración de sus activos a lo largo de los ciclos enteros de vida.

Existe una metodología que aplica los conceptos necesarios para afrontar dichos cambios, esta metodología es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM, la cual, si es aplicada de manera correcta, puede llegar a optimizar la gestión de activos de cualquier tipo de industria (Sobrino Zimmermann, 2015) (Agreda Espinoza, 2020). Basado en el RCM, se propone la implementación de esta metodología en una empresa Cementera, específicamente a la sección de embolsado y despacho, ya que es la línea más crítica en un proceso cementero, con el fin de minimizar las paradas imprevistas y mejorar la disponibilidad de dicha sección.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se establece la siguiente interrogante, ¿Cómo se puede mejorar la disponibilidad de la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera? Para responder dicha interrogante, se plantea la siguiente hipótesis: Con el RCM se puede mejorar la disponibilidad de la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera.

El objetivo general del presente proyecto es: Evaluar la implementación de un plan de mantenimiento basado en el RCM, para incrementar la disponibilidad de equipos en la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera. Para poder alcanzar el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos: I) Determinar la disponibilidad actual de la sección de embolsado y despacho, II) Elaborar el análisis la criticidad de la totalidad de equipos de la sección de embolsado y despacho, para poder determinar a qué equipos se les aplicaría la metodología RCM, III) Elaborar el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), para determinar las funciones, modos de falla, efectos de falla, consecuencias y medidas a implementar en los equipos clasificados como críticos, IV) Elaborar los planes de mantenimiento de los equipos críticos de la sección de embolsado y despacho, V) Estimar la disponibilidad de los equipos, con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento, VI) Determinar el costo beneficio de la implementación del RCM.

II. MARCO TEÓRICO

En la búsqueda de información referente a estudios sobre la implementación del RCM, se encontró a (Macedo Sajami, 2018), el cual propuso implementar la metodología del RCM, con el fin de mejorar la disponibilidad de una línea de envasado, en una empresa dedicada a la elaboración de refrescos. Producto de esta implementación, logró cambiar los indicadores, los cuales evaluó en un periodo de nueve meses antes y nueve meses después de la implementación, logró obtener los siguientes resultados: mejora de la confiabilidad de 69% a 83%, la mantenibilidad tubo una mejora de 55% a 71%, la disponibilidad mejoró de 69% a 83%, la productividad mejoró de 49% a 69%, la eficiencia mejoró de 59% a 83%, la eficacia mejoro de 69% a un 83%, debido a esas mejoras logró un aumento en la productividad de la empresa de un 20% y una mejora en la utilidad de \$118,862.85.

En el trabajo de (Alvarado Mayorca, 2019), propuso implementar el RCM para mejorar la disponibilidad de una empresa, reduciendo el desgaste prematuro de sus equipos, implementando planes de mantenimiento preventivo y elaborando un plan de reposición de repuestos y jerarquizó los repuestos críticos de las maquinas a través de la implementación de las 5's en el almacén, utilizó un simulador para estimar la disponibilidad en 7 meses de la implementación, pudiendo llevarla desde 82.4% hasta el 90%,

Siguiendo con la búsqueda de información referente al impacto del RCM en la mejora de la disponibilidad en la industria, se encontró el estudio de (Pacheco Bado, 2018), en el cual propuso implementar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basándose en la metodología RCM para reducir las fallas de la maquinaria de una empresa dedicada al desarrollo de proyectos de energía renovable. En el proceso de implementación, logró identificar, en un periodo comprendido desde febrero del 2014 a julio de 2016, 334 fallas ocurridas, equivalentes a 1454 horas de parada de los equipos, destacando la excavadora, con 401 horas de parada y el cargador frontal con 413 horas. En el análisis Costo-Beneficio, estimó que aplicando el modelo de gestión, lograría aumentar el MTBF, logrando disminuir los costos de mantenimiento correctivo que realizaban, además de lograr reducir los tiempos muertos del personal, que pudo impactar de manera positiva en una reducción de los costos de mantenimiento en un

62.27%, lo cual significó una reducción de \$21,933.84 dólares, obteniendo \$1.52 dólares por cada dólar invertido, además de disminuir el MTTR, el cual inicialmente fue de 617 horas, y logró reducirla a 127 horas.

En otro estudio que plantea la implementación del RCM, se encontró el estudio de (Cruz Julca, 2018), el cual planteó implementar dicha metodología, en la flota vehicular de la municipalidad de San Miguel – Callao – Perú, con el fin de mejorar la disponibilidad de dichos vehículos, los cuales presentaban siguientes indicadores: la confiabilidad del sistema de frenos era de 50%, la confiabilidad del sistema de suspensión era de 50%, el sistema de embrague tenía una confiabilidad de 50%, teniendo una disponibilidad global de la flota de 59%, luego de implementar el RCM, elaboró los nuevos planes de mantenimiento, obteniendo frecuencias de mantenimiento optimizadas a la necesidad de los vehículos, logrando mejorar la disponibilidad de la flota a 85%.

Por otra parte, verificando información referente a la mejora de sistemas de gestión, se encontró el estudio de (Vásquez Díaz, 2019), en el cual propuso la implementación de la metodología RCM a unas excavadoras Caterpillar 336D2L, con el fin de mejorar el sistema de gestión de mantenimiento, centrándose en minimizar las fallas producidas en el sistema hidráulico de las excavadoras, debido a que Vásquez definió que es el principal sistema de una excavadora, indicando que los movimientos de la maquina son regulados por ese sistema. En la elaboración del AMEF, logró identificar 25 modos de falla y con el NPR, definió los tipos de mantenimiento que se aplicarían para minimizar dichos modos de falla; luego de 3 meses de implementación de los nuevos planes de mantenimiento elaborados, el MTTR subió de 4.32 horas a 4.91 y el MTBF subió de 20.26 horas a 48.8 horas, logrando incrementar la disponibilidad de las excavadoras de 82% a 90%, también logró una disminución del costo de mantenimiento en \$15,049.82, de \$85,764.32 a \$70,714.5.

En el trabajo de (Afzali, et al., 2018), realizan la optimización del mantenimiento de sistemas de distribución de energía, mejorando la disponibilidad, calidad y seguridad del suministro, utilizando la metodología RCM y presentando un nuevo modelo de índice de importancia ponderada (WI), que representa la importancia ponderada de los elementos del sistema de distribución de energía, el RCM lo trabajan en 2 niveles, en

el primer nivel priorizan las acciones en los alimentadores de la sub estación y en el segundo nivel, los componentes del alimentador. Para este trabajo consideraron el costo de interrupción del cliente para priorizar los componentes de un sistema de distribución, ellos concluyeron que a mayor índice WI, se tendría menor confiabilidad y mayor importancia para la acción del mantenimiento.

En el estudio de (Renjitha, y otros, 2018), complementan el análisis realizado por (M.Giardina, y otros, 2015), en el cual utilizo las metodologías FMECA y HAZOP en el sistema de almacenamiento de una planta de regasificación de gas natural licuado. En este estudio (Renjitha, y otros, 2018) resalta las deficiencias del número de prioridad de riesgo convencional (NPR) usado en el FMECA y presenta un nuevo método al que denomina NPR difuso (FNPR), que puede corregir las limitaciones citadas en la literatura, como la naturaleza cuestionable de la fórmula matemática para calcular el NPR y las dificultades para priorizar el NPR en el caso de sistemas complejos como el almacenamiento de GNL se ha abordado en el FMECA difuso. Las fallas deben priorizarse con mayor precisión en los sistemas de procesos complejos, como los depósitos de GNL vinculados a las plantas de GNL, donde la falla del equipo puede tener graves consecuencias y puede matar a una gran cantidad de personas. También hay una pérdida económica significativa debido al tiempo de inactividad y la pérdida de producción si falla el equipo crítico en el sistema de proceso, como las plantas de GNL. Identificaron que el Fuzzy FMECA es una herramienta eficaz para priorizar fallas críticas de componentes en sistemas complejos.

Se encontró el trabajo de (Duarte Rojas, 2021), donde propone la elaboración de un plan de mantenimiento, basándose en la metodología RCM, para una empresa especializada en ingeniería de sistemas de protección contra incendios. Para ello definió los criterios de mantenimiento basados en las normas NFPA, NTC y el reglamento NSR-10, identificó los sistemas y sub sistemas del área de detección y extinción de incendios y propuso un plan de mantenimiento adecuado para la mejora de la confiabilidad de los sistemas de protección contra incendios, recomendando implementar y actualizar de manera constante el plan de mantenimiento, para lograr agilizar los procesos de mantenimiento.

En la tesis de (Maya Velasquez, 2018), se propuso el desarrollo del RCM como

complemento para el TPM, para la implementación de planes de mantenimiento preventivo y predictivo, esa empresa tenía una disponibilidad de 85%, había aplicado en un inicio solo el TPM; tomando como base el historial de fallas de los últimos 7 años (2010 - 2017), desde que se implementó el TPM, se tuvo una mejora en la disponibilidad cercana al 90%, pero los planes no abarcaban todos los modos de falla de los equipos. Define que, al complementar el RCM con el TPM, se permite realizar una gestión completa del mantenimiento, ya que el TPM incluye al personal de producción como primera línea y el RCM complementa esas condiciones mediante la identificación de posibles puntos de avería mediante la identificación de los modos de falla, logra mejorar los planes de mantenimiento y se tiene una mejor evaluación de las necesidades reales de mantenimiento de cada equipo de la línea de producción. Luego de detallar algunos trabajos de investigación significativos, se procede a establecer las definiciones que apoyaran en reforzar los conceptos necesarios para la formulación, desarrollo y metodología del presente estudio.

El mantenimiento significa, asegurar que los activos físicos no dejen de hacer, lo que sus usuarios necesitan que haga (Sobrino Zimmermann, 2015). Pero cuando se define mantener algo, ¿qué es lo que se quiere que continúe? ¿Cuál es el estado actual que se desea preservar? (Pérez J.), la respuesta se puede encontrar tomando en cuenta el hecho de que todo activo se adquiere y pone en servicio para cumplir una función, por consiguiente, cuando se realice el mantenimiento a un determinado equipo, será con el fin de que siga cumpliendo la función por la cual fue adquirido

Es muy importante obtener y seguir un modelo que logre unificar los criterios dentro de una organización, los cuales, se deben basar en el criterio, el conocimiento y las funciones de los equipos. Son los mismos parámetros que se aplican diariamente, pero de una manera sistemática, con el fin de lograr una máxima uniformidad. El plan diseñado con estos principios es poder ser el inicio para que luego sea refinado y rectificado con aportes de mayor nivel (Pérez J.) (Moubray, 2004). El RCM se ajusta a esta necesidad, ya que dentro de su proceso de implementación reconoce que el mantenimiento debe de realizarse de tal manera, de que garantice que los activos físicos continúen obteniendo su capacidad de diseño.

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca de un equipo o conjunto: ¿Cuáles

son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?, ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?, ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?, ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?, ¿En qué sentido es importante cada falla?, ¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir cada falla?, ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (Moubray, 2004) (Álvarez Coello, y otros, 2020).

Es por ello que el RCM inicia identificando las funciones y estándares del equipo, luego de ello se debe cuantificar los estándares de funcionamiento, los cuales se deben ampliar hasta la calidad del producto, la producción, impacto en el medio ambiente, costo operacional, seguridad y servicio al cliente (Sobrino Zimmermann, 2015).

Luego se debe identificar, de qué manera puede fallar cada elemento del equipo, llevándonos al concepto de falla funcional, es decir, cuando ya no es capaz de cumplir la función para la cual fue diseñado (Pérez J.).

Luego se debe identificar los modos de falla que tienen mayor probabilidad de ocasionar una falla funcional, lo cual nos permite comprender, que se quiere prevenir. En este paso, es de vital importancia identificar cual es la falla inicial, lo cual asegura que no se pierda tiempo y esfuerzo en cada modo de falla (Moubray, 2004).

El siguiente paso es identificar cuáles serían los efectos de cada modo de falla, lo que nos indicará que pasaría si ocurre cada modo de falla y debido a ellos poder identificar qué nivel de mantenimiento se aplicaría. El proceso se optimiza contestando las 4 primeras preguntas, produciendo oportunidades de mejora tanto en la seguridad como en el funcionamiento (Sobrino Zimmermann, 2015).

Una vez se hayan determinado las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla, el siguiente paso es preguntar cómo y qué tan importante es cada falla. Como resultado de la consecuencia de cada falla, se indica si es necesario o no realizar actividades para prevenirla o si simplemente no se realiza ninguna acción (Pérez J.). El RCM clasifica las consecuencias en 4 grupos: Fallas ocultas, son aquellas que no tienen un impacto directo, pero exponen al equipo, conjunto o a la misma organización a fallas múltiples, con consecuencias serias y probablemente fatídicas, comúnmente ligadas a fallas en sistemas de protección (Sobrino Zimmermann, 2015). Ambientales y para la seguridad, estas tienen impacto en la

seguridad si es posible que ocasiona algún accidente leve o fatal a alguna persona y tiene impacto ambiental si es que infringe algún reglamento o normativa ambiental, ya sea interno, regional, nacional o internacional (Moubray, 2004). Operacionales, se presenta si altera directamente la producción, es decir en calidad o cantidad del producto, costos no operacionales o atención al cliente, esto incluye el costo directo de la reparación (Pérez J.). No operacionales, estas fallas no afectan a la producción, seguridad o medio ambiente, solo tienen consecuencia económica y directamente relacionada al costo de la reparación (Pérez J.).

Tras este análisis, se debe identificar que técnicas tipo de mantenimiento se puede aplicar, los cuales se dividen en: Tareas proactivas, son aquellas que se realizan previamente, antes de que ocurra la falla, para tratar de evitar que el equipo llegue a esa condición, se divide en mantenimiento preventivo y el predictivo, los cuales el RCM conoce como:

Reacondicionamiento cíclico, son actividades de prefabricación de componentes o conjunto, antes del límite de vida útil, sin importar su condición al momento de la intervención.

Sustitución cíclica, son actividades de recambio de componentes, antes del límite de su vida útil, sin importar su condición al momento de la intervención

Nota: ambos tipos de mantenimiento son conocidos como mantenimiento preventivo, solían ser los más usados, pero económicamente no son muy rentables.

Mantenimiento a condición, está relacionado a la probabilidad de falla (curva P-F), es decir, cuando la falla es potencialmente detectable hasta convertirse en una falla funcional.

Acciones a falta de, están relacionados directamente con el estado de falla, son las que se realizan cuando no se puede identificar unas tareas de mantenimiento efectiva, las cuales incluyen, búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento correctivo. El RCM reconoce 3 grandes categorías. Búsqueda de fallas mantenimiento detectivo: implican revisar de manera programada las funciones ocultas, para determinar si ha fallado, como los paros de emergencia, sensores o seguros.

Rediseño, implica hacer cambios la capacidad inicial del sistema, incluye cambio de procedimientos y modificaciones al equipo.

Ningún mantenimiento programado (mantenimiento reactivo o correctivo), es cuando se deja que ocurra la falla, para posteriormente reparar el equipo, estas actividades con conocidas como acciones a rotura o mantenimiento correctivo.

Antes de aplicar el proceso de RCM se debe identificar de qué activos se trata y luego decidir a cuáles de ellos se les aplicará el proceso de revisión, esto significa que se debe realizar un análisis de criticidad a los equipos de una planta o sistema.

Ecuación 1 $Criticidad = PF \times (\sum PROD + \sum MTTTO + \sum STBY + \sum SMA + \sum M\&O)$

Dónde:

- PF = Probabilidad de falla.
- Prod = Impacto en producción.
- Mtto = Impacto en mantenimiento.
- Stby = Si cuenta con stand by.
- SMA = Impacto en la seguridad y medio ambiente.
- M&O = Costo de reparación y lucro cesante.

El aplicar un análisis de criticidad, no es una actividad que se pueda realizar de manera individual o visto desde un solo punto de vista, se debe contar con la participación de las distintas áreas o divisiones de la empresa, es decir, se debe de contar con la participación de personal operador, control de calidad, mantenimiento, logística, de seguridad y salud ocupacional, para poder evaluar correctamente las variables de cada equipo. Para ponderar cada variable se toman en cuenta los siguientes criterios.

Personal – Mano de obra especializada externa o interna, en la cual se debe ponderar si la mano de obra a utilizar estaría disponible en el área, si fuese personal fuera del área con contrato vigente o personal de fuera del área sin contrato, ver Anexo 1.

Probabilidad de falla, en la cual se debe ponderar el MTBF de las fallas tomando como referencia lo ocurrido anualmente, ver Anexo 2.

Seguridad – Daño al personal, en la cual se debe ponderar el impacto en la seguridad del personal que opera o realiza mantenimiento a los equipos, ver Anexo 3.

Ambiente – Daño al ambiente, en la cual se debe ponderar el impacto en el ambiente, producido por la falla, ver Anexo 4.

Cantidad - Nivel de producción, en la cual se debe ponderar el impacto en la

producción, es decir si se ve afectada en su totalidad o en forma parcial, ver Anexo 5.
Calidad – Daño a la calidad del producto, en el cual se debe ponderar el impacto en la calidad del producto, si no la afecta, si es recuperable o se tiene una inconformidad total, ver Anexo 6.

Logística – Nivel de servicio de repuestos Nacionales / Importados, en la cual se debe ponderar el tiempo de demora en la entrega de repuestos necesarios para el mantenimiento, ver Anexo 7.

Tiempo promedio de reparación, en la cual se debe ponderar el impacto en el tiempo de reparación de dicha falla, ver Anexo 8.

Respaldo – Contingencia, stand by, en la cual se debe ponderar si el equipo que falla tiene o no stand by y si este cubre el 100% de la función del equipo, ver Anexo 9.

Costo de reposición, en la cual se debe ponderar el impacto económico de la falla, ver Anexo 10.

Lucro cesante diario, en la cual se debe ponderar el impacto en el lucro cesante, dependiendo el monto, ver Anexo 11.

Al completar las variables de cada ponderación, se verifica el puntaje que alcance y se contrasta en la matriz de criticidad, ver Anexo 12.

Las ponderaciones se deben de realizar en la tabla de análisis de criticidad de equipos, ver Anexo 13.

Una vez identificados los equipos críticos, se deberá elaborar el AMEF de cada equipo clasificado como crítico, para poder definir las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla, ver Anexo 14.

Para poder completar el AMEF se debe utilizar los criterios de la tabla NPR, e la cual se debe ponderar la gravedad, ocurrencia y detectabilidad de la causa de falla, ver Anexo 15.

Para poder determinar las acciones de mantenimiento a seguir se deberá utilizar la matriz de hoja de decisiones, donde además se identifica la frecuencia de las tareas de mantenimiento propuestas, ver Anexo 16.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de metodología del presente proyecto fue aplicada, porque estuvo basado en dar solución a una problemática, previamente identificada, mediante el uso de la metodología del RCM, para poder mejorar la disponibilidad de los equipos de la sección de embolsado y despacho.

Diseño de investigación

El diseño de esta investigación fue pre experimental, debido a que este trabajo fue aplicado a una parte de los equipos de la sección de embolsado y despacho (solo a los equipos críticos), con la finalidad de verificar, de qué manera el RCM puede mejorar la disponibilidad de la sección.

3.2. Variables y operacionalización

Para esta investigación, se determinaron las siguientes variables.

3.2.1. Variable 1: Mantenimiento centrado en confiabilidad

Según (José, 2007) una variable independiente es aquella que el investigador mide, manipula y selecciona para determinar su relación con el objeto o fenómeno observado. Esta variable también se conoce como variable de estímulo o, de entrada. Es aquella que puede tener su origen en el sujeto o en el entorno del sujeto.

Según (Geraldo) el mantenimiento centrado en la confiabilidad se llama así debido a que reconoce que el mantenimiento no puede hacer otra cosa que asegurar que los elementos físicos continúen teniendo su capacidad de diseño.

3.2.2. Variable 2: Disponibilidad

Según (José, 2007), la variable dependiente es el factor que el investigador observa o mide para determinar el efecto de la variable independiente o la variable causal. La variable dependiente es la variable que da respuesta o salida al caso. Es aquella que o, aparece, desaparece, cambia, etc., como resultado de la manipulación que realiza el investigador en la variable independiente.

Según (Mesa Grajales, y otros, 2006), la disponibilidad, el objetivo principal del mantenimiento, se puede definir como la confianza de que un componente o sistema bajo mantenimiento desempeñará bien su función durante un período de tiempo específico. En realidad, la disponibilidad se expresa como un porcentaje del tiempo

que el sistema está en funcionamiento para un sistema operativo continuo.

3.2.3. Operacionalización.

Para visualizar la matriz de operacionalización, ver Anexo 17.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población de este estudio fue compuesta por los equipos en operación en la sección de embolsado y despacho, compuesta por 140 equipos.

3.3.2. Muestra:

Se consideró luego del análisis de criticidad un total de siete equipos críticos.

3.3.3. Muestreo:

El muestreo no probabilístico por conveniencia, fue producto del análisis de criticidad ejecutado, el cual arroja un total de siete equipos, indicados en el Anexo 18.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue análisis documental, para la recolección de información técnica, elaboración de matriz de criticidad, elaboración de AMEF y planes de mantenimiento, ver Anexo 21.

El instrumento que se utilizó fue la observación, método que se caracteriza por no ser intrusivo y requiere evaluar el comportamiento del objeto de estudio.

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo de este proyecto, se realizó en primera instancia, la identificación del total de equipos utilizados en la sección de embolsado y despacho.

Posteriormente se elaboró la matriz de criticidad para poder determinar a qué equipos se les aplicaría el AMEF, logrando determinar siete equipos críticos.

Luego se elaboró el AMEF a cada equipo clasificado como crítico, para este paso se revisaron manuales de los fabricantes, a fin de determinar las funciones principales y secundarias de los equipos, una vez definidas las funciones, se completó el AMEF con las fallas funcionales, modos de falla, efectos y causas de las fallas, para completar el AMEF, se ponderó cada causa de falla, utilizando la matriz GOD (Gravedad, Ocurrencia y Detectabilidad). Seguidamente se complementó el AMEF con la hoja de decisiones, en la cual se definieron las tareas necesarias para eliminar o minimizar las

fallas funcionales. Posteriormente se elaboraron los check list para el operador y los planes de mantenimiento basados en el análisis realizado con anterioridad, tomando como base, una calendarización semanal. Finalmente, se traza la meta de disponibilidad deseada, en un periodo de dos años.

3.6. Método de análisis de datos

Con la finalidad de determinar el efecto del RCM en la disponibilidad de la sección, se utilizó el software Excel para el registro y análisis de los datos recolectados durante el periodo de seguimiento.

3.7. Aspectos éticos

Se mantendrá reserva de los datos como códigos Flow Sheet y datos de la empresa tomada como referencia para este proyecto, refiriéndose a esta por el rubro al cual pertenece, con la finalidad de evitar conflicto de interés, se respetará los derechos de autor de los textos utilizados como base o referencia para el desarrollo de este proyecto, los cuales serán citados en el presente informe.

IV. RESULTADOS

Se presenta el análisis realizado para los objetivos trazados.

4.1. Objetivo específico 1:

Determinar la disponibilidad actual de la sección de embolsado y despacho.

Para calcular la disponibilidad se utiliza la formula descrita en el Anexo 17, obteniendo como resultado una disponibilidad promedio anual de 91.6%,

DISPONIBILIDAD ACTUAL				
Mes	Horas programadas	Horas de parada	Días de parada	Disponibilidad
Enero	684	34	1.4	95.0%
Febrero	624	37.5	1.6	94.0%
Marzo	696	48.5	2.0	93.0%
Abril	672	60.5	2.5	91.0%
Mayo	684	48	2.0	93.0%
Junio	672	107.5	4.5	84.0%
Julio	696	48.5	2.0	93.0%
Agosto	684	54.5	2.3	92.0%
Setiembre	672	54	2.3	92.0%
Octubre	684	62.5	2.6	90.9%
Noviembre	672	60.5	2.5	91.0%
Diciembre	696	69.5	2.9	90.0%
Promedio anual			2.4	91.6%

Tabla 1: Disponibilidad actual

4.2. Objetivo específico 2:

Elaborar el análisis la criticidad de la totalidad de equipos de la sección de embolsado y despacho, para poder determinar a qué equipos se les aplicaría la metodología RCM, ver Anexo 18.

CRITERIO	PONDERACIÓN
PROBABILIDAD DE FALLA	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
SEGURIDAD - DAÑO AL PERSONAL	1, 2, 3, 4
AMBIENTE - DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	1, 2, 3, 4
CANTIDAD - NIVEL DE PRODUCCIÓN DIFERIDO	1, 2, 3
CALIDAD - DAÑO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO	1, 2, 3
PERSONAL - MANO DE OBRA ESPECIALIZADA, INTERNA / EXTERNA	1, 2, 3
LOGÍSTICA - NIVEL DE SERVICIO DE REPUESTOS NACIONALES / IMPORTADOS	1, 2, 3, 4
TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	1, 2, 3, 4, 5
RESPALDO - CONTINGENCIA, STAND BY	1, 2, 3
COSTO DE REPOSICIÓN / REPARACIÓN (US\$)	1, 2, 3, 4, 5
LUCRO CESANTE DIARIO (US\$/día)	1, 2, 3, 4, 5

Tabla 2: Criterios y ponderaciones para el Análisis de criticidad

CLASE DE CRITICIDAD	CANTIDAD
Equipos con criticidad alta	7
Equipos con criticidad media	18
Equipos con criticidad baja	115

Tabla 3: Resumen de Análisis de criticidad

4.3. Objetivo específico 3:

Elaborar el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), para determinar las funciones, modos de falla, efectos de falla, consecuencias y medidas a implementar en los equipos clasificados como críticos.

Aplicador de Sacos, ver anexo 22.

Balanza, ver anexo 23.

Elevador 1, ver anexo 24.

Elevador 2, ver anexo 25.

Ensacadora rotativa, ver anexo 26.

Faja de salida, ver anexo 27.

Zaranda giratoria, ver anexo 28.

Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Aplicador de Sacos	20	33	68	68
Balanza	16	28	40	40
Elevador 1	38	67	75	75
Elevador 2	22	38	42	42
Ensacadora rotativa	20	33	59	42
Faja de salida	20	30	47	44
Zaranda giratoria	15	26	36	36

Tabla 4: Resumen de AMEF

4.4. Objetivo específico 4:

Elaborar los planes de mantenimiento de los equipos críticos de la sección de embolsado y despacho.

Se elaboran planes con frecuencias semanales y se proyecta el costo plan a 2 años (104 semanas), incluyendo el costo de mano de obra y materiales, es de S/108,305.16, ver Anexo 20.

Se elaboran check list para los operadores, ver Anexo 19.

Equipo	Mecánico	Electricista	Instrumentista	Inspector	Lubricador	Operador
Aplicador de Sacos	3		5	1		17
Balanza	1	2	4	1	2	6
Elevador 1	1	2	2	4	4	6
Elevador 2	2	5	3	6	7	6
Ensacadora rotativa	1	4	4	5	5	8
Faja de salida	1	2	1	1	3	6
Zaranda giratoria	1	2	2	1	2	6

Tabla 5: Resumen de actividades por especialidad.

Equipo	Frecuencia en semanas				
	Mecánico	Electricista	Instrumentista	Inspector	Lubricador
Aplicador de Sacos	24 - 48		4 - 16 - 24 - 48	4	
Balanza	8	12 - 24	8 - 16 - 24	2	1 - 48
Elevador 1	8	12 - 24	8	2 - 4	2 - 12 - 48
Elevador 2	8 - 48	8 - 12 - 24 - 48	8	2 - 4 - 48	2 - 12 - 48
Ensacadora rotativa	24	4 - 8 - 24	4 - 12 - 24	1 - 2 - 4	1 - 12 - 24 - 48
Faja de salida	8	12 - 24	8	2	1 - 48
Zaranda giratoria	4	12 - 24	4 - 8	1	1 - 48

Tabla 6: Frecuencia de planes.

4.5. Objetivo específico 5:

Estimar la disponibilidad de los equipos, con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento.

Para efectos de este estudio, se estima mejorar la disponibilidad promedio anual del área a un 97% en un periodo de 2 años.

Mes	Horas programadas	Horas de parada	Días de parada	Disponibilidad
Enero	684	20.5	0.9	97.0%
Febrero	624	19	0.8	97.0%
Marzo	684	20.5	0.9	97.0%
Abril	660	20	0.8	97.0%
Mayo	696	21	0.9	97.0%
Junio	672	20	0.8	97.0%
Julio	684	20.5	0.9	97.0%
Agosto	696	21	0.9	97.0%
Setiembre	672	20	0.8	97.0%
Octubre	684	20.5	0.9	97.0%
Noviembre	672	20	0.8	97.0%
Diciembre	684	20.5	0.9	97.0%
		Promedio anual	0.8	97.0%

Tabla 7: Disponibilidad estimada

4.6. Objetivo específico 6:

Determinar el costo beneficio de la implementación del RCM.

Para determinar el costo beneficio se toma como referencia el promedio del costo anual del cemento hasta diciembre del 2021, publicado en (Ministerio de Vivienda, 2022),

Año	2021												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Costo	S/ 23.29	S/ 23.32	S/ 23.33	S/ 23.31	S/ 23.30	S/ 23.31	S/ 23.31	S/ 23.34	S/ 23.34	S/ 24.55	S/ 24.71	S/ 24.74	S/ 23.65

Tabla 8: Promedio de costo de bolsa de cemento del 2021

Tomando como referencia el costo promedio de la bolsa de cemento, se obtiene el costo anual de venta, teniendo en cuenta la disponibilidad del área y la capacidad de producción de la ensacadora, se obtiene el monto de venta en cada escenario, lo que da una diferencia entre la disponibilidad inicial y la disponibilidad esperada, de S/29,662,325.00

	Promedio de costo de bolsa	S/ 23.65
Mes	Disponibilidad inicial	Disponibilidad esperada
Enero	S/ 46,125,625.00	S/ 47,083,618.75
Febrero	S/ 41,619,506.25	S/ 42,932,312.50
Marzo	S/ 45,948,218.75	S/ 47,083,618.75
Abril	S/ 43,393,568.75	S/ 45,416,000.00
Mayo	S/ 45,132,150.00	S/ 47,899,687.50
Junio	S/ 40,058,331.25	S/ 46,267,550.00
Julio	S/ 45,948,218.75	S/ 47,083,618.75
Agosto	S/ 44,670,893.75	S/ 47,899,687.50
Setiembre	S/ 43,854,825.00	S/ 46,267,550.00
Octubre	S/ 44,103,193.75	S/ 47,083,618.75
Noviembre	S/ 43,393,568.75	S/ 46,267,550.00
Diciembre	S/ 44,458,006.25	S/ 47,083,618.75
Suma	S/ 528,706,106.25	S/ 558,368,431.25
Diferencia	S/ 29,662,325.00	

Tabla 9: Resumen de venta según disponibilidad

V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se plantea como primer objetivo específico determinar la disponibilidad actual de la sección de embolsado y despacho. (Duarte Rojas, 2021), concluyó que las labores de mantenimiento propuestas en su trabajo, se enfatizaron en la disponibilidad de los equipos evaluados, para lo cual se requiere de mantenimientos periódicos para evitar fallas críticas. (Agreda Espinoza, 2020) en su estudio indica que la implementación del RCM en el sector industrial, es muy útil para mejorar la disponibilidad y reduce los costos de mantenimiento. (Alvarado Mayorca, 2019), determina como primer paso de su investigación, el cálculo de la disponibilidad de la empresa, para poder implementar el RCM. Debido a esto se puede decir que la determinación de la disponibilidad es importante para determinar la gestión de la empresa y saber qué acciones se podrían realizar, para el caso de este estudio, se propone implementar el RCM para la mejora de este indicador.

El segundo objetivo específico fue elaborar el análisis la criticidad de la totalidad de equipos de la sección de embolsado y despacho, para poder determinar a qué equipos se les aplicaría la metodología. (Paredes Nateros, y otros, 2019) indica que no todos

los equipos tienen la misma criticidad en una línea y ya que los recursos de mantenimiento son limitados, se debe priorizar a estos equipos. (Rincón Grass, y otros, 2017), define mediante el análisis de criticidad, que los equipos más importantes dentro de su estudio, son los ubicados en el área de materias primas, a los cuales les genera nuevos planes de mantenimiento. (Pacheco Bado, 2018) indica que el análisis de criticidad puede ser utilizado para la priorización de órdenes de trabajo, definir las necesidades del mantenimiento, priorizar posibles proyectos de inversión, diseñar políticas de mantenimiento, entre otros. Debido a lo descrito, se puede decir que definir los equipos críticos de una empresa, área o equipo, es un paso muy importante para saber hacia dónde dirigir las mejoras y poder lograr una gestión óptima del mantenimiento.

El tercer objetivo específico fue elaborar el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), para determinar las funciones, modos de falla, efectos de falla, consecuencias y medidas a implementar en los equipos clasificados como críticos. (Silva Urbina, y otros, 2019), utiliza inicialmente el análisis de criticidad para definir a que equipos aplicar el AMEF y poder definir las tareas necesarias en el tiempo correcto y poder minimizar las causas de las fallas, utilizando el resultado del AMEF para el desarrollo de los planes de mantenimiento. (Villafuerte Ccorahua, 2020), utiliza la matriz AMEF para identificar las posibles fallas que se pueden presentar dentro de su proceso productivo y poder actualizar el programa de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de la línea de envasado de la empresa. (Medina Medina, 2021), utiliza el AMEF para optimizar la gestión de mantenimiento en una empresa de maquinaria pesada, logrando identificar las causas de las fallas y evitar o reducir los efectos de estas. (Br. Juarez Pita, 2019), define que el AMEF tiene como objetivo conseguir el máximo desempeño eliminando los riesgos de manera proactiva. Se puede considerar que el AMEF es una herramienta necesaria para poder conocer las posibles causas de falla y poder minimizar o eliminar las fallas, además de que sirve como base para la elaboración de unos planes de mantenimiento adecuados para cada equipo.

El cuarto objetivo específico es elaborar los planes de mantenimiento de los equipos críticos de la sección de embolsado y despacho. (Chunga More, y otros, 2020), diseñaron un plan de mantenimiento basado en el RCM para mejorar la disponibilidad

de una chancadora giratoria, buscando elevar su disponibilidad de un 88% a 92.47%. (Mosquera Peña, 2018), implemento un plan de mantenimiento con la finalidad de mejorar la disponibilidad de un cargador frontal 962H, logrando aumentar la disponibilidad de 77.8% hasta 91%. (Escobar Bautista, 2018), implementa un plan de mantenimiento para la infraestructura de un hospital, ya que este carecía de planes de mantenimiento, debido a ello, solo realizaban actividades de mantenimiento correctivo, debido a la implementación del plan de mantenimiento obtiene un nivel de desempeño de 77,78%, que según sus parámetros lo considera como una gestión del mantenimiento cuasi satisfactoria. Se puede considerar que la implementación de planes de mantenimiento es una actividad necesaria para mejorar la gestión del mantenimiento, si el plan se complementa con el análisis AMEF, se puede contemplar dentro del plan casi todas las posibles fallas de los equipos, pudiendo lograr planes óptimos para garantizar la disponibilidad de los equipos.

El quinto objetivo específico es estimar la disponibilidad de los equipos, con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento. (Llomtop Ramos, 2018), propone la mejora en la disponibilidad del cargador LH307 teniendo como meta mínima, una disponibilidad de 85%. (Cristina Uribe, 2020), propuso la mejora de la disponibilidad de una maquina remalladora, la cual tenía una disponibilidad de 74.4%, luego de las mejoras planteadas, logra aumentar esta disponibilidad a 92%. Como se ve, la disponibilidad es un parámetro que depende de la empresa que lo implementen, ya que algunas se pueden trazar un a disponibilidad menor que otras, la disponibilidad no puede ser del 100%, ya que siempre habrá paradas ya sean mínimas, pero lo ideal es mantenerlo lo más cercano posible a 100%, evaluando si la inversión necesaria para ese objetivo vale la pena.

El sexto objetivo específico es determinar el costo beneficio de la implementación del RCM, para alcanzar este objetivo es necesario conocer el costo de la inversión necesaria para la implementación que se quiera realizar, ya que esta inversión tiene que ser menor a los beneficios que se esperan lograr.

El objetivo general del presente proyecto es: Evaluar la implementación de un plan de mantenimiento basado en el RCM, para incrementar la disponibilidad de equipos en la sección de embolsado y despacho de una empresa cementera, como se muestra en

los trabajos realizados por (Chunga More, y otros, 2020), (Alvarado Mayorca, 2019), (Medina Medina, 2021) y los demás trabajos revisados, el RCM es una herramienta muy útil para identificar las acciones necesarias para garantizar la mayor disponibilidad de los equipos o activos que se tengan como objeto de estudio, pero el éxito de esta implementación también depende del compromiso a todo nivel de la organización, ya que los planes de mantenimiento que resulten, deben ser respetado, a fin de garantizar el logro del objetivo.

VI. CONCLUSIONES

Para el primer objetivo específico: determinar la disponibilidad actual de la sección de embolsado y despacho, línea o equipo; la disponibilidad actual es de 91.6%.

Para el segundo objetivo específico: elaborar el análisis la criticidad de la totalidad de equipos de la sección de embolsado y despacho; con el análisis de criticidad realizado, se redujo la cantidad de equipos de 140 a siete, en los cuales se centrarán las actividades necesarias para mejorar su disponibilidad.

Para el tercer objetivo específico: elaborar el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), para determinar las funciones, modos de falla, efectos de falla, consecuencias y medidas a implementar en los equipos clasificados como críticos; para este caso identificamos entre los siete quipos, 151 funciones, 255 fallas funcionales, 367 modos de falla y 347 efectos de falla.

Para el cuarto objetivo específico: elaborar los planes de mantenimiento de los equipos críticos de la sección de embolsado y despacho; producto del análisis realizado, se generaron los nuevos planes de mantenimiento y un check list para los operadores, para el caso de los planes de mantenimiento se considera una combinación de técnicas que incluyen el mantenimiento preventivo y el predictivo, con frecuencias semanales, con una programación a 2 años, para el caso de los check list de los operadores, son actividades para verificación de equipos al inicio de su jornada, que incluyen básicamente inspecciones visuales y de limpieza. Los planes de mantenimiento generados a partir del primer análisis no serán los planes finales, ya que estos se pueden modificar en el tiempo, dependiendo de los hallazgos

encontrados, durante la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Para el quinto objetivo específico: estimar la disponibilidad de los equipos, con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento; para efectos de este trabajo, se espera mejorar la disponibilidad del área al 97%, en un lapso de 2 años.

Para el sexto objetivo específico: determinar el costo beneficio de la implementación del RCM; referente al costo beneficio, al ser información contable, solo se estima el costo de ventas comparando la disponibilidad inicial del equipo, que es de 91.6%, con la disponibilidad esperada, que es de 97%, tomando como referencia el costo de venta de una bolsa de cemento, se tendría un aumento de S/29,662,325.00 en ventas, sin considerar los gastos contables que tenga la empresa.

VII. RECOMENDACIONES

Luego de analizar los hallazgos encontrados durante la ejecución de este proyecto, se plantean las siguientes recomendaciones:

Identificar correctamente los equipos críticos del caso de estudio, para direccionar correctamente los recursos y obtener mejores resultados.

Definir los modos de falla, las posibles causas y efectos de las mismas, para poder identificar correctamente las actividades de mantenimiento a realizar, y sea por parte del personal de mantenimiento como del mismo personal que opera los equipos.

Los planes resultantes de la evaluación realizada, deben de servir de punto de partida, ya que los planes de mantenimiento no son estáticos, estos pueden variar en el tiempo, dependiendo de los hallazgos encontrados, alguna variación durante el proceso o algún posible fallo en la ejecución del mantenimiento.

La meta trazada en disponibilidad nos ayudara a medir que tan efectivo es el mantenimiento que se realiza, pero no solo se debe evaluar el mantenimiento, también la manera como se opera el equipo, ya que de esto también depende el correcto funcionamiento del mismo, para lograr este objetivo se debe de tener un compromiso no solo del personal de mantenimiento, sino también del personal operador y las jefaturas de los mismos.

REFERENCIAS

Afzali, Peyman, Keynia, Farshid and Rashidinejad, Masoud. 2018. *A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders.* Kerman - Irán : s.n., 2018.

Agreda Espinoza, Henry. 2020. *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para la mejor disponibilidad de los equipos en el sector industrial de manufactura entre los años 2011” 2019: una revisión sistemática de la literatura científica.* Lima - Perú : s.n., 2020.

Alvarado Mayorca, Jaime Roberto. 2019. *Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una pyme utilizando el RCM.* 2019.

Álvarez Coello, Gustavo Andrés and Araujo Parra, Iván Patricio. 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM de los activos críticos del área de mezclado de la empresa Continental Tire Andina S.A.* Cuenca - Ecuador : s.n., 2020.

Álvarez, Edgar Fernández. 2018. *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM.* Oviedo - España : s.n., 2018.

Añorga Gonzalez, Ana Paula and Becerra Iparraguirre, Andres Josue. 2020. *Influencia de la aplicación de herramientas de control de calidad y la estandarización de procesos en los costos operativos de las empresas”: Una revisión de la literatura científica entre los años 2007–2019.* Trujillo - Peru : s.n., 2020.

Br. Juarez Pita, Adler Ivan. 2019. *Aplicación del AMEF para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la Empresa S. M. R. L minera JUPITHER.* Trujillo - Perú : s.n., 2019.

Chunga More, Davis, Hidalgo Delgado, Gustavo and Pacherez Vines, Karla. 2020. *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de la chancadora giratoria.* Piura - Perú : s.n., 2020.

Cristina Uribe, Sophia. 2020. *Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil.* Lima - Perú : s.n., 2020.

Cruz Julca, Cesar Santa. 2018. *EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA VEHICULAR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL - CALLAO.* Callao - Perú : s.n., 2018.

Dabous, Saleh Abu, et al. 2021. *Integration of failure mode, effects, and criticality analysis with multi-criteria decision-making in engineering applications: Part I - Manufacturing industry.* Sharjah - United Arab Emirates : s.n., 2021.

Díaz Jiménez, Luis Rodolfo. 2019. *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DISPONIBILIDAD DEL CORE SAMPLER EN UN INGENIO AZUCARERO, UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA ELEVAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE MUESTREO.* Escuintla - Guatemala : s.n., 2019.

Duarte Rojas, Walter Alejandro. 2021. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO, DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM, ASISTIDO POR HERRAMIENTA DIGITAL, OPERADO POR LA EMPRESA ENARFIRE CONSULTING SAS.* Tunja - Colombia : s.n., 2021.

- Escobar Bautista, Jonathan Eduardo. 2018.** *ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA INFRAESTRUCTURA CIVIL DEL EDIFICIO DE HOSPITALIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN, ÁREAS VERDES Y PARQUEADEROS DEL HOSPITAL GENERAL RIOBAMBA UTILIZANDO LA NORMA UNE – EN 15331.* Riobamba- Ecuador : s.n., 2018.
- Geraldo, Ary.** *Introducción a RCM.*
- Isniah, Sarah, Purba, Humiras Hardi and Debora, Fransisca. 2020.** *Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues.* Jakarta 11610 - Indonesia : s.n., 2020.
- Janjić, Vesna, Todorović, Mirjana and Jovanović, & Dejan. 2019.** *Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation.* [Engineering Management Journal] República de Serbia : Taylor & Francis Online, Taylor & Francis online, 2019. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>.
- José, Amiel Pérez. 2007.** *Las variables en el método científico.* [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007&lng=es&nrm=iso]. ISSN 1810-634X] s.l. : Revista de la Sociedad Química del Perú, 2007. vol.73, n.3.
- M.Giardina and M.Morales. 2015.** *Safety study of an LNG regasification plant using an FMECA and HAZOP integrated methodology.* Palermo - Italy : s.n., 2015. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423015000753>.
- Macedo Sajami, José Carlos. 2018.** *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la productividad de la línea 14 de envasado Tetra Pak- Lurigancho.* Lima - Perú : s.n., 2018.
- Maya Velasquez, Jhonny Alexander. 2018.** *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM.* Medellín - Colombia : s.n., 2018.
- Medina Medina, Juan Carlos. 2021.** *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF, como herramienta principal del (RCM).* Trujillo - Perú : s.n., 2021.
- Mesa Grajales, D. H., Ortiz Sánchez, Y. and & Pinzón, M. 2006.** *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.* Pereira - Colombia : Scientia et technica, 2006. 1(30), 155-160.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2022.** www3.vivienda.gob.pe. [Online] junio 3, 2022. [Cited: julio 04, 2022.] [chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/http://www3.vivienda.gob.pe/destacados/estadistica/98.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/destacados/estadistica/98.pdf).
- Mosquera Peña, Pedro Miguel. 2018.** *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal 962H en la Empresa Eco sermy-Yauli.* Huancayo - Perú : s.n., 2018.
- Moubray, Jhon. 2004.** *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II.* Ashville : Aladon LLC., 2004.
- Pacheco Bado, Larissa Fharide. 2018.** *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la empresa Hydro Pátapo S.A.C.* Chiclayo - Perú : s.n., 2018.
- Paredes Nateros, Javier Glenne and Tupez Mendoza, Jhon Rogger. 2019.** *Incremento de la producción de cuadernos a partir de la implementación del RCM en*

la Gestión de Mantenimiento. 2019.

Pérez J., Mario Carlos. *MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)*. Colombia : s.n.

Renjitha, V.R., et al. 2018. *Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility*. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.01.002>.

Rincón Grass, Johan Lisandro and Sanchez Cabezas, Jhon Alexander. 2017. *Implementación de rcm para los activos críticos de materias primas de una fábrica de vidrio*. Bogotá - Colombia : s.n., 2017.

Ronny, Llomtop Ramos. 2018. *Gestión de mantenimiento y disponibilidad mecánica para el equipo IH307 - cargador frontal de bajo perfil, aplicado en minería subterránea*. Callao - Perú : s.n., 2018.

Royo González, Marta, et al. 2019. *REVISIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LAS PREGUNTAS GUIADAS EN EL ÁMBITO DEL DISEÑO*. Malaga - España : s.n., 2019.

Sagnier, Célia. 2018. Métodos de mantenimiento: 8 técnicas que conocer. *Mobility Work*. [Online] mayo 31, 2018. <https://mobility-work.com/es/blog/tecnicas-metodos-de-mantenimiento/>.

Silva Urbina, Isaac, et al. 2019. *Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF*. Cúcuta - Colombia : s.n., 2019.

Sobrino Zimmermann, José. 2015. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Lima - Perú : s.n., 2015.

Vásquez Díaz, Juan José. 2019. *Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a excavadoras Caterpillar 336D2L*. Piura - Perú : s.n., 2019.

Villafuerte Ccorahua, Joel. 2020. *IMPLEMENTACION DEL AMEF Y LA INFLUENCIA PARA MEJORAR DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS EN LÍNEA DE FABRICACION Y ENVASADO DE UNGUENTOS OFTALMICOS ESTERILES EN LABORATORIOS LANSIER S.A.C*. Lima - Perú : s.n., 2020.

ANEXOS

Anexo 1: Ponderación para personal - Mano de obra, interna / externa (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	PERSONAL - MANO DE OBRA ESPECIALIZADA, INTERNA / EXTERNA	TIEMPO ESTIMADO
3	Requiere mantenimiento especializado, no disponible en el área, sin contrato vigente	2 Meses
2	Requiere mantenimiento especializado, no disponible en el área, con contrato vigente	5 días
1	Requiere mantenimiento disponible en el área	0

*Implicancia en Factor Tiempo y Complejidad

Anexo 2: Ponderación para probabilidad de falla (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	PROBABILIDAD DE FALLA
8	Ocurrencia de Fallas > 180 fallas por año - MTBF < 2 Días
7	Ocurrencia de Fallas entre 90 y 180 fallas por año. MTBF entre 4 y 2 Días
6	Ocurrencia de Fallas entre 36 y 90 fallas por año. MTBF entre 10 y 4 Días
5	Ocurrencia de Fallas entre 20 y 36 fallas por año. MTBF entre 18 y 10 Días
4	Ocurrencia de Fallas entre 10 y 20 fallas por año. MTBF entre 36 y 18 Días
3	Ocurrencia de Fallas entre 4 a 10 fallas por año. MTBF entre 90 y 36 Días
2	Ocurrencia de Fallas entre 1 y 4 fallas por año. MTBF entre 360 y 90 Días
1	Ocurrencia de Fallas Menor a 1 falla por año. MTBF > 360 Días

*Considerar Cuadros de Frecuencia de Fallas Para equipos Nuevos y de reposición USADOS

Anexo 3: Ponderación para Seguridad - Daño al personal (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	SEGURIDAD - DAÑO AL PERSONAL
4	Personal: Cuando se estime una potencial causa de muerte debido a daños graves o irreversibles a la persona, que
3	Personal: Cuando origine una discapacidad temporal o una enfermedad que conduce a un descanso temporal.
2	Personal: cuando afecte a la persona y lo imposibilite de laborar por menos de 24 horas.
1	Personal: Cuando afecte minimamente a la persona, sin producir ninguna enfermedad o discapacidad.

Anexo 4: Ponderación para Ambiente - Daño al medio ambiente (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	AMBIENTE - DAÑO AL MEDIO AMBIENTE
4	El aspecto ambiental genera o puede generar impacto sobre el limite permisible; es perceptible dentro o fuera de la
3	El aspecto ambiental genera o puede generar impacto por debajo del limite permisible; es perceptible fuera de la planta.
2	El aspecto ambiental genera o puede generar impacto por debajo del limite permisible; es perceptible dentro de la
1	El aspecto ambiental no tiene limite permisible o, genera o puede generar impacto por debajo del limite permisible; casi

Anexo 5: Ponderación para cantidad - Nivel de producción diferido (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	CANTIDAD - NIVEL DE PRODUCCIÓN DIFERIDO
3	DETENCIÓN COMPLETA 100 % - Parada de Toda la Planta o Corte de Línea
2	REDUCCIÓN DE CAPACIDAD MAYOR O IGUAL AL 50% - Parada inmediata de un sector de línea productiva
1	REDUCCIÓN DE CAPACIDAD MENOR A 50% - Genera un efecto mínimo sobre operaciones y producción

*Por el tipo de industria, es factible reprocesar la producción perdida durante falla.

*Por el tipo de industria, es factible reprocesar la producción perdidadurante falla

*Determinar Costos Operativos, por Sección

Anexo 6: Ponderación para calidad - Daño a la calidad del producto (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	CALIDAD - DAÑO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO
3	PRODUCTO NO CONFORME QUE PONE EN RIESGO LA COMPETITIVIDAD EN EL MERCADO
2	PRODUCTO NO CONFORME (REPROCESABLE)
1	PRODUCTO CONFORME - NO AFECTA EN LA CALIDAD

*Considerar procesos del Crudo Negro y cementos (Rechazos) no reingresan al proceso

Anexo 7: Ponderación para Logística - Nivel de servicio de repuestos nacionales / importados (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	LOGÍSTICA - NIVEL DE SERVICIO DE REPUESTOS NACIONALES / IMPORTADOS	TIEMPO ESTIMADO
4	Requiere de repuestos de LARGO plazo de entrega / importado	18 Semanas
3	Requiere de repuestos de MEDIO plazo de entrega	8 Semanas
2	Requiere de repuestos de CORTO plazo de entrega	1 Semana
1	Requiere de repuestos existentes en alta rotacion de almacén	0

Anexo 8: Ponderación para tiempo promedio de reparación (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN
4	Tiempo MAYOR a 72 horas
3	Tiempo entre 8 a 24 horas
2	Tiempo entre 4 a 8 horas
1	Tiempo MENOR a 4 horas

*Asociado al Tiempo de Reparacion - existe una Perdida de Producción Futura, luego de ocurrida la falla

Anexo 9: Ponderación para Respaldo - Contingencia, stand by (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	RESPALDO - CONTINGENCIA, STAND BY
3	No existe opción de producción y no existe función de respaldo (Backup) - CAPACIDAD 0%
2	Existe opción de Respaldo - CAPACIDAD ≤ 50%
1	Existe opción de Respaldo - CAPACIDAD = 100%

Anexo 10: Ponderación para Costo de reposición / reparación (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	COSTO DE REPOSICIÓN / REPARACIÓN (US\$)
5	Más de US \$ 500,000
4	De US \$ 100,000 a 500,000
3	De US \$ 50,000 a 100,000
2	De US \$ 5,000 a 50,000
1	Hasta US \$ 5,000

Anexo 11: Ponderación para lucro cesante diario (Sobrino Zimmermann, 2015)

PUNTAJE	LUCRO CESANTE DIARIO (US\$/día)
5	Más de US \$ 100,000
4	De US \$ 50,000 a 100,000
3	De US \$ 10,000 a 50,000
2	Hasta US \$ 10,000
1	US \$ 0

Anexo 12: Matriz de criticidad (Sobrino Zimmermann, 2015)

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DE PLANTA																									
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	PND. 1	PND. 2	PND. 3	PND. 4	PND. 5	PND. 6	PND. 7	PND. 8	PND. 9	PND. 10	PND. 11	VALORACIÓN	CRITICIDAD											
															CONSECUENCIAS				NIVEL DE RESPUESTA				M&O - COSTOS	NIVEL DE JERARQUÍA	CLASE DE CRITICIDAD
															SMA - EFECTO CUANTIFICADO SOBRE LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE		PROD - EFECTO CUANTIFICADO SOBRE EL NIVEL DE PRODUCCIÓN Y SUS COSTOS		MTTO - MANTENIBILIDAD Y COSTO DE REPOSICIÓN						
SEGURIDAD - DAÑO AL PERSONAL	AMBIENTE - DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	CANTIDAD - NIVEL DE PRODUCCIÓN DIFERIDO	CALIDAD - DAÑO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO	PERSONAL - MANDO DE OBRA ESPECIALIZADA, INTERNA / EXTERNA	LOGÍSTICA - NIVEL DE SERVICIO DE REPUESTOS NACIONALES / IMPORTADOS	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	STAND BY	COSTO DE REPOSICIÓN / REPARACIÓN (US\$)	LUCRO CESANTE (DIARIO (US\$/8h)																
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									

Anexo 13: Puntajes de matriz de criticidad (Sobrino Zimmermann, 2015)

Frecuencia	8	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344
	7	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161	168	175	182	189	196	203	210	217	224	231	238	245	252	259	266	273	280	287	294	301
6	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234	240	246	252	258	
5	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	
4	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	
3	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	
2	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	

Criticidad Alta A Color rojo 173 ≤ Criticidad ≤ 344

Criticidad Media Baja B Color amarillo 87 ≤ Criticidad ≤ 172

Criticidad Baja C Color verde 10 ≤ Criticidad ≤ 86

Anexo 14: AMEF (Sobrino Zimmermann, 2015)

Nombre de Equipo:																						
Sistema:																						
Sub Equipos	Ítem Mantenible	N°	Función	Falla Funcional	N°	Modo de Falla	Efecto de Falla	N°	Causa 1	N°	Causa 2	N°	Causa 3	N°	Causa 4	Controles actuales	G	O	D	NPR	Calif. NPR	
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO
																					0	FALSO

Anexo 15: Ponderaciones para el NPR o GOD (Sobrino Zimmermann, 2015)

NPR = G x O x D		Intervalo Calificación NPR	
Gravedad (G)		NPR > 200 Inaceptable (I)	
Descripción		200 > NPR > 125 Reducción deseable (R)	
Puntaje		125 > NPR Aceptable (A)	
Infinia, imperceptible			
Escasa, falla menor			
Baja, fallo inminente			
Media, fallo pero no para el sistema			
Elevada, falla crítica			
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad			
Puntaje			
1			
2-3			
4-5			
6-7			
8-9			
10			
Ocurrencia (O)			
Descripción			
Puntaje			
1			
2-3			
4-5			
6-7			
8-9			
10			
Detección (dificultad de detección) (D)			
Descripción			
Puntaje			
1			
2-3			
4-5			
6-7			
8-9			
10			
Intervalo inicial		Rptas.	
a		S	
m		N	
s			
d			
Ponderados			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo 16: Hoja de decisiones

HOJA DE DECISIONES			Sistema:				Facilitador:				Fecha:		Hoja N°			
			Subsistema:				Auditor:				Fecha:		de:			
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Acción a falta de				Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d= día)		A realizarse por			
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				

Anexo 17: Matriz de Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Mantenimiento centrado en confiabilidad	Es un proceso utilizado para determinar qué acciones se deben de realizar para asegurar que cualquier activo físico continúe realizando lo que su usuario quiere que haga, en su contexto operacional actual, (Zimmermann, 2014).	Permite definir las funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos de falla, consecuencias de falla y las acciones necesarias para eliminar o minimizar cada modo de falla	Funciones	Es el motivo de la adquisición del activo, es decir, que se quería que haga cuando se adquirió.	Razón
			Fallas funcionales	Es el estado de falla, es decir, cuando el activo no puede cumplir su función de manera total o parcial.	
			Modos de falla	Es lo que pudo haber causado cada estado de falla.	
			Efectos de falla	Es el listado que describe, que ocurre con cada modo de falla, de qué manera afecta la función del activo.	
			Consecuencias de falla	Indica si es necesario o no realizar actividades para prevenirla o si simplemente no se realiza ninguna acción.	
			Acciones a seguir	Define que tipo de actividades se pueden realizar para eliminar o minimizar los modos de falla.	
Disponibilidad	La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación a esta en disposición para producir, muy independientemente que lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico, (Fernández Álvarez, 2018).	La disponibilidad de los equipos permite la continuidad del servicio que brinda a quienes lo demandan	Tiempo medio entre fallas (MTBF).	$MTBF = (T_d - T_i) / N_p$ Donde: T_d = Tiempo disponible T_i = Tiempo de inactividad N_p = Número de paradas	Razón
			Tiempo medio para reparar (MTTR).	$MTTR = T_m / N_r$ Donde: T_m = Tiempo total de mantenimiento N_r = Número de reparaciones	
			Disponibilidad (D).	$D = (H_t - H_p) / H_t$ Donde: H_t = Horas totales H_p = Horas de parada por mantenimiento H_t = Horas totales	

Anexo 18: Desarrollo de Análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DE PLANTA															NIVEL DE JERARQUIA	CLASE DE CRITICIDAD
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	CONSECUENCIAS					NIVEL DE RESPUESTA					MBO - COSTOS				
		SMA - EFECTO CUANTIFICADO SOBRE LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE		PROD - EFECTO CUANTIFICADO SOBRE EL NIVEL DE PRODUCCIÓN Y SUS COSTOS			MTTO - MANTENIBILIDAD Y COSTO DE REPOSICIÓN					COSTO DE REPOSICIÓN / REPARACIÓN (US\$)	LUCRO CESANTE DIARIO (US\$/día)			
		SEGURIDAD - DAÑO AL PERSONAL	AMBIENTE - DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	CANTIDAD - NIVEL DE PRODUCCIÓN DIFERIDO	CALIDAD - DAÑO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO	PERSONAL - MANO DE OBRA ESPECIALIZADA, INTERNA / EXTERNA	LOGÍSTICA - NIVEL DE SERVICIO DE REPUESTOS NACIONALES / IMPORTADOS	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	STAND BY							
PND. 1	PND. 2	PND. 3	PND. 4	PND. 5	PND. 6	PND. 7	PND. 8	PND. 9	PND. 10	PND. 11	VALORACIÓN	CRITICIDAD				
1	Embolsadura rotativa.	7	4	3	5	5	3	4	3	3	3	5	266	A		
2	Elevador de cangilones Nº 1.	7	4	2	5	3	2	3	3	3	1	5	217	A		
3	Elevador de cangilones Nº 2.	5	3	3	5	5	3	4	5	3	4	5	200	A		
4	Aplicador de bolsas.	5	4	3	3	5	3	4	5	3	5	4	195	A		
5	Zaranda rotativa.	5	4	3	3	5	3	4	5	3	5	5	200	A		
6	Balanza de sacos.	5	4	3	3	5	3	4	5	3	5	3	190	A		
7	Faja transportadora de salida de ensacadora.	5	3	3	5	5	3	4	5	3	4	5	200	A		
8	Alimentador rotativo Nº 2.	5	2	2	5	3	2	4	3	3	3	5	160	B		
9	Faja transportadora limpia sacos.	5	3	2	5	1	2	3	3	3	3	5	150	B		
10	Faja transportadora de salida de descartasacos.	5	2	2	5	1	2	3	3	3	3	5	145	B		
11	Faja transportadora Nº 1.	5	3	2	5	1	2	3	3	3	3	5	150	B		
12	Curva de rodillos motorizados.	5	2	2	5	1	2	3	3	3	3	5	145	B		
13	Faja transportadora Nº 2.	5	3	2	5	1	2	3	3	3	3	5	150	B		
14	Alimentador rotativo Nº 1.	5	2	2	5	1	2	3	3	3	3	5	145	B		
15	Faja transportadora Nº 3.	5	3	2	5	1	2	3	3	3	3	3	140	B		
16	Descarta sacos.	5	2	2	5	1	2	3	3	3	3	3	135	B		
17	Faja Telescópica.	5	3	2	5	1	2	3	3	2	3	3	135	B		
18	Ventilador de canaleta Nº 1.	4	2	1	3	3	3	3	3	1	1	1	92	B		
19	Zaranda vibratoria Nº 1.	4	2	2	5	5	1	4	1	3	1	1	100	B		
20	Tolva de cemento Nº 1.	4	2	1	3	3	3	3	3	3	1	1	92	B		
21	Canaleta Nº 1.	6	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	96	B		
22	Silo de cemento Nº 1.	4	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	96	B		
23	Silo de cemento Nº 2.	4	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	96	B		
24	Silo de cemento Nº 3.	4	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	96	B		
25	Silo de cemento Nº 4.	4	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	96	B		
26	Valvula de derivacion del Silo Nº 5.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	3	88	B		
27	Valvula de derivacion del Silo Nº 2.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	3	88	B		
28	Valvula de derivacion del Silo Nº 4.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	5	96	B		
29	Blower de aireación de Silos.	4	2	1	3	3	1	4	1	3	1	3	88	B		
30	Condificador de bolsas.	4	1	1	3	3	3	3	3	3	1	3	96	B		
31	Filtro de Mangas Nº 1.	4	2	3	3	3	1	3	1	3	1	3	92	B		
32	Ventilador de Filtro Nº 1.	4	2	3	3	3	1	3	1	3	1	3	92	B		
33	Alimentador rotativo Nº 2.	4	2	2	3	3	1	3	1	3	1	3	88	B		
34	Desviador de sacos.	4	1	1	3	3	1	3	3	3	1	3	88	B		
35	Faja transportadora móvil.	4	3	1	3	3	1	3	3	2	1	3	92	B		
36	Transportador helicoidal Nº 1.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	3	88	B		
37	Transportador helicoidal Nº 2.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	3	88	B		
38	Tobogan de rodillos conicos.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	3	88	B		
39	Canaleta Nº 3.	4	1	1	3	3	3	3	3	3	1	3	96	B		
40	Zaranda vibratoria Nº 2.	4	2	2	1	5	2	4	1	3	1	1	88	B		
41	Compuerta guillotina de descarga de Silo Nº 1.	4	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	88	B		
42	Valvula de derivacion del Silo Nº 3.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	1	80	C		
43	Canaleta Nº 5.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	1	80	C		
44	Compuerta Neumática de dos Vías Nº 1.	4	2	2	3	3	1	3	1	3	1	1	80	C		
45	Alimentador bolsas vacías.	4	3	2	3	3	1	2	1	3	1	1	80	C		
46	Compuerta guillotina de descarga de Silo Nº 2.	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
47	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 6.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
48	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 1.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
49	Valvula on/off de descarga del silo Nº 1.	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
50	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 2.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
51	Compuerta guillotina de descarga de Silo Nº 3.	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
52	Valvula on/off de descarga del silo Nº 2.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
53	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 3.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
54	Compuerta guillotina de descarga de Silo Nº 4.	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
55	Valvula on/off de descarga del silo Nº 3.	1	3	3	1	1	1	2	1	3	1	1	17	C		
56	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 4.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
57	Filtro de mangas Nº 2.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
58	Válvula de contrapeso salida Nº 5.	1	2	2	1	1	1	2	1	3	1	1	15	C		
59	Compuerta Neumática de dos Vías Nº 5.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
60	Ventilador de Filtro Nº 2.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
61	Compuerta guillotina de descarga de Silo Nº 5.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
62	Válvula motorizada de descarga del silo Nº 5.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
63	Canaleta Nº 7.	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	18	C		
64	Ventilador de canaleta Nº 2.	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	18	C		
65	Filtro compacto de canaleta Nº 8.	1	2	2	1	1	1	3	1	3	1	1	16	C		
66	Canaleta Nº 2.	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	18	C		
67	Ventilador de canaleta Nº 3.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
68	Ventilador de canaleta Nº 4.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
69	Ventilador de canaleta Nº 5.	3	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	45	C		
70	Tolva de cemento Nº 2.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
71	Transportador helicoidal Nº 3.	2	3	2	1	1	1	2	1	3	1	1	32	C		
72	Manga retractil Nº 1.	1	2	2	1	1	1	2	1	3	1	1	15	C		
73	Valvula on/off de descarga del silo Nº 4.	1	3	1	5	1	1	3	1	3	1	5	24	C		
74	Filtro de mangas Nº 3.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
75	Compuerta Neumática de dos Vías Nº 6.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
76	Ventilador de Filtro Nº 3.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
77	Filtro compacto de canaleta Nº 9.	3	3	1	3	1	1	3	1	3	1	3	60	C		
78	Canaleta Nº 4.	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
79	Ventilador de canaleta Nº 6.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
80	Alimentador rotativo Nº 5.	1	2	3	3	1	1	3	1	3	1	3	21	C		
81	Compuerta Neumática de dos Vías Nº 2.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
82	Canaleta Nº 6.	1	3	1	3	1	1	3	1	2	1	3	19	C		
83	Ventilador de canaleta Nº 7.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
84	Canaleta Nº 8.	1	1	1	3	1	1	3	1	2	1	3	17	C		
85	Canaleta Nº 9.	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
86	Ventilador de canaleta Nº 8.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
87	Transportador helicoidal Nº 5.	1	3	3	1	1	1	2	1	3	1	1	17	C		
88	Manga retractil Nº 2.	1	2	2	1	1	1	2	1	3	1	1	15	C		
89	Valvula on/off de descarga del silo Nº 5.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
90	Tolva de cemento Nº 3.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
91	Transportador helicoidal Nº 4.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
92	Faja transportadora Nº 4.	1	3	1	3	1	1	3	1	2	1	3	19	C		
93	Tobogán de sacos en espiral.	1	1	1	3	1	1	3	1	2	1	3	17	C		
94	Compresor GA75+.	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	14	C		
95	Secador.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
96	Alimentador rotativo Nº 6.	1	3	3	1	1	1	2	1	3	1	1	17	C		
97	Válvula de contrapeso salida Nº 1.	1	2	2	1	1	1	2	1	3	1	1	15	C		
98	Válvula de contrapeso salida Nº 2.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
99	Válvula de contrapeso salida Nº 3.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
100	Válvula de contrapeso salida Nº 4.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
101	Filtro compacto de canaleta Nº 1.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
102	Filtro compacto de canaleta Nº 2.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
103	Filtro compacto de canaleta Nº 3.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
104	Filtro compacto de canaleta Nº 4.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
105	Filtro compacto de canaleta Nº 5.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
106	Filtro compacto de canaleta Nº 6.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
107	Filtro compacto de canaleta Nº 7.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	17	C		
108	Valvula on/off de descarga del silo Nº 6.	1	2	2	1	1	1	3	1	3	1	1	16	C		
109	Silo de cemento Nº 5.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
110	Silo de cemento Nº 6.	1	2	1	3	1	1	3	1	3	1	3	19	C		
111	Ventilador de canaleta Nº 9.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	15	C		
112	Canaleta Nº 10.	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	3	17	C		
113	Filtro de Mangas Nº 5.	1	2	3	1	1	1	3	1	3	1					

Anexo 19: Check list para operador

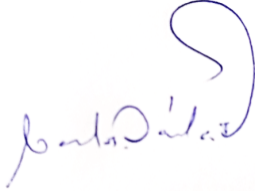
Nº	EQUIPO	DESIGNACIÓN	TAREA A REALIZAR	PARAMETRO A OBSERVAR	CONFORME	Observaciones	Turno	Frecuencia a la Semana	Tiempo (Minutos)	Tiempo total	
1	ENSACADORA ROTATIVA										8.50
		ENSACADORA ROTATIVA	Revisar junta tórica	Funcionamiento sin fugas de aire ni ruidos extraños.			A	1	1		
		ENSACADORA ROTATIVA	Verificar sincronismo Máquina-Applicador	La inserción del saco a la boquilla debe ser exacta.			ABC	D	0.5		
		ENSACADORA ROTATIVA	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	No presentar ruidos característicos de soldaduras y fugas de aire.			ABC	D	0.5		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Revisar soldaduras en motorreductor-motor de accionamiento	El motorreductor debe estar fijo sin soldaduras mecánicas en pernería.			A	2	2		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Revisar soldaduras en motorreductor-reductor de accionamiento	El motorreductor debe estar fijo sin soldaduras mecánicas en pernería.			A	2	2		
		PANEL VIEW DE ENSACADORA	Verificar velocidad de trabajo de máquina (Panel View)	Velocidad despacho a parihuelas o velocidad despacho normal.			ABC	D	1		
		SWITCH DE SEGURIDAD	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			ABC	D	1		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Limpieza de placa de datos de motorreductor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
2	ELEVADOR 1										5.00
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Control el amperaje (16 Amp Vacío y 25 a Plena carga)	El amperaje de estar a 16 Amp en Vacío y 25 Amp máx. Plena carga.			ABC	D	1		
		BASTIDOR ELEVADOR DE FAJA	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	El equipo debe funcionar sin presencia de ruidos característicos de soldaduras mecánicas o ruidos extraños.			ABC	D	1		
		BASTIDOR ELEVADOR DE FAJA	Revisar integridad de estructura y sello de puertas	La estructura y sellos no debe presentar fisuras y/o fugas de material.			ABC	D	1		
		BASTIDOR ELEVADOR DE FAJA	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			A	1	1		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Limpieza de placa de datos de motor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Limpieza de placa de datos de reductor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
3	ELEVADOR 2										5.00
		MOTOR ELÉCTRICO	Control el amperaje (16 Amp Vacío y 25 a Plena carga)	El amperaje de estar a 16 Amp en Vacío y 25 Amp máx. Plena carga.			ABC	D	1		
		BASTIDOR DE ELEVADOR	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	El equipo debe funcionar sin presencia de ruidos característicos de soldaduras mecánicas o ruidos extraños.			ABC	D	1		
		BASTIDOR DE ELEVADOR	Revisar integridad de estructura y sello de puertas	La estructura y sellos no debe presentar fisuras y/o fugas de material.			ABC	D	1		
		BASTIDOR DE ELEVADOR	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			A	1	1		
		MOTOR ELÉCTRICO	Limpieza de placa de datos de motor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
		REDUCTOR	Limpieza de placa de datos de reductor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
4	BALANZA										3.50
		BALANZA DE SACOS	Revisar y limpiar guardas (Rejillas)	La guardas deben estar montadas, limpias y en buen estado.			ABC	D	0.5		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Revisar fugas de aceite	No debe presentar fugas de aceite por sellos del motorreductor.			ABC	D	0.5		
		BALANZA DE SACOS	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	El equipo debe funcionar sin presencia de ruidos característicos de soldaduras mecánicas o ruidos extraños.			ABC	D	0.5		
		BALANZA DE SACOS	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			A	1	1		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Limpieza de placa de datos de motor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Limpieza de placa de datos de reductor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
5	FAJA TRANSPORTADORA										6.50
		BASTIDOR FAJA TRANSPORTADORA	Revisar y limpiar guardas y persianas	La guardas deben estar montadas, limpias y en buen estado. Las persianas debe estar en buen estado (No rotas)			C	1	1.00		
		BASTIDOR FAJA TRANSPORTADORA	Revisar y limpiar sistema de regulación de altura	El sistema debe estar limpio sin material acumulado, para evitar deterioro			C	1	0.50		
		BASTIDOR FAJA TRANSPORTADORA	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	El equipo debe funcionar sin presencia de ruidos característicos de soldaduras mecánicas o ruidos extraños.			ABC	D	2		
		BASTIDOR FAJA TRANSPORTADORA	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			C	1	1.00		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Limpieza de placa de datos de motor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			C	1	1.00		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Limpieza de placa de datos de reductor y del equipo en si.	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			C	1	1.00		
6	APLICADOR DE SACOS										11.50
		BOMBA DE VACÍO	Inspección de la presión de la bomba de vacío	La presión de la bomba debe estar entre			ABC	D	1		
		MOTOR ELÉCTRICO	Limpieza de placa de datos de motor bomba de vacío	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	1		
		BOMBA DE VACÍO	Revisar fugas de aceite de en bomba de vacío	La bomba no debe presentar fugas de aceite por ningún lado.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Limpieza de Bastidor de Aplicador	El bastidor debe permanecer limpio por la presencia de dispositivos electrónicos.			ABC	D	1		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar compactador de sacos (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar empujador de sacos (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar grupo tomasacos (abre vál. Horario) (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar horquillas de apoyo (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar levantamiento de fondo de saco (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar mesa de levantamiento (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar soporte pie de apoyo (Solturas y/o fugas de aire)	El pie de apoyo debe permanecer rígido, sin soldaduras ni fisuras.			A	1	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar pinza aplicasacos (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar: fugas de aire por los pistones ni por electroválvulas, soldaduras mecánicas, debe poder ser accionado en sus 2 posiciones.			ABC	D	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Revisar trasladador de sacos (Solturas y/o fugas de aire)	No debe presentar fisuras ni material acumulado.			ABC	D	0.5		
		INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	Limpieza de electroválvulas y sensores de aplicador de sacos	Las electroválvulas deben permanecer sin material acumulado y en buen estado.			ABC	2	0.5		
		APLICADOR DE SACOS	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			A	1	1		
		REDUCTOR	Revisar fugas de aceite por reductor de aplicador	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	1		
		SERVO MOTOR	Limpieza de placa de datos de servomotor y del aplicador	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	1		
7	ZARANDA ROTATIVA										4.50
		ZARANDA ROTATIVA	Revisar Fugas en la estructura, en los empalmes y en los sellos de la zaranda	No debe presentar fugas de material por ninguna parte de sus estructura.			A	1	2		
		MOTORREDUCTOR-MOTOR	Limpieza de placa de datos de motor de subir-bajar	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
		MOTORREDUCTOR-REDUCTOR	Limpieza de placa de datos de reductor de subir-bajar	La información de placa debe estar visible y el motor sin material acumulado.			A	1	0.5		
		ZARANDA ROTATIVA	Verificar sonidos extraños y revisar de que se trata	El equipo debe funcionar sin presencia de ruidos característicos de soldaduras mecánicas o ruidos extraños.			ABC	D	1		
		SWITCH DE SEGURIDAD	Verificar funcionalidad de paros de emergencia	Los paros de emergencia, deben parar el equipo al ser accionados.			A	1	0.25		
		ZARANDA ROTATIVA	Revisar resortes	Debe funcionar sin material acumulado y no debe presentar fisuras ni rajaduras.			A	1	0.25		

Frecuencias Diarias (D)	26
Frecuencia 1 vez por semana	25
Frecuencia 2 veces por semana	3
Turno A	23
Turno B	0
Turno C	5
Turno ABC	27
Numero total de Tareas	54
Tiempo Total (Minutos)	44.50


Anexo 21: Técnicas de recolección de datos

TECNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Análisis documental	<ol style="list-style-type: none">1. Recolección de información técnica.2. Elaboración de matriz de criticidad,3. Elaboración de AMEF.4. Elaboración de planes de mantenimiento.5. Elaboración de check list de operación.	Manuales físicos, manuales digitales, información en red, tesis, artículos de investigación, libros, software de hoja de cálculo Excel 2016

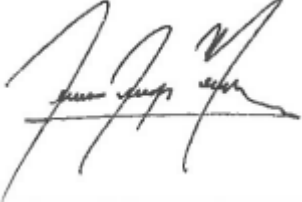
FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos / Horas programadas de operación / Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Carlos Vidal Dávila Ignacio
Documento de identidad	07390694
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Maestro en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento
Nacionalidad	Peruana
Institución	Mantenimiento y Supervisión S.A.
Cargo	Ingeniero Residente
Número telefónico	980647180
Firma:	
Fecha	15/01/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos / Horas programadas de operación / Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Juan Simón Valdivia Paredes
Documento de identidad	41502649
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	PLAYTECH LIMA SAC
Cargo	Project Manager
Número telefónico	(opcional)
Firma:	
Fecha	14 /07 / 2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos / Horas programadas de operación / Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Ronald Reyes Méndez
Documento de identidad	07525497
Años de experiencia en el área	15
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruano
Institución	Cementos Pacasmayo S.A.A
Cargo	Jefe de Gestión de Mantenimiento
Número telefónico	
Firma:	
Fecha	15/01/2022

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Lima, enero del 2022

Apellido y nombres del experto: Dávila Ignacio, Carlos Vidal.

DNI: 07390694

Teléfono: 980647180

Título/grados: Maestro en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento

Cargo e institución en que labora: Ingeniero Residente en Mantenimiento y Supervisión S.A.

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO.

	ITEM	APRECIA		OBSERVACIONES
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recolección de datos está formulado con lenguaje apropiado y comprensible?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos guarda relación con el título de la investigación?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la(s) variable(s) de estudio?	X		
5	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se desprenden con cada uno de los indicadores?	X		
6	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se sostienen en antecedentes relacionados con el tema y en un marco teórico?	X		
7	¿el diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y el procesamiento de los datos?	X		
8	¿El instrumento de recolección de datos tiene una presentación ordenada?	X		
9	¿El instrumento guarda relación con el avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad?	X		

SUGERENCIAS: _____

.....
FIRMA DEL EXPERTO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Lima, enero del 2022

Apellido y nombres del experto: Andrade Villavicencios, Mario Eduardo.

DNI: 40397089

Teléfono: 916475559

Título/grados: Ingeniero Mecánico Electricista

Cargo e institución en que labora: Jefe de Planificación y Gestión de Activos en COPEINCA S.A.C.

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO.

	ITEM	APRECIA		OBSERVACIONES
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recolección de datos está formulado con lenguaje apropiado y comprensible?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos guarda relación con el título de la investigación?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la(s) variable(s) de estudio?	X		
5	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se desprenden con cada uno de los indicadores?	X		
6	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se sostienen en antecedentes relacionados con el tema y en un marco teórico?	X		
7	¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y el procesamiento de los datos?	X		
8	¿El instrumento de recolección de datos tiene una presentación ordenada?	X		
9	¿El instrumento guarda relación con el avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad?	X		

SUGERENCIAS: _____



FIRMA DEL EXPERTO