

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para disminuir los
costos no previstos en molinerías Grupo RAM SAC, Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Rubby Llontop Tafur

ASESOR

Luis Alberto Ramos Martinez

<https://orcid.org/0000-0002-3318-2782>

Chiclayo, 2025

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para
disminuir los costos no previstos en molinerías Grupo RAM
SAC, Lambayeque**

PRESENTADA POR

Rubby Llontop Tafur

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Carlos Miguel Santos Fernandez

PRESIDENTE

Santos Confesor Gabriel Blass

SECRETARIO

Luis Alberto Martinez Ramos

VOCAL

DEDICATORIA

A **Dios Todopoderoso** por ser mi guía y darme la oportunidad de cumplir mis metas.

A mis padres **Ramón Llontop** y **Saida Tafur** por ser mi apoyo en cada decisión que he tomado, por acompañarme en cada paso que doy, por cada consejo que me han dado, siempre velando por mi bienestar y por mostrarme que con esfuerzo y dedicación podemos lograr lo que queremos. Los amo mucho.

A **Daniel Inostroza**, mi esposo, mi confidente, mi mejor amigo y mi guía a seguir. Estar a su lado me ha permitido conocer la felicidad y tener a un gran pilar en esos momentos difíciles. A **Raffaella Danielle**, nuestra hija adorada; mi razón de ser y mi todo. Los amos demasiado.

Finalmente, a todas las personas que han formado parte de mi carrera, a mis amigos y compañeros, los estimo mucho.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por abrirme las puertas en su prestigiosa institución para estudiar mi carrera y a la misma vez a los docentes que brindaron sus conocimientos y experiencias que me permitieron ser una mejor persona cada día.

A mi asesor, el Mg. Ing. Luís Alberto Ramos Martínez, por brindarme su apoyo, conocimiento, capacidad científica y al mismo tiempo por su paciencia para guiarme en el desarrollo y conclusión.

A la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C, por haberme permitido realizar la presente investigación.

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para disminuir los costos no previstos en molinerías Grupo RAM SAC, Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

22% INDICE DE SIMILITUD	21% FUENTES DE INTERNET	7% PUBLICACIONES	10% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	tangara.uis.edu.co Fuente de Internet	1%
6	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	americanae.aecid.es Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	1%
10	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
REVISIÓN DE LITERATURA	10
MATERIALES Y MÉTODOS	20
POBLACIÓN Y MUESTRA	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	42
ANEXOS.....	45

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general Proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C para disminuir sus costos no previstos por paradas imprevistas. Planteado el problema y demás objetivos se hizo uso de la investigación descriptiva y se calcularon los indicadores de mantenimiento y Análisis de Criticidad obteniéndose que 04 maquinarias críticas (Compresor, pulidora por abrasión, elevador de cangilones y descascaradora) así mismo una pérdida por no producir de 303 horas y una pérdida de utilidad de S/ 114 064,00 soles. Para el diseño del plan de mantenimiento se utilizó la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) que a través de sus herramientas AMEF y hoja de decisión RCM ayudaron a lograr el objetivo resultando una disminución del 41.92% de las horas de parada de maquinaria, lo que refleja una equivalencia de 127 horas. Se optimizaron los indicadores de mantenimiento: en la confiabilidad un aumento de 14,61 horas a 30.61 horas, en mantenibilidad una disminución de 3,4 horas a 0,86 horas y la disponibilidad un incremento de 93,60% a 96,21%. Así mismo, se logró una disminución en el costo de oportunidad pasado de S/ 47,196 a S/28,292 con un ahorro de S/18,924 que representa el 40%. Finalmente se calculó el costo beneficio de la propuesta del plan de mantenimiento. Según el cálculo de costo beneficio se obtuvo 2,45 soles, concluyendo que la investigación es viable.

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento RCM, costos no previstos, molino de arroz.

ABSTRACT

The general objective of this work is to propose a preventive maintenance plan in the company Molinerías Grupo RAM S.A.C. to reduce its unforeseen costs due to unforeseen stoppages. Having stated the problem and other objectives, descriptive research was used and it was determined to calculate maintenance indicators and criticality analysis, obtaining those 04 critical machines (compressor, abrasion polisher, bucket elevator and peeling machine) as well as a loss for not producing 303 hours and a loss of profit of S/ 114 064.00 soles. For the design of the maintenance plan, the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology was used, which through its FEA and RCM decision sheet tools helped to achieve the objective, resulting in a 41.92% decrease in machinery downtime hours, which reflects an equivalence of 127 hours. Likewise, the maintenance indicators were optimized: in reliability an increase from 14.61 hours to 30,61 hours, in maintainability a decrease from 3.4 hours to 0.86 hours and availability an increase from 93.60% to 96.21%. Finally, the cost benefit of the proposed maintenance plan was calculated. According to the cost-benefit calculation 2,45 soles concluding that the research is viable.

Keywords: RCM maintenance, unanticipated costs, rice mill.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años ha habido un notable aumento en la variedad y número de activos tangibles como edificaciones, equipamiento y planta las cuales tiene que operar en diferentes partes del mundo, existiendo cada vez delineaciones más complicadas, una evolución de la forma en cómo se percibe actualmente el mantenimiento en la organización, así como también en las responsabilidades que este abarca.

Así mismo, el mantenimiento debe responder a cambiantes y diversas expectativas dentro de las cuales se tiene: la conciencia de hasta qué punto los fallos de los equipos pueden afectar el medio ambiental y su seguridad, la conciencia de que el mantenimiento está muy relacionado con la calidad del producto, mantener un cierto rango en cuanto a los costos y alcanzar altos niveles de disponibilidad de las instalaciones. Dichas condiciones obligan al personal de mantenimiento, es decir los gestores e ingenieros, a incorporar nuevas formas de actuar y pensar. Además, cada vez se evidencia más las limitaciones que existen los sistemas de mantenimiento a pesar que estos están muy informatizados [1].

Al presente se atiende principalmente a las actividades con estímulos económicos y a la ampliación industrial, por lo que el éxito no es solo cuestión de invertir en nuevas plantas de producción y tecnologías modernas, sino también de hacer un uso adecuado las instalaciones existentes, estableciendo un programa de mantenimiento eficaz, seguro y viable económicamente.

La industria molinera en el país, se encuentra concentrada en la Costa Norte donde se localiza la mayoría de plantas industriales, la maquinaria e infraestructura se han ido modernizando en el transcurso de los últimos años, presentando una mejora en el proceso productivo y los sistemas de selección electrónica, generando gran desarrollo comercial.

En el Perú, las industrias arroceras presentan dentro de sus etapas principales al pilado, el cual ha venido sufriendo una falta de mantenimiento en los equipos y de financiamiento para su renovación, además de falta de poder adquisitivo. Otra de las etapas que pasan por la misma problemática son el almacenamiento, selección, secado y procesamiento. Dicha situación ha propiciado que sea imposible que exista una modernización en el rubro.

Molinerías Grupo RAM S.A.C se inicia en el año 2006, cuando los hermanos Raúl, Alfredo y Marlene Lara Néstaes, deciden incursionar en la compra y venta de arroz pilado, es cuando adquieren una de sus líneas de producción y fundan la empresa mencionada. Actualmente esta empresa presenta deficiencias en el mantenimiento de la maquinaria en la línea de producción de pilado causando que producción se interrumpa y con ello su disminución, afectando la productividad, la planificación y generación de costos por unidades no producidas, debido a la mano de obra ociosa y la reparación de la maquinaria.

Para esto se analizó las paradas por averías de maquinarias y/o equipos, lo cual genera costos no previstos. Estos son costos que están fuera del presupuesto de producción, se puede mencionar: Costo de mano de obra por no producir, Costo de Oportunidad (unidades no producidas), Costo del repuesto y materiales y Costo de mano de obra del mantenimiento realizado.

Dicho trabajo se realizó en la empresa: “Molinerías Grupo RAM S.A.C”. Donde se propone un plan de mantenimiento preventivo, con la finalidad de disminuir sus costos.

Es por ello la importancia de realizar este estudio, que nos permitirá la identificación de las fallas y problemas en los procesos de producción, en el cual se han obtenido grandes pérdidas económicas que afectan a los indicadores de producción, generando sobre costo y deficiencias y en la producción.

Y es así que el planteamiento del problema ¿La implementación de un plan de mantenimiento preventivo disminuirá los costos no previstos en MOLINERÍAS GRUPO RAM S. A. C - LAMBAYEQUE?, para ello se tiene como objetivo general PROPONER UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO en la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C para disminuir sus costos no previstos, realizando un diagnóstico del estado actual de la línea de producción y los costos no previstos por averías, a través del análisis de criticidad. Una vez teniendo lo anterior se proseguirá con el diseño del plan de mantenimiento preventivo para la empresa y asimismo realizar la evaluación económico - financiero de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo. Esta propuesta le permitirá a la empresa un aumento en su productividad, un mejoramiento en la calidad de sus productos, aumentar su productividad y aminorar sus costes, ya que es de conocimiento que los costos de mantenimiento pueden resultar muy elevados para cualquier empresa. El coste de dejar que falle un equipo puede ser muy alto, no solo por el

costo de la reparación, sino también por la pérdida de producción y la imposibilidad de entrega de productos.

REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES

Según Vizcaíno Cuzco Mayra; *et al.* [2], en su investigación “*Evaluación de la Gestión del Mantenimiento en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de la zona 3 del Ecuador*” realizado el año 2019, identificó que para asegurar que los equipos funcionen adecuadamente se debe emplear una herramienta, la cual es la gestión del mantenimiento. Tuvieron como objetivo la obtención de una valoración cuantitativa de la gestión del mantenimiento. Utilizó como estrategia cinco fases, las cuales son: ponderar criterios, seleccionar criterios de evaluación, elaborar instrumentos de evaluación, validar instrumentos aplicándolos a cuatro hospitales y el último es identificar aspectos con bajo rendimiento. Como resultados se obtuvo que el gestionar los mantenimientos en los hospitales tiene una evaluación cuantitativa media de 55,5/100 puntos. Además, se comprobaron que existen debilidades estructurales en tres hospitales que ponen en peligro el cumplimiento de los objetivos del departamento de mantenimiento y se encontraron procesos factibles que pudieron ser implementados para solucionar las deficiencias y aumentar el nivel de cumplimiento de los requerimientos. Concluyeron que el planificar, programar y controlar el mantenimiento es el criterio que presenta mayor potencial de mejora.

Mago y Rocha [3], en su artículo “*Diseño e Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo de los Equipos de la Empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS*” realizada en el año 2021, propone diseñar e implementar el plan para los mantenimientos preventivos en industrias pequeñas que iniciaron en forma de manera artesanal o de proyectos familiares, las que no tuvieron la oportunidad de incorporar el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), el cual es una estrategia de mantenimiento y posibilita identificar la maquinaria más crítica por medio de análisis críticos y así eliminar la ocurrencia de fallas. La metodología empleada posibilitó la generación de formatos que suministraron la gestión de equipos, visualizar la información y documentos para el control y seguimiento de las actividades que tienen relación con cada activo. Granitos y Mármoles Acabados SAS es la empresa en estudio y lleva más de 20 años

prestando servicios de mantenimiento sin llevar a cabo estrategias de mantenimiento alguna en sus equipos, por ello buscó implementar dichas estrategias para la optimización de métodos de producción. Finalmente realizaron un análisis financiero calculando el ROI y TIR que permitió evaluar el dinero invertido en el mantenimiento. Pudieron comprobar que los servicios prestados son más eficientes tras la aplicación de procedimientos analíticos y teóricos, dando evidencia de la retribución económica que el plan de mantenimiento genera. Este estudio tiene como aporte elaborando un plan de mantenimiento en empresas PYMES que no presenten dicha cultura operativa y técnica, y que a lo largo del tiempo produce menores pérdidas de ganancias y una productividad mayor al realizar una inversión en el mantenimiento.

Rayme y Díaz [4], en su artículo “Mantenimiento Preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición” realizada en el año 2021, tiene como objetivo implementar un programa de Mantenimiento Preventivo con la participación de ingeniería correspondiente, pudiendo mejorar notablemente la productividad en equipos de medición del suministro eléctrico. La investigación de tipo básico, con diseño no experimental, enfoque cuantitativo y nivel propositivo. Evidenció un aumento del 46% en la productividad tras aplicar dicho mantenimiento preventivo.

M. Gasca, L. Camargo y B. Medina [5], en su trabajo de investigación “Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector industrial” realizada en el año 2017, plantea una herramienta para la evaluación de la fiabilidad de los equipos críticos con el objeto de proporcionar criterios para una mejor toma de decisiones de mantenimiento. Dicha herramienta realiza una clasificación mediante el análisis de criticidad en el que identifica los equipos en base a los factores: producción y funcionamiento; tiempo de reparación, coste y frecuencia de los fallos y el impacto en la salud y seguridad del operario. Se construye un catálogo de fallos para los equipos críticos, utilizando la metodología de análisis del modo y efecto de los fallos, estableciendo un registro fiable. Con la data anterior se procede a analizar y calcular la fiabilidad de los equipos mediante las distribuciones de Log Normal, Normal y Weibull, para establecer el tiempo medio entre fallas. La herramienta fue probada en una industria de

transformación de plásticos y obtuvo la localización de la extrusora con el equipo con mayor criticidad. Además, se creó el catálogo de fallos, se calculó el tiempo medio entre fallos de forma dinámica, automática a través del historial de fallos. Este proceso proporciona indicadores para la toma de decisiones con el fin de evitar paradas imprevistas de los equipos.

M. Flores, *et al.* [6], en su investigación “Asignación de Modelos de Mantenimiento basada en la Criticidad y Disponibilidad del Equipo” realizada en el año 2020 tiene como propósito el desarrollo de una herramienta empleando criterios de criticidad y disponibilidad de los equipos para determinar modelos de mantenimiento. El estudio es de carácter cuantitativo y cualitativo, es decir mixto, empleando el software Microsoft Excel como herramienta, el cual es configurado a través de funciones lógicas y matemáticas para establecer el modelo de mantenimiento. Obtuvieron como resultado un 95.51% de disponibilidad en los equipos, tomando cada variable para su cálculo. Demostrando que se puede desarrollar una gestión de mantenimiento empleando herramientas de costo bajo como Excel. Presenta una contribución importante en el proceso de gestión integral y de mejora continua del mantenimiento.

BASES TEÓRICAS

Mantenimiento

Conjunto o grupo de técnicas cuyo objetivo es que las infraestructuras y equipos estén operando la mayor cantidad de tiempo posible, buscando el mayor beneficio y disponibilidad posible [7].

Mantenimiento son aquellas acciones requeridas para que los equipos e instalaciones operen en condiciones apropiadas para las tareas y actividades para las que fueron creadas, optimizando la producción y procurando una disponibilidad máxima y la fiabilidad de las instalaciones y equipos. [8] También se describe como el conjunto de acciones mediante las cuales se conserva o repara un sistema o equipo, manteniéndolo en condiciones adecuadas para desarrollar las actividades que se le asignaron. La práctica del mantenimiento puede ser empleada como una estrategia efectiva para competir con éxito y representa un componente esencial en la calidad del producto. Cuando existen fallas en el funcionamiento de los equipos de producción, esto conlleva a una variabilidad considerable en los productos fabricados, resultando en una producción defectuosa. Para lograr una producción de alta calidad, el equipo de producción debe operar de acuerdo a las especificaciones, y esto se puede alcanzar mediante una gestión adecuada del mantenimiento. [9]

El propósito del mantenimiento radica en conservar las instalaciones y el equipo, así como en restaurar el equipo a las condiciones de funcionamiento previamente establecidas, de manera efectiva y eficiente, con el fin de alcanzar la máxima productividad. [10]

Objetivos del mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento se dividen de la siguiente manera:

- Prolongar la vida útil de los activos.
- Reparar y minimizar las fallas en los equipos.
- Reducir la gravedad de las fallas inevitables.
- Prevenir la detención de las máquinas.
- Prevenir accidentes e incidentes.
- Mejorar la seguridad de las personas.

- Conservar los activos productivos en condiciones de funcionamiento preestablecidas y seguras.
- Minimizar los gastos de mantenimiento.

Un mantenimiento adecuado tiene la tendencia de prolongar la vida útil de los activos, lograr un desempeño satisfactorio de los mismos por un período más largo y disminuir la cantidad de fallos. [11]

Tipos de Mantenimiento

Mantenimiento Correctivo

Se trata del mantenimiento que se realiza para la corrección de los defectos producidos en los equipos. Tiene una clasificación:

- a) **No planificado.** Mantenimiento de emergencia. El cual se tiene que realizar por una avería inesperada, es decir, con urgencia. Dicha avería tiene que ser reparada lo antes posible por temas de normas legales, contaminación, problemas de seguridad, etc. [12]
- b) **Planificado.** Se conoce de antemano lo que hay que hacer, de forma que cuando el equipo se apaga para ser reparado, se dispone de las piezas de repuesto, documentos técnicos y personal que se precisan para realizar la reparación adecuadamente. [12]

Mantenimiento Predictivo

Se basa en inspeccionar para conocer el estado y la funcionabilidad del equipo, a través del conocimiento de los datos de las variables que contribuyen a descubrir el estado de la funcionabilidad; esto se hace de manera periódica para evitar fallos y sus posibles consecuencias.

En este mantenimiento se tiene que establecer las variables como vibración, presión, temperatura, en las que sus fluctuaciones aparecen y originan daños en el equipo. Tipo de mantenimiento más avanzado y especializado que necesita conocimientos de técnicos y análisis, además de necesitar equipos avanzados. [13]

Mantenimiento Preventivo

La misión del mantenimiento preventivo es que los equipos se mantengan en un buen nivel de servicio, programando las reparaciones de sus puntos críticos en el momento más adecuado. [14]

El mantenimiento preventivo puede ser definido como el programar las operaciones de limpieza, inspección y calibración de los equipos, lo cuales deben ser realizados de manera periódica con un plan para controlar y asegurar la calidad. Tiene como objetivo la prevención de fallos, manteniendo el equipo en un funcionamiento óptimo. Presenta como particularidad la examinación de los equipos, detectando fallas en la fase inicial y corrigiéndolas oportunamente. Un adecuado mantenimiento preventivo contribuye a la experiencia en el reconocimiento de fallos y en el tiempo de funcionamiento +seguro de los equipos. [15]

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) es una estrategia estructurada que busca definir qué acciones deben llevarse a cabo para asegurar que los activos físicos continúen cumpliendo con los requerimientos operativos establecidos por los usuarios en su entorno actual. Para lograrlo, se analizan las funciones del equipo, identifican posibles fallos, estudian sus causas (modos de falla) y se evalúan tanto sus efectos como sus consecuencias. Con base en este análisis de riesgos, se establecen medidas de mantenimiento que resulten técnica y económicamente adecuadas. [16]

Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

Se describe como una técnica que se utiliza para enumerar los posibles modos de fallo que un componente o equipo puede experimentar, permitiendo así seguir y evaluar las consecuencias que estos fallos pueden tener. [16]

Índice de Riesgo o Número Prioritario de Riesgo (NPR)

Se calcula multiplicando los valores de severidad, ocurrencia, y detección. El resultado, conocido como NPR, se utiliza para clasificar los diferentes modos de fallos de sistema. Una vez que se obtiene el valor de NPR, se

procede a evaluar el nivel de riesgo, utilizando criterios como bajo, moderado, alto y crítico.

$$NPR = G * O * D$$

∴ G= Gravedad

O= Ocurrencia

D= Detección

Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento, en conjunto con los sistemas de planificación, permiten evaluar el desempeño operativo de equipos, sistemas, instalaciones y componentes. Esta evaluación facilita la implementación de un plan de mantenimiento orientado a optimizar las actividades de las mismas. [17]

a. Tiempo total programado para producir

Se calcula el tiempo total de acuerdo a los días laborables en la empresa a lo largo de 10 meses (enero 2021 hasta diciembre 2022). La jornada laboral se describe de la siguiente manera:

- Jornada diaria: lunes a sábado, en turnos rotativos.
- Turno: en el día 11 horas, en noche 8 horas, haciendo un total de 19 horas laborables diarias.

Tiempo Total programado producir

$$= \text{Días laborables del mes} * (\text{N}^\circ \text{horas turno día} + \text{turno noche})$$

b. Tiempo Total de Operación – TTO

El tiempo total de funcionamiento se calcula restando el tiempo que se necesita para restaurar una máquina cuando falla al tiempo total programado para la producción (TTR). [17]

Tiempo Total de Operación

$$= \text{Tiempo Total programado producir} - \text{tiempo total para restaurar}$$

c. Tiempo medio hasta que falla – MTTF

Es un indicador que refleja el promedio de tiempo que un equipo opera a su máxima capacidad sin presentar fallas dentro de un intervalo de tiempo específico. Es una métrica indirecta que proporciona información sobre la fiabilidad del sistema o equipo. [17]

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de la operación por máquina}}{\text{Número de averías totales por máquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

d. Tiempo medio para reparar – MTTR

El indicador mide cómo se distribuye el tiempo de reparación de un sistema o equipo. Evalúa la eficacia en la restauración de las condiciones de funcionamiento óptimas de la unidad después de una avería dentro de un período de tiempo predefinido. [17]

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por máquina}}{\text{Número de averías totales por maquinaria}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

e. Disponibilidad

La disponibilidad es una métrica que ofrece una evaluación global de la participación del tiempo total en el que se espera que un equipo debería estar operativo para cumplir su función principal. Este cálculo se realiza a través del análisis de los factores, el MTTF y el MTTR, los cuales influyen en la disponibilidad,. [17]

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \times 100$$

Análisis de criticidad

En algunas ocasiones, ciertos equipos poseen una mayor relevancia o importancia que otros dentro de una empresa o industria. Por esta razón, se asigna una cantidad significativa de recursos a estos equipos de mayor importancia, mientras que se

reserva un porcentaje menor de recursos para aquellos equipos que tienen una influencia menos significativa en los resultados deseados. Esta estrategia se implementa debido a las limitaciones de recursos disponibles para mantener un proceso operativo.

Este tipo de análisis clasifica la seriedad de las consecuencias de las fallas y eventos mediante un análisis cuantitativo. Es fundamental que se preste mayor atención a lo más importante, puesto que permite establecer la estrategia de mantenimiento, una mejor toma de decisiones para manejar el riesgo, priorización de trabajos, todo ello se logra teniendo un ranking de criticidad de los equipos. [18]

Se pueden distinguir 03 niveles de criticidad o importancia:

- a. **Equipos Críticos:** Equipos en los que su para o mal estado influyen notablemente a los resultados obtenidos.
 - b. **Equipos Importantes:** Equipos en los que su para o mal estado influyen en la empresa, pero cuyas consecuencias se pueden asumir.
 - c. **Equipos Prescindibles:** Presentan muy poca incidencia en los resultados.
- [14]

Costos de Mantenimiento

Siempre se requiere que los costos sean los mínimos posibles y esto va en función dentro de muchos otros aspectos a la maquinaria que se tiene y el mantenimiento, el cual tiene una gran influencia en ellos. El análisis en cuanto a los costos va en función de costos en mantenimiento preventivo, costos en mantenimiento correctivo y costoso totales, además de dividir cada costo en mano de obra, materiales y servicios externos. [19]

Este análisis tiene que ser elaborado para cada equipo que está asociado a los programas de mantenimiento y luego totalizar por secciones de la planta o por centros de costo, además se debe determinar que equipos tienen mayor costo y cuáles son sus servicios externos, mano de obra o consumos de materiales y establecer sus causas y si es que estas se pudieron evitar. El periodo en el que se realizó el análisis tiene que ser comparado con periodos previos que sean iguales y determinar si existió un aumento y las causas para evitarlas a futuro. En caso se trate de un equipo que consume demasiados recursos de forma desfasada se analiza la factibilidad de reemplazarlo.

Eficiencia global de los equipos (OEE)

La eficiencia global de los equipos (OEE, por sus siglas en inglés) se considera un indicador clave para medir el progreso en la sostenibilidad de los procesos empresariales respecto a su punto de partida. [20] Al mismo tiempo de su utilidad para analizar el rendimiento de máquinas y sistemas, también ofrece datos relevantes sobre la gestión y desempeño del personal de mantenimiento. [21]

El cálculo del indicador OEE considera tres elementos fundamentales:

Disponibilidad: Se refiere a la proporción entre el tiempo real de producción y el tiempo planificado, contemplando interrupciones como fallas en los equipos, cambios de formato y mantenimientos programados.

Rendimiento: analiza que tan cerca opera el equipo de su capacidad máxima, considerando factores como la velocidad de operación, paradas breves e intervalos de inactividad.

Calidad: mide la proporción de productos fabricados sin defectos, descartes ni necesidad de reprocesos, es decir, aquellos que cumplen con los estándares desde la primera vez.

El valor de la **OEE** se obtiene multiplicando los resultados de la disponibilidad, rendimiento y calidad:

$$OEE = Disponibilidad\% * Rendimiento\% * Calidad\%$$

El resultado del OEE se expresa como un porcentaje que refleja la eficiencia global de un equipo o proceso. Cuanto mayor es este valor, mejor es el desempeño; en cambio un porcentaje bajo indica que existen oportunidades de mejora.

En el ámbito industrial, especialmente en el sector manufacturero, el OEE se emplea como indicador de rendimiento para detectar áreas susceptibles de optimización, monitorear el progreso en el tiempo y comparar la eficiencia entre distintos equipos o líneas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

ENFOQUE, DISEÑO, NIVEL Y TIPO

La presente investigación adopta un diseño no experimental con un enfoque cuantitativo, ya que las variables analizadas no son manipuladas, sino que se observan y examinan tal como se presentan en su contexto real. El estudio se llevó a cabo de manera ordenada y progresiva, siguiendo una secuencia lógica. Al tratarse de una investigación en el campo de la ingeniería, se enmarca en un nivel descriptivo y de tipo transaccional, que implica que los datos deben ser medidos y cuantificados dentro de un periodo determinado utilizando indicadores que faciliten la toma de decisiones.

POBLACIÓN Y MUESTRA

En este estudio, la población estuvo conformada por el área de producción de la empresa Molinerías Grupo RAM SAC, debido a la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento preventivo, lo cual exige contar con información detallada sobre la maquinaria, la descripción del proceso productivo, los registros históricos de producción y los costos imprevistos. La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

OPERACIONALIZACIÓN

En el anexo N° 04 (tabla N° 20) muestra la operacionalización de variables dónde se tiene a la variable independiente y variable dependiente.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para la recolección de datos en esta investigación se aplicó una técnica de campo, basada en la observación directa de eventos durante el proceso operativo. Esta observación fue documentada mediante una ficha diseñada específicamente para registrar incidencias (instrumento). Los datos recopilados sobre las fallas fueron analizados a través de los indicadores MTTR (tiempo medio de reparación) y MTBF (tiempo medio entre fallas) las cuales permiten evaluar la disponibilidad operativa de la maquinaria. Adicionalmente, se empleó la técnica documental, centrada en el registro de fallas. Esta consistió en recopilar información de 15 equipos del proceso productivo, utilizando los manuales de operación entregados por los respectivos proveedores.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este estudio se centró en observar y registrar cada intervención realizada a las máquinas de la línea de producción, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora mediante el diseño de un plan de mantenimiento basado en metodología RCM, buscando reducir costos generados por detenciones no programadas en el proceso productivo.

Para ello se realizó un análisis histórico de fallas, el cual sirvió como punto de partida para elaborar un plan de mantenimiento preventivo. En dicho plan se incluyeron las actividades de inspección y sustitución de componentes sugeridas por los fabricantes considerando como criterio principal las horas de operación acumuladas por cada equipo y/o maquinaria.

Se procedió a elaborar el diseño del plan de mantenimiento de la línea de producción, tomando en cuenta los siguientes elementos clave:

- ✓ Las especificaciones técnicas de cada equipo.
- ✓ La frecuencia requerida para realizar mantenimientos preventivos.
- ✓ Las recomendaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes de los equipos.

Para el análisis costo beneficio se utilizaron cálculos de los indicadores de VAN, TIR y costo beneficio; se procesaron mediante el programa Microsoft Excel, obteniendo el Flujo de caja económico para determinar si la propuesta es viable o no.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y LOS COSTOS NO PREVISTOS POR AVERÍAS.

LA EMPRESA

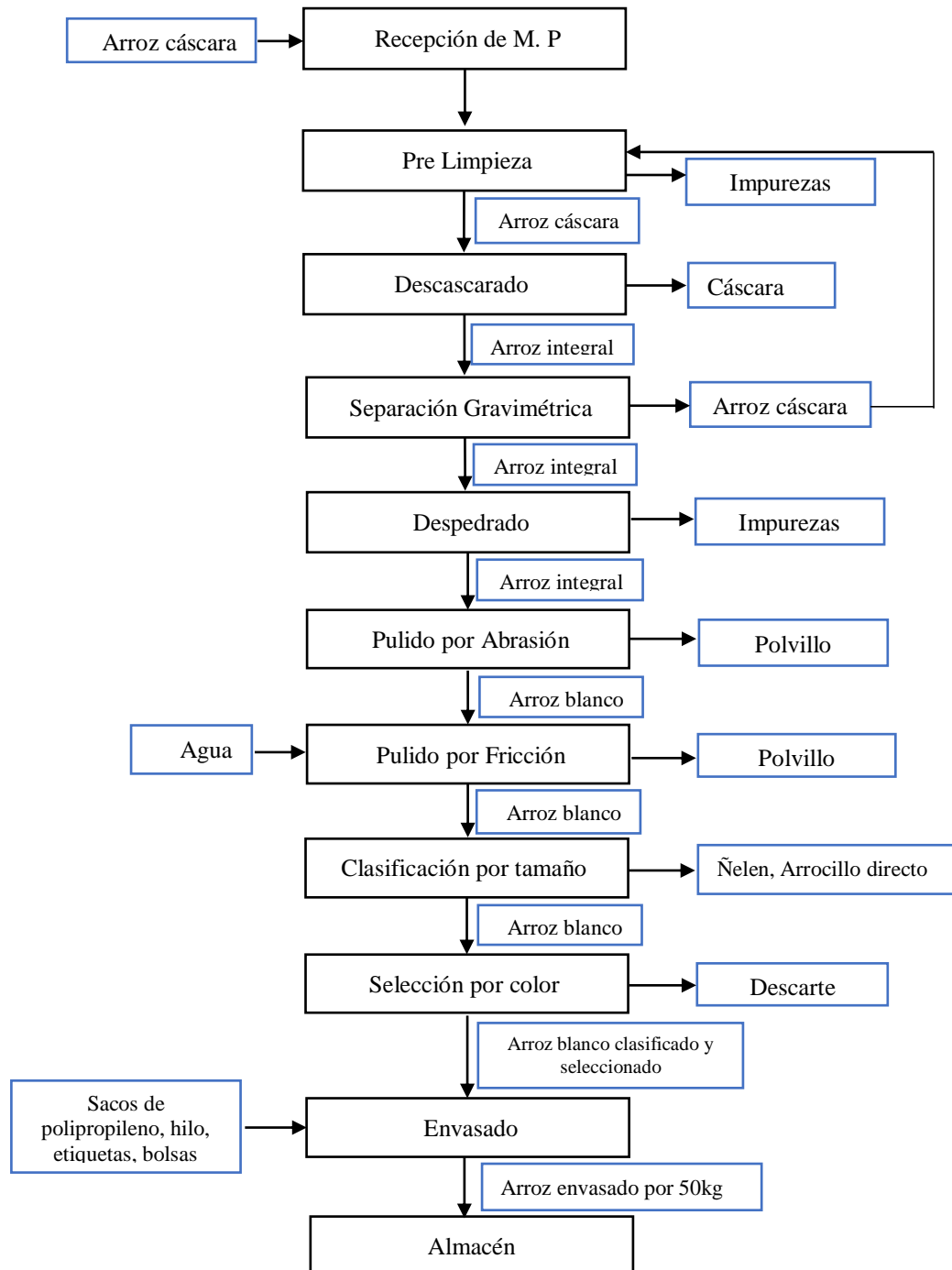
La compañía Molinerías Grupo RAM SAC tiene su sede en el kilómetro 777 de la carretera Panamericana Norte, en la Región Lambayeque.

Reseña de la empresa:

Molinerías Grupo RAM S.A.C se inicia en el año 2006, cuando los hermanos Raúl, Alfredo y Marlene Lara Néstaes, deciden incursionar en la compra y venta de arroz pilado, es cuando adquieren una de sus líneas de producción y fundan la empresa mencionada.

RUC	: 20480096208
RAZÓN SOCIAL	: Molinerías Grupo RAM S.A.C
NOMBRE COMERCIAL	: Molino RAM
TIPO DE EMPRESA	: Sociedad Anónima Cerrada.
FECHA DE INICIO DE ACTIVIDADES	: 01/12/2006
ACTIVIDAD COMERCIAL	: Elab. de productos molineros.
GERENTE GENERAL	: Sr. Raúl Lara Néstaes.

FIGURA N°01: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PILADO DE ARROZ CÁSCARA.



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

Elaboración: Propia

Tabla N° 02: Resumen número de fallas y tiempo de parada.

MAQUINARIA	N° DE FALLAS	TIEMPO PARADAS (h)
PRE LIMPIADORA	4	14.5
DESCASCARADORA 1 y 2	10	33
DESPEDRADORA	2	3
PULIDORA POR ABRASIÓN 1y 2	15	42
PULIDORA DE AGUA 1 y 2	13	36
MESA ROTAVAIVÉN	2	14.5
CLASIFICADORES	1	10
SELECTORA 1 y 2	4	18
COMPRESOR	9	55
ELEVADOR DE CANGILONES	29	77
TOTAL	89	303

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 03: Resumen de Costos No Previstos desde octubre del 2021 a julio 2022

MAQUINARIA	COSTO DE MANO DE OBRA POR NO PRODUCIR (S/)	COSTO DE OPORTUNIDAD (S/)	COSTO DEL REPUESTO Y MATERIALES (S/)	COSTO DE MANO DE OBRA (reposición de avería en S/)	COSTO TOTAL (S/)
PRE LIMPIADORA	870	3 306	1 080	310	5 566
DESCASCARADORA 1 y 2	1 980	7 524	1 560	430	11 494
DESPEDRADORA	180	684	160		1 024
PULIDORA POR ABRASIÓN 1 y 2	2 520	9 576	5 640	350	18 086
PULIDORA DE AGUA 1 y 2	2 160	8 208	3 640	200	14 208
MESA ROTAVAIVÉN	870	3 306	230		4 406
CLASIFICADORES	600	2 280	1 200	550	4 630
SELECTORA 1 y 2	1 080	4 104	1 780	680	7 644
COMPRESOR	3 300	12 540	5 500	1 090	22 430
ELEVADOR DE CANGILONES	4 620	17 556	2 400		24 576
TOTAL	18 180	69 084	23 190	3 610	114 064

Fuente: Elaboración propia.

Producción de Arroz Pilado

Tabla N° 04: Producción de arroz pilado de octubre del 2021 a julio 2022

Mes	Unidades Producidas (sacos *50kg)
Octubre	36 411
Noviembre	28 703
Diciembre	33 940
Enero	36 169
Febrero	36 148
Marzo	29 423
Abril	32 335
Mayo	33 784
Junio	37 816
Julio	40 418
Total	345 147

Fuente: Molinerías Grupo RAM SAC

Cálculo de Indicadores de Mantenimiento

Tiempo total programado para producir

Se calcula el tiempo total de acuerdo a los días laborables en la empresa a lo largo de 10 meses (octubre 2021 hasta julio 2022). La jornada laboral se describe de la siguiente manera:

- Jornada diaria: lunes a sábado, en turnos rotativos.
- Turno: en el día 11 horas, en noche 8 horas, haciendo un total de 19 horas laborables diarias.

Tabla N°05: Tiempo total programado para producir, octubre 2021 – julio 2022

MESES	DÍAS LABORABLES	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR (Horas)
Octubre	25	475
Noviembre	24	456
Diciembre	26	494
Enero	24	456
Febrero	27	513
Marzo	22	418
Abril	26	494
Mayo	25	475
Junio	24	456
Julio	26	494
TOTAL	249	4 731

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la Tabla N° 05, se muestra el cálculo del tiempo programado para producir, realizando el producto de las horas laborables por día, por los días que se trabajan al mes, a lo largo de 10 meses (octubre 2021 – julio 2022) dando un resultado final de 4 731 horas producidas.

Tiempo Total de Operación – TTO

Tabla N°06: Tiempo total de Operación, octubre 2021 – julio 2022

MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR (Horas)	TIEMPO PARA REPARAR (Horas)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Horas)
PRE LIMPIADORA	4 731	14.5	4 716.5
DESCASCARADORA 1 y 2	4 731	33	4 698
DESPEDRADORA	4 731	3	4 728
PULIDORA POR ABRASIÓN 1y 2	4 731	42	4 689
PULIDORA DE AGUA 1 y 2	4 731	36	4 695
MESA ROTAVAIVÉN	4 731	14.5	4 716.5
CLASIFICADORES	4 731	10	4 721
SELECTORA 1 y 2	4 731	18	4 713
COMPRESOR	4 731	55	4 676
ELEVADOR DE CANGILONES	4 731	77	4 654

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la Tabla N° 06, se muestra el tiempo total y real de operación por maquinaria de la línea de producción, desde octubre 2021 – julio 2022.

Tiempo medio hasta que falla – MTTF

Fórmula:

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de la operación por máquina}}{\text{Número de averías totales por máquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

Tabla N°07: Tiempo Medio Hasta que Falla, octubre 2021 – julio 2022

MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (h)	N° DE FALLAS POR MÁQUINA	TIEMPO MEDIO HASTA EL FALLO - MTTF (h)
PRE LIMPIADORA	4 716.5	4	1 179.13
DESCASCARADORA 1 y 2	4 698	10	469.80
DESPEDRADORA	4 728	2	2 364.00
PULIDORA POR ABRASIÓN 1y 2	4 689	15	3 12.60
PULIDORA DE AGUA 1 y 2	4 695	13	3 61.15
MESA ROTAVAIVÉN	4 716.5	2	2 358.25
CLASIFICADORES	4 721	1	4 721.00
SELECTORA 1 y 2	4 713	4	1 178.25
COMPRESOR	4 676	9	519.56
ELEVADOR DE CANGILONES	4 654	29	160.48
Total	4 428	303	14.61

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la Tabla N° 07, se observa el cálculo del indicador MTBF obteniéndose un promedio de 14.61 h, hasta que exista una avería.

Tiempo medio para reparar – MTTR

Fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por máquina}}{\text{Número de averías totales por maquinaria}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

Tabla N°08: Tiempo Medio para Reparar, octubre 2021 – julio 2022

MAQUINARIA	TIEMPO PARADAS (h)	N° DE FALLAS POR MÁQUINA	TIEMPO MEDIO PARA REPARAR-MTTR (Horas)
PRE LIMPIADORA	14,5	4	3,63
DESCASCARADORA 1 y 2	33	10	3,30
DESPEDRADORA	3	2	1,50
PULIDORA POR ABRASIÓN 1y 2	42	15	2,80
PULIDORA DE AGUA 1 y 2	36	13	2,77
MESA ROTAVAIVÉN	14,5	2	7,25
CLASIFICADORES	10	1	10,00
SELECTORA 1 y 2	18	4	4,50
COMPRESOR	55	9	6,11
ELEVADOR DE CANGILONES	77	29	2,66
TOTAL	303	89	3,40

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la Tabla N° 08, se observa el cálculo del indicador MTTR obteniéndose un promedio de 3,40 horas para reparar una avería.

Disponibilidad

Fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ op. - horas\ inop.}{Horas\ op.} \times 100$$

$$Disponibilidad = \frac{4\ 731 - 303}{4\ 731} \times 100$$

$$Disponibilidad = 93,60 \%$$

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tabla N° 09: Matriz de criticidad para la maquinaria de Molinerías Grupo RAM SAC

CÓDIGO	MÁQUINA	PRODUCCIÓN			CALIDAD	MANTENIMIENTO			SEGURIDAD	VALOR DE CRITICIDAD
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo mensual de Mantenimiento	Horas de paro en el mes	Grado de especialista	Influencia en la seguridad o M. A	
PRD-PL-01	PRE LIMPIADORA	3	3	4	2	1	2	2	3	20
PRD-DC-01	DESCASCARADORA 1 y 2	3	2	4	2	3	3	3	3	23
PRD-MP-01	MESA PADDY	3	3	4	2	1	1	3	3	20
PRD-DP-01	DESPEDRADORA	3	3	2	2	1	1	2	3	17
PRD-PV-01	PULIDORA POR ABRASIÓN 1y 2	3	2	4	4	3	3	3	3	25
PRD-PA-01	PULIDORA DE AGUA 1 y 2	3	2	4	3	3	2	3	2	22
PRD-MR-01	MESA ROTAVAIVÉN	3	3	4	3	1	1	2	2	19
PRD-CL-02	CLASIFICADORES	3	2	3	2	2	3	2	4	21
PRD-SL-01	SELECTORA 1 y 2	3	2	3	4	3	1	3	2	21
PRD-CA-01	COMPRESOR	3	3	4	3	3	3	3	4	26
PRD-EL-01	ELEVADOR DE CANGILONES	3	1	3	3	3	3	3	4	23

FUENTE: Elaboración Propia

ELABORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA MOLINERÍAS GRUPO RAM S.A.C PARA DISMINUIR LOS COSTOS NO PREVISTOS.

Inventario de Máquinas.

A continuación, se muestra el registro de máquinas de la planta de producción, que incluye su código de identificación, fabricante, modelo, número de serie y año de fabricación.

Tabla N° 10: Inventario de máquinas.

CÓDIGO	MAQUINARIA	MARCA	MODELO	SERIE	AÑO
PRD-PL-01	Pre limpia	Hechiza	-----	-----	2010
PRD-DC-01	Descascaradora 01	Súper Brix	HSX 10/15	040065-47	2014
PRD-DC-02	Descascaradora 02	Súper Brix	DF 10 AT	040060-8	2007
PRD-MP-01	Mesa Paddy	Súper Brix	SB-80 P/INOX	42050-18	2007
PRD-DP-01	Despedradora	Zaccaria	SDZ/CF-15	ZC0206	2012
PRD-PV-01	Pulidora Abrasión 01	Súper Brix	PV50	043060-36	2014
PRD-PV-02	Pulidora Abrasión 02	Súper Brix	PV-50	043060-15	2009
PRD-PA-01	Pulidora de Agua 01	Súper Brix	PHB-3000 LA	043041-1	2009
PRD-PA-02	Pulidora de Agua 02	Súper Brix	PHB-3000 N	43041-8	2007
PRD-MR-01	Mesa Rota Vaivén	Súper Brix	2R-40	12028-12	2007
PRD-CL-02	Clasificadores	Súper Brix	TC -20/30	-----	2010
PRD-SL-01	Selectora 01	Daewon	NT PUBU 20-RC	-----	2007
PRD-SL-02	Selectora 02	Daewon	NT PUBU 20-RC	-----	2007
PRD-CA-01	Compresor	Sullair	LS 100-30H/A	20061140024	2007
PRD-EL-01	Elevadores de cangilones	Hechiza	-----	-----	2007

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

Análisis de Modo y Efecto de Falla - AMEF

Se llevó a cabo el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) en la maquinaria de acuerdo con su nivel de importancia previamente calculado. Esto permitirá obtener el Índice de Ponderación de Riesgo, que influirá en la identificación de los modos de falla de mayor prioridad. (Ver Anexo N° 05)

Programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la planta de producción

Tabla N° 11: Plan de Actividades de Mantenimiento Preventivo: Compresor

Máquina	Causa - Raíz	Tarea Propuesta	Actividad	Materiales (repuestos e insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Frecuencia
Compresor	Falta de limpieza	Limpieza de filtro de aceite	Se retira todas las impurezas del filtro.	wypes y agua a presión	Juego de herramientas	Técnico de mantto.	20	Quincenal
	Falta de limpieza	Limpieza de filtro de aire	Se retira todas las impurezas del filtro.	wypes y agua a presión	Juego de herramientas	Técnico de mantto.	20	Quincenal
	Término de vida útil	Cambio de filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite al término de su vida útil	Filtro de aceite	Juego de herramientas	Técnico de mantto.	60	Anual
	Término de vida útil	Cambio de filtro de aire	Cambio de filtro de aire al término de su vida útil	Filtro de aire	Juego de herramientas	Técnico de mantto.	60	Anual
	Disminución de volúmenes de aire comprimido	Verificar que no existan fugas en las conexiones del compresor	Reemplazar cualquier pieza dañada	wypes	Juego de herramientas; ultrasonido	Técnico de mantto.	60	Trimestral

Elaboración Propia.

Tabla N° 12 Plan de Actividades de Mantenimiento Preventivo: Pulidora por abrasión

Máquina	Causa – Raíz	Tarea Propuesta	Actividad	Materiales (repuestos e insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Frecuencia
Pulidora por abrasión 1 y 2	Acumulación de producto	Limpieza de cribas	Limpiar todo el polvillo acumulado	trapo industrial, escobilla	Aire comprimido	Operador maquinaria	20	Trimestral
	Rotura de cribas	Cambio de cribas	Retirar cribas rotas por desgaste y cambiar por nuevas	Cribas	kit de herramientas	Operador maquinaria	50	Semestral
	Desgaste de esmeril	Cambio de esmeriles	Cambio piedra para optimizar pulido de arroz	trapo industrial	kit de herramientas, aire comprimido	Técnico de mantto.	180	Anual
	Término de vida útil	Cambio de fajas	Retirar fajas rotas	fajas industriales	kit de herramientas	Operador maquinaria	40	Mensual
	Rotura de rodajes	Cambio de rodajes	Desmontar las piezas y retirar rodajes en mal estado	Rodamientos, grasa industrial	Llaves	Técnico de mantto.	45	Anual
	Parada producción	Revisión del bobinado de motor eléctrico	Retirar motor eléctrico			Empresa tercera	180	Anual

Elaboración Propia.

Tabla N° 13: Plan de Actividades de Mantenimiento Preventivo: Elevador de Cangilones

Máquina	Causa - Raíz	Tarea Propuesta	Actividad	Materiales (repuestos e insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Frecuencia
Elevador de Cangilones	Desajuste de los pernos portacangilones	Ajuste de pernos portacangilones	Se ajustan los pernos encargados de fijar y asegurar los cangilones a la banda transportadora.	Wypes	Llaves	Técnico de mantto.	60	Trimestral
	Atascamiento de arroz	Limpieza de la bota del elevador	Se retira todo el material acumulado en la sección inferior (bota)del elevador.	Escobilla		Operador maquinaria	20	Mensual
	Término de vida útil	Cambio de faja portcangilones	Cambio de la faja portacangilones, desensamblando todos los componentes	Faja portacangilones	Llaves, dados	Técnico de mantto.	180	Semestral
	Término de vida útil	Cambio de faja motor	Cambiar la faja de transmisión.	Faja de transmisión, wypes		Operador maquinaria	30	Trimestral
	Falta de lubricación	Lubricación de rodamientos	Utiliza grasa industrial en rodamientos con propósito de reducir fricción entre superficies.	Wypes, grasa industrial	Llaves, grasera	Técnico de mantto.	20	Mensual

Elaboración Propia.

Tabla N° 14: Plan de Actividades de Mantenimiento Preventivo: Descascaradora 1 y 2

Máquina	Causa – Raíz	Tarea Propuesta	Actividad	Materiales (repuestos e insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Frecuencia
Descascaradora 1 y 2	Falta de inspección	Inspección y verificación de pernos de maquinaria	Inspeccionar la condición de los pernos que aseguran los rodillos.			Operador maquinaria	15	Semanal
	Falta de limpieza y lubricación	Limpieza y lubricación de rodamientos	Retirar toda la grasa acumulada e impurezas y continuar con la aplicación de grasa nueva, para evitar desgaste.	Wypes, grasa industrial	Llaves, graseras	Técnico de mantto.	30	Mensual
	Término de vida útil	Cambio de faja	Retirar faja desgastada	Faja de transmisión, wypes		Técnico de mantto.	20	Trimestral
	Falta de inspección	Inspección de rodillos	Revisar desgaste de rodillos.			Operador maquinaria	10	Bimensual
	Término de vida útil	Cambio de rodillos	Se retira rodillos desgastados y sustituirlos por otros nuevos.	Rodillos caucho, wypes	Kit de herramientas	Operador maquinaria	40	Cuatrimestral
	Parada producción	Revisión del bobinado de motor eléctrico	Retirar motor eléctrico			Empresa tercera	180	Anual

Elaboración propia.

Comparación de Indicadores vigentes vs. Indicadores optimizados

En la siguiente tabla se muestra los indicadores vigentes diagnosticados en el primer objetivo comparados con los nuevos indicadores optimizados con el diseño del mantenimiento preventivo.

Tabla N° 16: Análisis de Indicadores.

Indicador	Actual	Optimizado	Variación	
Confiabilidad (h)	14,61	30.61	Aumento	109.51%
Mantenibilidad (h)	3,4	0,86	Disminución	74,71%
Disponibilidad (%)	93,60%	96,21%	Aumento	2,79%

Fuente: Elaboración Propia.

ELABORAR LA EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Costo total de la inversión

Tabla N° 17: Resumen de costos del plan de mantenimiento.

Costos	Total (S/)
Planilla personal mantto.	S/ 3 000,00
Costo de herramientas	S/ 906,00
Inversión de recursos y componentes.	S/ 492,50
Inversión de repuestos	S/ 3 910,00
Subtotal	S/ 9 308,50
Margen	S/ 930,85
Total	S/ 10 239,35

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N° 17 resume la inversión total proyectada para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo propuesto asciende a S/ 10 239,35, suma que resulta de la agregación detallada de los costos involucrados.

Disminución de los Costos no previstos.

Tabla N° 18: Comparativo de costos no Previstos.

COSTOS	Actual	Optimizado	Variación		
Costo de mano de obra por no producir (S/)	S/12,420.00	S/7,421.40	Disminuyó	S/4,998.60	-40.246%
Costo de oportunidad	S/47,196.00	S/28,272.00	Disminuyó	S/18,924.00	-40.097%
Costo de materiales y repuestos	S/15,100.00	S/5,308.50	Disminuyó	S/9,791.50	-64.844%
Costo de mano de obra (reposición de avería en S/)	S/1,870.00	S/3,000.00	Aumentó	-S/1,130.00	60.428%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 18, se presenta el comparativo de los costos no previstos calculados en el primer objetivo con el nuevo cálculo aplicando el plan de mantenimiento preventivo.

Flujo de Caja

Tabla N° 19: Flujo de caja actual

MES	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Unidades	36,411.00	28,703.00	33,940.00	36,169.00	36,148.00	29,423.00	32,335.00	33,784.00	37,816.00	40,418.00
Ventas	291,288.00	229,624.00	271,520.00	289,352.00	289,184.00	235,384.00	258,680.00	270,272.00	302,528.00	323,344.00
Costo de ventas	203,901.60	160,736.80	190,064.00	202,546.40	202,428.80	164,768.80	181,076.00	189,190.40	211,769.60	226,340.80
Utilidad Bruta	87,386.40	68,887.20	81,456.00	86,805.60	86,755.20	70,615.20	77,604.00	81,081.60	90,758.40	97,003.20
Gastos Adm.	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00
Gastos Vtas.	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00
Gastos Prod.	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
EBIT o UAI	61,886.40	43,387.20	55,956.00	61,305.60	61,255.20	45,115.20	52,104.00	55,581.60	65,258.40	71,503.20
IR	18,256.49	12,799.22	16,507.02	18,085.15	18,070.28	13,308.98	15,370.68	16,396.57	19,251.23	21,093.44
NOPAT	43,629.91	30,587.98	39,448.98	43,220.45	43,184.92	31,806.22	36,733.32	39,185.03	46,007.17	50,409.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20: Flujo de caja planificado.

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE
Unidades	37,589.00	29,881.00	35,118.00	37,347.00	37,326.00	30,601.00	33,513.00	34,962.00	38,994.00	41,596.00
Ventas	300,712.00	239,048.00	280,944.00	298,776.00	298,608.00	244,808.00	268,104.00	279,696.00	311,952.00	332,768.00
Costo de ventas	210,498.40	167,333.60	196,660.80	209,143.20	209,025.60	171,365.60	187,672.80	195,787.20	218,366.40	232,937.60
Utilidad Bruta	90,213.60	71,714.40	84,283.20	89,632.80	89,582.40	73,442.40	80,431.20	83,908.80	93,585.60	99,830.40
Gastos Adm.	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00	17,500.00
Gastos Vtas.	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00
Gastos Prod.	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
EBIT o UAII	64,713.60	46,214.40	58,783.20	64,132.80	64,082.40	47,942.40	54,931.20	58,408.80	68,085.60	74,330.40
IR	19,090.51	13,633.25	17,341.04	18,919.18	18,904.31	14,143.01	16,204.70	17,230.60	20,085.25	21,927.47
NOPAT (UTILIDAD NETA)	45,623.09	32,581.15	41,442.16	45,213.62	45,178.09	33,799.39	38,726.50	41,178.20	48,000.35	52,402.93

Tabla N° 21: Costo Beneficio

	S/ 424,145.48
Costo Beneficio	
	S/ 172,922.10
Factor	S/ 2.45

DISCUSIÓN

Para realizar el diagnóstico se revisó el historial de 10 meses (octubre del 2021 a julio 2022) donde se obtuvo 303 horas paradas equivalente a una pérdida de utilidad de S/ 114 064.00 soles. En [22] J. C. Pasapera, en su estudio realizado en un molino de arroz, se registraron un total de 312 fallas equivalentes a 994,90 horas. Ambas investigaciones corresponden al mismo sector industrial, es fundamental llevar a cabo análisis de criticidad que abarca toda la línea de producción con el fin de priorizar la maquinaria más crítica. En la presente investigación se identificaron 04 máquinas críticas: compresor, pulidora de abrasión, elevador de cangilones y descascaradora. En ambas investigaciones se calcularon los indicadores de confiabilidad y disponibilidad.

En el estudio realizado, el segundo objetivo específico fue el diseño del plan de mantenimiento preventivo. En [6] M. Flores, aborda la presencia de fallas y paradas mediante el uso del mantenimiento preventivo, una solución similar a la propuesta en esta investigación que busca herramientas de bajo costo como Microsoft Excel. Por su parte [22] J. C. Pasapera, sugiere la aplicación de la metodología RCM para un análisis más profundo de las fallas y así diseñar una gestión de los activos, enfoque que también se relaciona con el presente estudio.

En el tercer objetivo específico se evaluó el costo – beneficio de la investigación, obteniéndose como resultado S/ 2,45, lo que representa una ganancia de S/ 1.45 por cada sol invertido. La inversión total fue de S/ 10 239,35, la cual incluye salarios del personal encargado, herramientas, materiales y repuestos. En comparación el estudio realizado en [22] J. C. Pasapera, obtuvo un costo – beneficio de S/ 2.87 con una inversión de S/ 9 545,00, evidenciando que los planes de mantenimiento generan beneficios económicos significativos para las empresas.

CONCLUSIONES

- Durante el diagnóstico de la empresa Molinerías Grupo RAM SAC desde octubre del 2021 a julio 2022, determinándose un total de 303 horas por paradas equivalente a una pérdida de S/ 114 064,00 por costos no previstos debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Se identificaron 04 equipos críticos: Compresor, Pulidora por abrasión, descascaradora y Elevador de Cangilones y a la vez se calcularon los respectivos indicadores de mantenimiento: confiabilidad 14,61 horas, mantenibilidad 3,4 horas y disponibilidad 93,60% .
- Al diseñar el plan de mantenimiento RCM, obtuvimos que se manejarán 83 horas para ejecutar el mantenimiento, además se optimizaron los indicadores: confiabilidad 30,61 horas, mantenibilidad 0,86 horas y disponibilidad 96,21%.
- El análisis costo beneficio reveló que la implementación del plan de mantenimiento preventivo requiere una inversión de S/ 10 239,35 soles. Según el cálculo de costo beneficio se obtuvo 2,45 soles; concluyendo que la investigación es viable.
- Tras el análisis del inventario de maquinaria de la línea de producción; la empresa Molinerías Grupo RAM SAC evidenció la necesidad de un plan de mantenimiento preventivo que contribuya mejorar la situación económica – financiero.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir mejorando el plan de mantenimiento para cada máquina, para evitar reparaciones o averías imprevistas en producción y con el tiempo llegar a lograr un mantenimiento programado y tenerlo más detallado con los implementos necesarios.
- Se recomienda a la empresa establecer y gestionar el área de mantenimiento, siendo fundamental para el incremento de su productividad, volumen de ventas y así incrementar la utilidad.
- Se recomienda para posteriores investigaciones que al implementar una propuesta de mantenimiento generar también la aplicación para los equipos de mediana criticidad para estandarizar los reportes y disponer de información confiable.
- Se recomienda implementar estrategias de mantenimiento preventivo integradas con el monitoreo continuo de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) como un instrumento fundamental para la mejora continua ya que nos permitiría identificar con precisión las pérdidas en disponibilidad, rendimiento y calidad, facilitando la toma de decisiones proactiva en las actividades de mantenimiento. Al combinar el mantenimiento preventivo con indicadores OEE, las organizaciones pueden minimizar fallos inesperados, optimizar la utilización de activos y aumentar la confiabilidad operativa.

REFERENCIAS

- [1] E. García Mallqui, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A.» 2016. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/11537/10797>. [Último acceso: 03 octubre 2022].
- [2] M. Viscaíno Cuzco, S. Villacrés Parra, C. Gallegos Londoño, H. Negrete Costales, «"Evaluación de la Gestión del Mantenimiento en Hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de la Zona 3 del Ecuador",» *Ingenius N°22*, pp. 59-71, (julio - diciembre) 2019.
- [3] M. G. Mago Ramos, S. Rocha Pachón, «Diseño e Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos de la Empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS,» *Ciencia y Poder Aéreo N°02*, vol. 16, pp. 98-111, (julio - diciembre) 2021.
- [4] M. S. Rayme Flores, J. R. Díaz Dumont, «Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Productividad en los Equipos de Medición,» *Qantu Yachay*, vol. 01, n° 01, pp. 59-66, (julio . diciembre) 2021.
- [5] M. Gasca, L. Camargo, B. Medina, «Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial,» *Información Tecnológica*, vol. 28, n° 04, pp. 111-124, (agosto) 2017.
- [6] M. Flores, D. Medina, D. Vargas, B. Remache, «Asignación de Modelos de Mantenimiento basada en la Criticidad y Disponibilidad del Equipo,» *CienciAmérica*, vol. 09, n° 04, julio - diciembre 2020.
- [7] S. Garrido, *La Contratación del Mantenimiento Industrial*, Madrid, Díaz de Santos S. A., 2010.
- [8] O. García, «El Mantenimiento General,» Colombia, 2006.
- [9] S. O. Duffua, A. Raouf y J. Dixon Campell, *SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Planeación y Control*, México: LIMUSA WILEY, 1995.
- [10] L. Broche Hernandez, «Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción en Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central Osvaldo Socarrás Martínez",» Cuba, 2014-2015.
- [11] O. N. Hernandez Gutierrez, «Mantenimiento Industrial,» Saltillo, 2017.
- [12] M. S. Manzano Vera, «Plan de Mejora en Procesos de Mantenimiento para Flota de Vehículos Pesados,» Ecuador, 2019.
- [13] E. O. Neto Chusín, «Mantenimiento Industrial,» Macas, 2008.
- [14] S. García Garrido, *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*, Madrid: Díaz de Santos S. A, 2003.
- [15] C. Gonzaga Sánchez y B. Mostacero Chapilliquen, «Propuesta de Mejora en la Gestión Logística y Mantenimiento para aumentar la Rentabilidad en la Empresa Factoría Industrial SAC,» Trujillo - Perú, 2018.
- [16] John Moubray , «Mantenimiento Centrado en la confiabilidad,» *Gran Bretaña: Aladon ltda*, n° 2da Edición, 2004.
- [17] C. A. Azuero Perdomo y L. A. Acosta Gutierrez, «DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA SISTEMATIZADO DE MANTENIMIENTO EN LA SECCIÓN DE TRILLA DE LA PLANTA DEL MOLINO FLORHUILA UBICADA EN ESPINAL TOLIMA,» Bogotá, 2002.

- [18] J. Santisteban Cáceres, «Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para la mejora de la operatividad de la flota de maquinaria y equipos de la empresa DCR Minería y Construcción SAC de Arequipa - Perú,» Arequipa - Perú, 2018.
- [19] F. Mejía Campos y I. Zamorano Porras, «Software de Mantenimiento Propuesto para Implementarlo en el Departamento de Conservación del Hospital General de Zona N°1 DEL IMSS,» Hidalgo, 2009.
- [20] Haddad, T., Shaheen, B., y Németh, I., « Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach.,» *Manufacturing Technology*, 21, vol. 1, pp. 56-64, 2021.
- [21] Senthil Kumar, K. M., Akila, K., Arun, K. K., Prabhu, S., y Selvakumar, C., «Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries.,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, pp. 1913-1916, 2022.
- [22] J. C. Pasapera, «"Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC",» 2023.
- [23] W. Olarte, M. Botero, B. Cañon, «Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción,» *Scientia et Technica*, n° 44, pp. 354-356, abril 2010.
- [24] SENATI, GESTION DE MANTENIMIENTO, Lima, 2009.
- [25] G. A. Sierra Álvarez, «Programa de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Metalmecánica Industrias AVM S.A,» Bucaramanga, 2004.

ANEXOS**ANEXO N°01:** Carta aceptación de la empresa para la ejecución del proyecto.*Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional*

Lambayeque, 12 de Setiembre del 2022.

Mg. Ing. Marcos G. Baca López.

Director de Escuela de Ingeniería Industrial - USAT

Presente. –


Asunto: Autorización a Llontop Tafur Rubby.

Mediante la presente saludo y a la vez informo que la Bach. Llontop Tafur Rubby, identificada con DNI N° 47553159 y código 131PE45462, egresada de la Facultad de Ingeniería Industrial que Ud. Dirige, tiene autorización para realizar la tesis de investigación que se basa en “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para disminuir los costos no previstos en Molinerías Grupo RAM S. A. C – Lambayeque”

Por cual se le facilitará acceso a la información que sea necesaria para el cumplimiento de su investigación.

Sin otro particular,

Atentamente

MOLINERIAS GRUPO RAM S.A.C.

MONICA L. CORONADO SOPLA
ADMINISTRADORA

ANEXO N° 02

Para llevar a cabo la siguiente investigación se presentan las siguientes imágenes, que describen el estado actual de la ejecución del mantenimiento. (Ver imagen N°01)

Imagen N°01: Cambio de mallas en maquinaria Pre limpiadora.



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la imagen N°01 se muestra la ejecución del mantenimiento que no ha sido programado, producido por el desgaste de mallas originando rotura en ellas dejando pasar materia prima hacia la impureza que extrae la pre limpiadora.

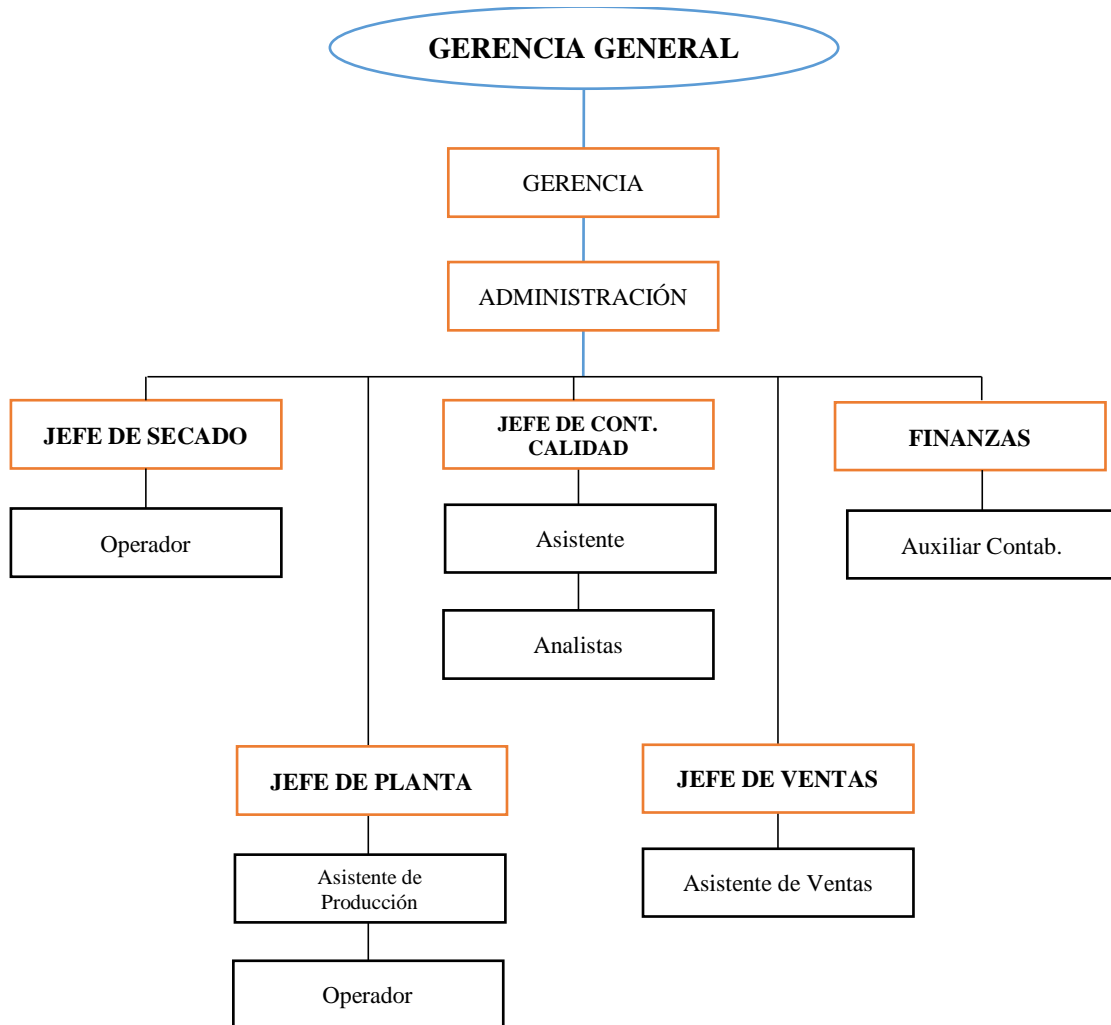
Imagen N°02: Empresa tercera realizando mantenimiento.



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

En la Imagen N°02 se muestra al personal de empresa tercera realizando el respectivo mantenimiento, en este caso la avería de uno de los motores del elevador de cangilones que tiene que ser cambiado y proseguir con la producción.

ANEXO N° 03:

FIGURA N°02: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA MOLINERÍAS GRUPO RAM SAC - LAMBAYEQUE

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C

Elaboración: Propia

ANEXO N°04

Tabla N° 22: Tabla de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Técnica e Instrumentos
Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo	El plan de mantenimiento es una estrategia de estructuración de las tareas destinada a crear programas ordenados que dependen de la fiabilidad de los equipos.	El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se elabora identificando los diferentes fallos, evaluando el modo y los efectos de las fallas, estableciendo indicadores de mantenimiento, realizando un análisis de criticidad, asignando códigos a los equipos, diseñando el plan de mantenimiento y evaluando los costos asociados.	Situación actual de la empresa	Análisis de fallas y modos de fallos actuales	Registro de fallas (tablas Excel)
			Análisis de criticidad	Factores de ponderación	Matriz de criticidad
			Análisis de modo y efecto de falla	Número de ponderación de riesgo	Árbol de fallas
			Plan de Mantenimiento preventivo	Cronograma de actividades	Formato AMEF
			Indicadores de mantenimiento.	Confiabilidad	
				Mantenibilidad	
				Disponibilidad	
Variable dependiente: Costos no previstos	Los costos no previstos, son los costos que están fuera del presupuesto de producción.		Costo de mano de obra por no producir	Cálculo de VAN, TIR y Costo Beneficio	Registro de costos.
			Costo de oportunidad		Libro de cálculo Excel.
			Costo de repuesto y materiales		
			Costo mantenimiento realizado		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Variable	Tipo de Investigación y Diseño	Técnicas e Instrumentos
	Objetivo General	Variable Independiente	Tipo de Investigación	Técnicas
	Proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molinerías Grupo RAM SAC - Lambayeque	Plan de mantenimiento preventivo.	Descriptiva	Análisis documental Observación directa
¿La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo disminuirá los costos no previstos en Molinerías Grupo RAM SAC – Lamb??	Objetivos Específicos	Variable Dependiente:	Diseño	Instrumentos
	Diagnosticar la situación actual de la línea de producción y los costos no previstos por averías.			Registro de Fallas Tablas de cálculo Excel Matriz de Criticidad
	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Molinerías Grupo RAM SAC para reducir los costos no previstos.	Costos no previstos	No Experimental	Registro de Costos de fallas
	Realizar la evaluación económico - financiero de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 05

Tabla N° 24: AMEF Compresor

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS											Resp. Área: jefe Producción	
Proceso Pilado de Arroz		Diseño		AMEF N° 01			Situación Actual				Responsable Actual	
Sistema	Función que desempeña	Falla funcional		Modo de Falla	Efecto de falla	Control Actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Compresor	Comprimir aire	A	Formación de grietas y desgaste de tuberías	1	Fuga de aire	Disminución de volúmenes de aire comprimido	Revisión visual	7	5	3	105	Operador de planta
		B	Presencia de polvo y suciedad.	2	Obstrucción de filtro de aire	Sobrecalentamiento de compresor		8	6	6	288	Operador de planta
		C	Cambios de aceite y lubricación negligente	3	Falta de lubricación	Producción de fricción entre las superficies metálicas		8	6	3	144	Operador de planta
		D	Presencia de impurezas en el aceite de la máquina	4	Obstrucción en separador de aceite	Perjuicio en el funcionamiento del compresor		8	6	6	288	Operador de planta

Elaboración Propia.

Tabla N° 25: AMEF Pulidora por Abrasión.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS										Resp. Área: jefe Producción	
Proceso Pilado de Arroz		Diseño		AMEF N° 02		Situación Actual				Responsable Actual	
Sistema	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de Falla	Efecto de falla	Control Actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Pulidora por Abrasión	Pulido de arroz integral	A	Presencia de granos mal pulidos	1	Desgaste y ruptura de esmeriles	Revisión visual	9	3	6	162	Operador de planta
		B	Ruptura del aislamiento del bobinado	2	Avería en motor eléctrico		9	3	8	216	Operador de planta
		C	Cambio de fajas a diferentes intervalos de tiempo.	3	Ruptura de fajas		3	6	2	36	Operador de planta
		D	Cambio de cribas a diferentes intervalos de tiempo.	4	Desgaste y ruptura de cribas		6	6	2	72	Operador de planta
		E	Vibraciones entre el desplazamiento del eje	5	Ruptura de rodajes (ventilador de polvillo)		6	3	6	108	Operador de planta

Elaboración Propia.

Tabla N° 26: AMEF Elevador de Cangilones.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS											Resp. Área: jefe Producción	
Proceso Pilado de Arroz		Diseño		AMEF N° 03			Situación Actual				Responsable Actual	
Sistema	Función que desempeña	Falla funcional		Modo de Falla	Efecto de falla	Control Actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Elevador de Cangilones	Transportar arroz entre máquina y máquina de la línea de producción	A	Desgaste de faja y cambio negligente	1	Rotura de faja portacangilones	Paro total de la línea de producción	Revisión visual	8	3	4	96	Operador de planta
		B	Presencia de granos de arroz quebrados	2	Desprendimiento de cangilones	Atascamiento del flujo de arroz		4	3	4	48	Operador de planta
		C	Desgaste de faja y cambio negligente	3	Rotura de faja de motor	Atascamiento del flujo de arroz		3	6	2	36	Operador de planta
		D	Aminoramiento de la velocidad de transporte	4	Desgaste de rodamientos	Ocasiona vibraciones en eje, dificultando el transporte		6	5	7	210	Operador de planta

Elaboración Propia.

Tabla N° 27: AMEF Descascaradora.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS										Resp. Área: jefe Producción		
Proceso Pilado de Arroz		Diseño		AMEF N° 04			Situación Actual				Responsable Actual	
Sistema	Función que desempeña	Falla funcional		Modo de Falla	Efecto de falla	Control Actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
Descascaradora	Separación de la cáscara del grano integral de arroz	A	Desgaste abrasivo de los caminos de rodadura	1	Falta lubricación en poleas (circuito 01)	Aumento de temperatura de la polea, parada de máquina para su revisión.	Revisión visual	8	4	4	128	Operador de planta
		B	Desgaste de faja y cambio negligente	2	Ruptura de fajas	Parada de maquinaria para su cambio		8	3	4	96	Operador de planta
		C	Vibración en maquinaria	3	Falta de lubricación en rodamientos	Deficiencia en el descascarado de arroz.		6	3	5	90	Operador de planta
		D	Cambio de paletas a diferentes intervalos de tiempo.	4	Desgaste de paletas de esclusa de cáscara	Atascamiento del conducto de pajilla		8	3	4	96	Operador de planta
		E	Apagado repentino de maquinaria	5	Falla circuito eléctrico	Parada definitiva en la producción		8	3	3	72	Operador de planta

Elaboración Propia.

ANEXO N° 06 CRITERIOS CÁLCULO DE ANALISIS DE CRITICIDAD.

Producción

- Tasa de utilización del equipo.

Tabla N° 30: Valores para la tasa de marcha.

Calificación	Característica
3	>80%
2	Entre 50 y 80%
1	<50%

Elaboración: Propia

- Equipo Auxiliar: valor que indica que posibilidades

Tabla N° 31: Valores para el equipo auxiliar.

Calificación	Característica
3	Sin posibilidad de reemplazo.
2	Equipos de la misma clase en el proceso.
1	Equipos con duplicado.

Elaboración: Propia

- Influencia del equipo en el proceso de producción.

Tabla N° 32: Valores de influencia del equipo en proceso.

Calificación	Característica
4	Paro del proceso de producción.
3	Influencia importante
2	Influencia relativa.
1	No interviene en el proceso principal

Calidad

- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

Tabla N° 33: Valores para la influencia en la calidad final del producto

Calificación	Característica
4	Decisiva
3	Importante
2	Sensible
1	Nula

Elaboración: Propia

Mantenimiento

- Costo mensual de mantenimiento

Tabla N° 34: Valores según costo mensual de mantenimiento

Calificación	Característica
3	>S/ 1 500,00
2	S/ 1 000,00 – 1 500,00
1	>/ 1 000,00

Elaboración: Propia

- Número de horas paradas por averías por mes

Tabla N° 35: Valores para el número de horas de paro por mes.

Calificación	Característica
3	Mayor 8 horas
2	Entre 4 y 8 horas
1	Menor a 4 horas

Elaboración: Propia

- Grado de especialización el equipo

Tabla N° 36: Valores según el grado de especialización el equipo

Calificación	Característica
3	Especialista
2	Normal
1	Sin especialidad

Elaboración: Propia

Seguridad

- Influencia que tiene el equipo con respecto a la seguridad industrial y medio ambiente.

Tabla N° 37: Valores de influencia del equipo sobre la seguridad Industrial

Calificación	Característica
4	Riesgo mortal
3	Riesgo para la instalación
2	Influencia relativa
1	Sin influencia

Elaboración: Propia

Al sumar todas las puntuaciones, se dividen los equipos en tres grupos de criticidad de la siguiente manera:

I. Equipos críticos con un índice de criticidad entre 30 y 35, donde se realizará la implementación de un programa de mantenimiento preventivo.

II. Equipos de importancia media con un índice de criticidad entre 25 y 29, que podrían volverse críticos en ciertas circunstancias. Se les proporcionará la documentación necesaria para supervisar las actividades de mantenimiento.

III. Equipos secundarios en el proceso con un índice de criticidad menor a 24, que pueden estar sujetos a un programa de mantenimiento correctivo.

ANEXO N° 07: Mantenimiento Preventivo – Cálculo nuevos Indicadores.

Se realizó el nuevo cálculo de tiempo que tomará realizar el nuevo plan de mantenimiento preventivo con el resultado de las tareas propuestas.

Tabla N° 28: Tiempo Mantto. Preventivo Compresor

Máquina	Tareas propuestas	Tiempo requerido	N° de Operaciones	Tiempo anual de parada (min.)	Tiempo anual de parada (h)
Compresor	Limpieza de filtro de aceite	20	24	480	8
	Limpieza de filtro de aire	20	24	480	8
	Cambio de filtro de aceite	60	1	60	1
	Cambio de filtro de aire	60	1	60	1
	Comprobar que las conexiones se encuentren libres de fugas.	60	1	60	1
Total			51		19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 29: Tiempo Mantto. Preventivo Pulidora por abrasión

Máquina	Tareas propuestas	Tiempo requerido	N° de Operaciones	Tiempo anual de parada (min.)	Tiempo anual de parada (h)
Pulidora por abrasión	Limpieza de cribas	20	4	80	1
	Cambio de cribas	50	2	100	2
	Cambio de esmeriles	180	1	180	3
	Cambio de fajas	40	12	480	8
	Cambio de rodajes	45	1	45	1
	Revisión del bobinado de motor eléctrico	180	1	180	3
Total			21		18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 30: Tiempo Mantto. Preventivo Elevador de cangilones

Máquina	Tareas propuestas	Tiempo requerido	N° de Operaciones	Tiempo anual de parada (min.)	Tiempo anual de parada (h)
Elevador de Cangilones	Ajuste de pernos portacangilones	60	4	240	4
	Limpieza de la bota del elevador	20	12	240	4
	Cambio de faja portacangilones	180	2	360	6
	Cambio de faja motor	30	4	120	2
	Lubricación de rodamientos	20	12	240	4
Total			34		20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 31: Tiempo Mantto. Preventivo Descascaradora

Máquina	Tareas propuestas	Tiempo requerido (min)	N° de Operaciones	Tiempo anual de parada (min.)	Tiempo anual de parada (h)
Descascaradora	Inspección y verificación de pernos de maquinaria	15	51	771	13
	Limpieza y lubricación de rodamientos	30	12	360	6
	Cambio de faja	20	4	80	1
	Inspección de rodillos	10	6	60	1
	Cambio de rodillos	40	3	120	2
	Revisión del bobinado de motor eléctrico	180	1	180	3
Total			77		26

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se procede a verificar la diferencia entre las horas de parada antes del mantenimiento y después del mismo.

Tabla N° 32: Tiempo Mantto. Preventivo.

Máquina	Horas paradas antes del Mantto.	Horas paradas después del Mantto.	Tiempo Reducido (h)
Compresor	55	19	36
Pulidora por abrasión	42	18	24
Elevador de cangilones	77	20	57
Descascaradora	33	26	7
Total	207	83	124

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de los nuevos indicadores de Mantenimiento Preventivo

Diseñando el nuevo plan de mantenimiento con las máquinas críticas del proceso productivo se ha conseguido definir tareas, tiempos y frecuencia para ellas, obteniendo mejoras.

Confiabilidad

Para el cálculo del nuevo indicador, se debe tener en cuenta los siguientes tiempos:

- **Tiempo total para producir**= 4 731 horas
- **Tiempo total inactividad**= total fallas (h) – tiempo reducido c/mantto. (h)
 $303 - (36 + 24 + 57 + 7) = 179$ horas
- **Número de fallas:** 89 - 63 fallas= 26 fallas que no se le aplicaron mantto.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Tiempo total de operación hasta el fallo}}{\text{Número de fallas totales}}$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{(4\,731\text{ h} - 179\text{ h})}{26\text{ fallas}}$$

$$\text{Confiabilidad} = 175,07\text{ h}$$

En el cálculo de confiabilidad, se obtuvo como resultado 175,07 horas, refiriéndose al tiempo que va haber producción hasta que se produzca una falla.

Mantenibilidad

Se detalla a continuación el cálculo de mantenibilidad:

- **Tiempo total de inactividad**= total fallas (h) – tiempo reducido c/mantto. (h)
 $= 303 - (36 + 24 + 57 + 7) = 179$ horas
- **Número de Fallas**= Las fallas diagnosticadas sumaron un total de 89, de las cuales 63 fallas se le aplicaron mantenimiento preventivo dando como resultado a 26 fallas que le falta la aplicación; a ello se le suma el número de operaciones de las tareas propuestas= 183.

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\text{Tiempo total para reparar fallas}}{\text{Número total de fallas}}$$

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{179}{26 + 183}$$

$$\text{Mantenibilidad} = 0,86 \approx 1,00$$

En el cálculo de mantenibilidad, se obtuvo como resultado 0,86 horas, refiriéndose al tiempo en tardará en reparar una falla, dejando a la maquinaria en óptimas condiciones.

Disponibilidad

Se detalla a continuación el cálculo de disponibilidad:

- **Tiempo total programado= 4 731 horas**
- Tiempo total de inactividad= total fallas (h) – tiempo reducido c/mantto. (h)
 $= 303 - (36 + 24 + 57 + 7) = \mathbf{179 \text{ horas}}$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas op.} - \text{horas inop.}}{\text{Horas op.}} * 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{4\,731 - 179}{4\,731} * 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 96,21\%$$

ANEXO N° 09:**Plan de Mantenimiento Preventivo****Objetivo: Proponer un plan de mantenimiento preventivo.**

Para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo es necesario considerar diversos aspectos que garanticen su eficacia y aplicación adecuada. Estos elementos permiten establecer procedimientos claros y asegurar la continuidad de la maquinaria.

1. Realizar el diagnóstico mediante un historial de fallas por maquinaria.
2. Aplicamos el análisis de criticidad y se estudian las maquinarias más críticas.
3. Elaboramos el plan de actividades donde describimos las tareas a desempeñar, con los recursos necesarios y al coste adecuado.
4. Elaboramos el cronograma de mantenimiento preventivo