

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



**Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino
Don Julio S.A.C. para incrementar la productividad**

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

AUTOR

Frank Yamir Altamirano Fernandez

ASESOR

Pedro Martin Vizconde Melendez

<https://orcid.org/0000-0001-5673-2225>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino
Don Julio S.A.C. para incrementar la productividad**

PRESENTADA POR

Frank Yamir Altamirano Fernandez

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

María Luisa Espinoza García Urrutia

PRESIDENTE

Cynthia Cecilia Orbegoso Peñaherrera

SECRETARIO

Pedro Martin Vizconde Melendez

VOCAL

Dedicatoria

En este momento culminante de mi vida académica, deseo dedicar esta tesis a mis padres con todo mi corazón. Su constante presencia, apoyo y amor incondicional han sido el faro que me ha guiado a lo largo de este arduo camino, quienes desde el primer día me inculcaron valores de perseverancia y dedicación. Cuyo sacrificio y esfuerzo han sido la base de mi educación, les agradezco profundamente; su fe en mí ha sido mi mayor motivación.

Agradecimientos

Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres, su amor incondicional y apoyo constante han sido la fuerza motriz detrás de mis logros. A mi asesor Mgtr. Ing. Pedro Martin Vizconde Meléndez, Molino Don Julio SAC y la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por su invaluable apoyo en el desarrollo de esta tesis. Su orientación, colaboración y calidad educativa han sido fundamentales para mi crecimiento como estudiante e ingeniero. Estoy sinceramente agradecido por dejar una huella imborrable en mi viaje académico.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

7%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

7%

3

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

5

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	16
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias.....	39
Anexos	42

Resumen

En este estudio, se examinó el proceso de pilado de arroz, para aumentar la productividad. Este análisis implicó evaluar la situación actual de la empresa, donde se identificaron los indicadores relacionados con la productividad, producción y la eficiencia en el uso de la materia prima. La productividad global se estimó en 0,207 sacos de arroz pilado/soles. Se determinó las distintas etapas, utilizando un diagrama de análisis del proceso. Se identificó el cuello de botella, que era la etapa de secado, que se realiza de forma artesanal y requería un tiempo de 2,49 minutos/ sacos de arroz pilado; con una eficiencia física del 57,23%. Además, la falta de mantenimiento preventivo ocasionó un total de 127 interrupciones en la producción en 2022. Para ello, se propuso un nuevo método de secado, que implicaba la adquisición de tecnología moderna, que funciona mediante un flujo de aire inverso. Esta medida permitiría aumentar la eficiencia del proceso y reducir el cuello de botella. Además, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para anticiparse a posibles fallos durante la operación de la maquinaria, logrando la finalidad de este estudio. Con estas acciones, se puede lograr un incremento significativo en la productividad global del 20,29%, un aumento de 20,57% en la eficiencia de la materia prima y una reducción del 12,26% en el tiempo de ciclo. En términos de costo-beneficio, se determinó que, por cada sol invertido, la empresa obtendrá una ganancia de S/. 0,99.

Palabras clave: Productividad, pilado de arroz, eficiencia.

Abstract

In this study, the rice piling process was examined to increase productivity. This analysis involved evaluating the current situation of the company, where indicators related to productivity, production and efficiency in the use of raw materials were identified. Global productivity was estimated at 0,207 bags of piled rice/soles. The different stages were determined, using a process analysis diagram. The bottleneck was identified, which was the drying stage, which is carried out by hand and required a time of 2,49 minutes/bags of piled rice; with a physical efficiency of 57,23%. In addition, the lack of preventive maintenance caused a total of 127 production interruptions in 2022. To this end, a new drying method was proposed, which involved the acquisition of modern technology, which works through reverse air flow. This measure would increase the efficiency of the process and reduce the bottleneck. In addition, a preventive maintenance plan was designed to anticipate possible failures during the operation of the machinery, achieving the purpose of this study. With these actions, a significant increase in global productivity of 20,29%, a 20,57% increase in raw material efficiency and a 12,26% reduction in cycle time can be achieved. In terms of cost-benefit, it was determined that, for each sole invested, the company will obtain a profit of S/. 0,99.

Keywords: Productivity, piling of rice, efficiency.

Introducción

Dentro de los cereales que más se cosechan y se producen en todo el planeta, que se cultiva en todos los continentes es el arroz [1]; El 89% del total producido de este cereal, lo produce Asia, donde los principales productores son China, India e Indonesia [2]. En la actualidad las empresas pueden adquirir este cereal, la dificultad recae exactamente en como realizan el secado y proceso de dicho grano, ya que muchas veces este no se realiza de manera idónea y a consecuencia el arroz cambia su sabor y calidad, [3] por otro lado, es esencial para las empresas del sector productivo el mantenimiento preventivo, la tasa de tiempo de actividad de la maquinaria en el sector agroindustrial suele ser inferior al 90%, esto representa un reto, ya que afecta significativamente la vida útil de sus equipos y maquinaria [4]. Según un informe de la FAO la principal preocupación con respecto al proceso de pilado es la baja productividad en los molinos. En Filipinas, la eficiencia física promedio nacionalista está en torno al 65%, lo que significa que el 35 % del grano se convierte en subproductos. Esto se debe al uso limitado de tecnología, tanto en el secado y maquinaria que se usa en el proceso [5].

En Sudamérica, el Perú destaca como uno de los principales productores de arroz, con una producción anual que supera los tres millones de toneladas. Además, el consumo per cápita alcanza los 70 kilogramos por año, situándose entre los más altos de Latinoamérica. Este elevado consumo impulsa la necesidad de mejorar los procesos de producción, como el secado del arroz, el cual está experimentando una creciente industrialización para evitar los problemas asociados con métodos artesanales, los cuales afectan la calidad del producto final. [6]. Según el Ministerio de Agricultura y Riego, los desafíos en el proceso de pilado se atribuyen principalmente a la falta de recursos tecnológicos modernos en los molinos de arroz. La mayoría de estos molinos aún emplean tecnología obsoleta y manual, lo que disminuye la eficiencia y productividad del proceso de pilado en su totalidad. También detalla que las regiones de San Martín, Piura, Lambayeque, Amazonas, La Libertad y Arequipa lideran la producción de arroz a nivel departamental, contribuyendo con el 82% de la producción nacional, a su vez la eficiencia física del pilado de arroz promedio es del 69% a nivel nacional [7].

“Molino Don Julio S.A.C.”, se encuentra situada en la carretera Panamericana, parte norte del Perú Km. 783, departamento de Lambayeque, con RUC 20480185995 y se especializa en la elaboración de productos de molinería. Hoy por hoy, la principal dificultad que enfrenta la empresa radica en su productividad reducida siendo 0,207 sacos de arroz pilado/soles, esto se debe a que cuenta con una eficiencia física de 57,23%, inferior al promedio nacional proporcionada por la asociación peruana de molineros de arroz (APEMA), la media nacional de arroz pilado es de 69% [8]. Esto sucede por el método de secado de la materia prima, que es

de manera artesanal y no se puede controlar la temperatura, lluvias y el porcentaje de humedad que en promedio es de 16,1% siendo superior al adecuado, acarreado un incremento en la producción de subproductos. También hay averías en la maquinaria, ya que en el año 2022 ocurrieron 127 fallas, de las cuales el mayor número de fallas se encuentran en la etapa de descascarado y pulido, a consecuencia de estas fallas hay 374,5 horas que tienen que ver con reparación. Debido a que no existe un programa de mantenimiento preventivo, el personal enfrenta dificultades debido a que solo se brinda mantenimiento correctivo, que implica la reparación de equipos o sistemas una vez que han experimentado fallas o problemas. Este proceso involucra la corrección de los problemas existentes en lugar de prevenirlos de antemano. Ya que el molino cuenta únicamente con una línea de procesamiento de arroz cáscara, es inevitable detenerse durante la reparación de las máquinas.

Frente a esta situación, se planteó la siguiente interrogante ¿En qué medida la propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Don Julio S.A.C. permite aumentar la productividad? El estudio se realiza a lo largo de todo el proceso de pilado que tiene como objetivo principal Incrementar la productividad de la empresa Don Julio S.A.C. mediante la propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz. En cuanto a los objetivos específicos se tiene. Diagnosticar el proceso de pilado de arroz de la empresa Don Julio S.A.C.; Elaborar la propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Don Julio S.A.C. Finalmente, se Evaluará el costo – beneficio de la propuesta de mejora.

Este estudio se justifica de manera económica ya que radica en la posibilidad de impulsar un incremento en la productividad a través de la introducción de mejoras en su proceso. Estas mejoras tendrían como resultado un aumento en la producción y al mismo tiempo que reduciría los costos de mantenimiento. Estos ajustes contribuirían a mejorar los indicadores actuales de productividad, generando así la oportunidad de generar mayores ingresos.

En lo que concierne a la justificación desde una perspectiva metodológica, es esencial llevar a cabo esta investigación debido a que el molino presenta una carencia en cuanto a que no dispone de un programa de mantenimiento preventivo por parte de la empresa. Además, este estudio no solo llenaría este vacío, sino que también enriquecería el conocimiento disponible para futuras investigaciones dentro de este sector.

La implementación de una secadora industrial que utiliza la cáscara de arroz como combustible justifica su enfoque ambientalmente al aprovechar residuos agrícolas, esto promueve prácticas sostenibles, evita la acumulación de residuos, contribuyendo así a una gestión más sostenible de recursos y comparados con la quema de combustibles fósiles la emisión de CO₂ es 40% menos, esto mismo no afecta a la sociedad en general

Tipo de investigación, nivel y enfoque

La investigación que se desarrolló es de tipo descriptiva, ya que en ella se detalló la situación actual del proceso de pilado de arroz de la empresa Don Julio S.A.C., a través de un estudio de tiempos, calcular la eficiencia física de materia prima y diagnosticar la maquinaria del proceso de pilado para tener un conteo de paros y reparaciones a fin de identificar en qué circunstancias dentro de él se está generando mayor incidencia de estos inconvenientes. Además, la investigación es de carácter aplicado, ya que se ha planteado como objetivo resolver una problemática dentro de la empresa con la ayuda de revistas, antecedentes, bibliografía y libros que servirán como fuentes o bases para poder llegar a finalizar con el proyecto. Por último, la investigación a desarrollar es de enfoque cuantitativa, en donde está permitiendo obtener datos más precisos a fin de desarrollar los objetivos del proyecto.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental-transversal, ya que no se están manipulando deliberadamente, ninguna variable que se ha establecido en el proyecto, también se analizará datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población y muestra, además de que se ha apoyado en estudios bibliográficos, revistas, artículos, hojas de datos y observación del proceso productivo a fin de desarrollo.

Población

La población está determinada por el proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Don Julio S.A.C.

Muestra

La muestra está determinada por la maquinaria del circuito de pilado de arroz de la empresa Molino Don Julio S.A.C. del 2022.

Revisión de literatura

Muñoz [9] en su investigación tiene como objetivo aumentar la eficiencia y productividad en el proceso de descascarillado de arroz de un molino chiclayano, mediante la aplicación de metodologías y se emplean para el diagnóstico herramientas como el diagrama de Ishikawa, cursograma analítico y el análisis de criticidad de la maquinaria, se logró calcular y analizar los indicadores de productividad relacionados con la mano de obra y la materia prima, así como la capacidad del proceso y la eficiencia física, posteriormente se realizó la identificación de puntos críticos en cuanto a la maquinaria. De este modo cuando se aplicó el análisis de criticidad se estableció una jerarquía de mantenimiento en cuanto a la maquinaria, en consecuencia se pudo establecer un plan de mantenimiento preventivo que permitió reducir el tiempo de reparación a y a consecuencia aumentar las horas de producción, también se implementó una secadora

industrial de clasificación horno quemador y en consecuencia permitió incrementar la eficiencia física en un 22,73%, la productividad en cuanto materia prima aumentó en un 27,27%, mientras que la mano de obra incrementó en 60,75% y la de maquinaria en un 12,57% teniendo un efecto positivo en la productividad total del molino, aumentando en un 46,88%, a su vez el tiempo total de ciclo disminuyó en un 66,64% y el cuello de botella disminuyó en un 69,28%.

Bereche [10] en su tesis planteó como objetivo incrementar la eficiencia del proceso de pilado de arroz de una empresa molinera, la metodología que utilizó fue el análisis de eficiencia general de los equipos (OEE) de la maquinaria de mayor criticidad que fueron identificadas mediante un diagrama de Pareto y calculó indicadores como tiempo medio de restauración (MTTR) y el tiempo medio entre fallas (MTBF) con el fin de identificar tiempo de reparación y fallas. Posteriormente realizó un mantenimiento productivo total que comprende tanto el plan de mantenimiento preventivo como la capacitación, su finalidad fue disminuir los tiempos de inactividad debido a averías de maquinaria, disminuir costos no requeridos en cuanto a mano de obra y minimizar pérdidas de producto. A consecuencia se logró aumentar la eficiencia de la planta en un 20,1% (de 66,47% a 86,60%), reflejándose en la eficiencia total de maquinaria y equipos, ya que experimentó un aumento del 9,85% (de 55,39% a 65,24%) y se obtuvo un índice de Costo-Beneficio de 1,31.

Olivera [11] en su tesis planteó como objetivo incrementar la productividad del proceso de descascarillado arroz en un molino, mediante la mejora del proceso, se realizó la aplicación de metodologías y se utilizó herramientas de análisis, como el diagrama de Ishikawa, cursograma analítico y el análisis de criticidad de la maquinaria, se logró calcular y analizar los indicadores de productividad relacionados con la mano de obra y la materia prima, así como la capacidad del proceso y la eficiencia, posteriormente se realizó el análisis de puntos críticos en cuanto a la maquinaria. De este modo cuando se aplicó el análisis de criticidad se estableció una jerarquía de mantenimiento en cuanto a la maquinaria, en consecuencia se pudo establecer un plan de mantenimiento preventivo que permitió bajar el tiempo de reparación a y a consecuencia aumentar las horas de producción, también se implementó una secadora industrial de clasificación horno quemador y en consecuencia se logró incrementar la producción en un 14,42%, la eficiencia física en un 15,7%, la productividad de mano de obra aumentó en 29,12%, materia prima aumentó en un 24,26% y la de maquinaria en un 14,4% teniendo un efecto positivo en la productividad total del molino, aumentando en un 66%, a su vez el tiempo total de ciclo disminuyó en un 72,9% y el cuello de botella disminuyó en un 81%. En relación al análisis de costo-beneficio, se determinó que, por cada sol invertido, el molino logrará un beneficio de S/. 0,94.

Guevara [12] en su trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar la productividad del proceso productivo de la empresa Induamerica, se realizó la aplicación de herramientas de diagnóstico como el diagrama de Ishikawa, diagrama de análisis del proceso (DAP) y el análisis de criticidad de la maquinaria. De este modo cuando se aplicó el análisis de criticidad se estableció una jerarquía de mantenimiento en cuanto a la maquinaria, en consecuencia se pudo establecer un plan de mantenimiento productivo total que permitió disminuir tiempos de reparación a y en consecuencia aumentar las horas de producción, también se estandarizaron los tiempos y en consecuencia se logró incrementar la productividad de mano de obra en un 32,95%, materia prima aumentó en un 13,32%, teniendo un efecto positivo en la productividad total del molino, aumentando en un 7,543%. En relación al análisis de costo-beneficio, se determinó que, por cada sol invertido, el molino logrará una utilidad de S/. 0,3259.

Charmine y Noroña [13] en su investigación tuvieron como objetivo establecer prácticas de mantenimiento preventivo a nivel local, demostrando sus beneficios en términos de una mejor utilización de los equipos y una mayor eficiencia. Como sitio de investigación, el estudio eligió la provincia de Occidental Mindoro una región agrícola que se especializa en la producción de arroz y proporciona empleo a casi el 80% de su población, El primer objetivo del trabajo fue evaluar las prácticas de mantenimiento de la producción y pilado de arroz, a través de encuestas se concluyó que el desempeño de la máquina y equipos en términos de disponibilidad, durabilidad, funcionalidad, calidad, confiabilidad y seguridad estaban por debajo del 40% con respecto a la efectividad de los equipos, esto tenía insatisfechos a los molinos debido a la baja productividad y para aumentar el % de efectividad y disponibilidad se propuso un modelo basado en TPM en el empleo de las prácticas adecuadas en el mantenimiento de máquinas y equipos logrando abordar los problemas de altos costos de producción y mantenimiento correctivo que anteriormente se tenían y que gracias a la implementación de esta herramienta se logró disminuir y en consecuencia se incrementó la productividad global en un 19,37%.

Lhendi Abeer, et al. [14] en su investigación tuvieron como objetivo analizar el impacto tecnológico en el contenido de humedad en el arroz, en términos de propiedades físicas, el contenido de humedad del arroz con cáscara puede afectar la forma, el tamaño y el color del grano del arroz resultante. Un contenido de humedad más alto puede dar como resultado granos más pequeños y de forma más irregular que pueden acabar en sub productos, mientras que un contenido de humedad más bajo puede dar como resultado granos más grandes y más uniformes, en el desarrollo de artículo se evidencia que la calidad del arroz y su eficiencia física disminuyó significativamente como resultado del aumento del contenido de humedad cuando este es mayor al 14%; Todo esto acarrearán en una disminución en la producción de arroz pilado

y la humedad es un factor crítico para disminuir la eficiencia física como en el caso del artículo llegando o siendo inferior al 60%, debido a la implementación de una secadora industrial permitió mantener dicho porcentaje de humedad entre 11% y 13% obteniendo una eficiencia física del 69% en consecuencia incrementando la productividad global en 12,34%.

Moran y Panduro en su investigación [15] proponen una mejora con el propósito de elevar la productividad en las etapas de pilado y secado del arroz cáscara en un molino. El objetivo que se plantea en este estudio es mejorar la eficacia y eficiencia de estos procesos Por medio de la aplicación de herramientas y metodologías de mantenimiento y gestión de la calidad, como el análisis de procesos, la identificación de puntos críticos en cuanto a la maquinaria y poner en marcha un programa de mantenimiento preventivo. De este modo cuando se aplicó el análisis de criticidad se estableció una jerarquía de mantenimiento en cuanto a la maquinaria, de este modo se pudo establecer un programa de mantenimiento preventivo que logró bajar el tiempo de reparación a y a consecuencia aumentar las horas de producción, teniendo un efecto positivo en la productividad de la empresa en un 35,55 %, de otro modo también tuvo un efecto en los índices de humedad, ya que disminuyó en un 2,93% en el proceso de secado.

Monsalve [16] en su tesis propuso un programa de mantenimiento preventivo con la finalidad de prevenir y disminuir potenciales fallos en los equipos de la etapa de pilado, con el propósito de aumentar la productividad, para ello, se diagnosticó la situación actual del molino referente a mantenimiento en el periodo de septiembre de 2016 a agosto de 2017 utilizando herramientas como análisis de criticidad, árbol de fallas y el análisis de modos y efecto de fallas (AMEF). Esto permitió identificar 161 fallas que tomaron un total de 459,08 horas, siendo la descascaradora y la pulidora las que presentaron más problemas con 101,5 y 63,58 horas de tiempo muerto, respectivamente. Con la finalidad de disminuir la incidencia de fallos y lograr elevar la productividad a una tasa de 68 sacos por hora, se planteó la introducción de un plan de mantenimiento preventivo mediante un calendario de tareas planificadas, la ejecución de un plan de formación y un nuevo procedimiento en cuanto al mantenimiento, con el fin de aumentar la productividad y disminuir el número de averías, el costo total del sistema de mantenimiento que se estaba utilizando era de S/ 630 874,33, mientras que dicho costo de esta propuesta fue de S/ 73 583,8 a cambio de una utilidad por cada sol invertido de S/ 7,57.

Casiello et al. [17] en su investigación evaluaron más de 10 secadoras industriales con la finalidad de elegir las más apropiadas para el secado de grano y disminución de humedad, se evaluó dependiendo de sus características, según diseño, construcción y modelación de control, para ello consideraron un cuadro comparativo evaluando criterios como instalación, puesta en marcha, tipo de proceso, costo de operación, tipo de combustible, costo de inversión,

especificaciones técnicas y la capacidad, concluyendo que las mejores secadoras son las que utilizan gas licuado de petróleo o biomasa, en cuanto a las mejores secadoras con combustible GLP son las rotativas como el modelo SRCZ-1 de marca Zacaria; en cuanto a secadoras con combustible de biomasa se tiene a los hornos quemadores de biomasa con torre de secado como la SUPER 120-110 de la marca SUNCUE, estas mencionadas logran realizar un secado muy uniforme de manera que el porcentaje de humedad es menor al 14% y representa al de todos los granos y en consecuencia se obtuvo una eficiencia física del 69%.

Parnsakhorn y Langkapin [18] en su artículo tienen como objetivo establecer en qué grado o medida afecta la variación de humedad a las características físicas y químicas del arroz cascara, los autores llevaron a cabo pruebas de secado del grano a través de higrómetros y un análisis de los resultados en tablas de gráficos de control de cuatro porcentajes de humedad diferentes (13%, 14%, 15% y 16%), descubrieron que el porcentaje de quebrado aumenta en relación al porcentaje de humedad, la contextura también fue afectada, en pocas palabras, el estudio concluye que la temperatura de secado juega un papel esencial a considerar en la producción de arroz y el impacto que puede tener es muy significativo en su calidad y en su posterior uso en la industria alimentaria, se concluye que por ende la humedad adecuada es de 12 – 13% respectivamente para tener eficiencias físicas superiores a 69%.

Los indicadores de productividad determinados en el estudio actual mostrarán en qué medida los recursos se están utilizando para crear el producto final y, por lo tanto, determinar qué mejoras son necesarias. Dounce [19] establece la productividad como el vínculo entre los recursos utilizados y la cantidad de servicios y productos generados. Esta fórmula se utiliza para calcularlo:

$$Productividad: \frac{Salidas}{Entradas}$$

La productividad puede exhibirse en una variedad de formas:

Productividad total: Implica la totalidad de los recursos empleados en relación a los resultados obtenidos.

$$Productividad\ total = \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Mano\ de\ obra + Capital + Materias\ primas + Otros}$$

Productividad parcial; Asocia la cantidad alcanzada con uno de los recursos utilizados.

$$Productividad\ parcial = \frac{Salida\ total}{Una\ entrada}$$

Según la Asociación Peruana de Molineros de Arroz el proceso de pilado implica el uso de maquinaria durante los procesos de secado, procesamiento, selección y almacenamiento para convertir el arroz cáscara en arroz pilado [20].

El proceso de secado del arroz cáscara se realiza de dos formas: natural, exponiendo los granos a los rayos del sol, e industrial, utilizando tecnología [21]. Existen diferentes tipos de secadores, entre los que se encuentran los secadores intermitentes, que secan a altas temperaturas con periodos de reposo entre el 10% y el 90%, los secadores de flujo con corriente que tienen etapas de temperatura de 120 °C, 80 °C y 60 °C, y los secadores mixtos de flujo que aplican una mezcla de flujos a contracorriente o concurrentes entre el arroz y el aire de secado, con el propósito de asegurar un proceso de secado homogéneo que reduzca la posibilidad de cambios bruscos de temperatura y daño físico en los granos [21].

El proceso de pilado abarca desde el secado hasta el circuito de pilado, donde resalta la etapa de pre limpia, donde se segrega el arroz cáscara de los elementos sólidos que no son parte del proceso, la etapa de descascarado donde se le quita la cáscara al arroz, la etapa de clasificación donde se clasifica los granos por distintas densidades, la etapa de pulido donde se otorga una superficie brillante y a la etapa de selección por color donde se separa los granos defectuosos, como aquellos con manchas o tizas.

Según García [22] el mantenimiento preventivo se realiza a través de operaciones planificadas con el fin de corregir fallos y reducir los tiempos improductivos de la producción y los gastos asociados con las averías, dicho plan se empieza por la criticidad de las máquinas que por lo general la descascaradora, zaranda y lustradora son las máquinas que mayormente se ven afectadas, posteriormente se realiza los árboles de fallos y su posterior cronograma de actividades; ofrece los siguientes beneficios: se obtiene una producción que funciona normalmente sin interrupciones, y no hay un desgaste significativo en la maquinaria y equipos.

Materiales y métodos

Pera realizar el diagnóstico de la empresa Molino don Julio S.A.C., se realizó un análisis documentario a través de los registros históricos, en cuanto a la maquinaria del área de pilado de arroz, se recopiló el historial de fallas de estas, a través de hojas de Excel, posteriormente se tuvo en consideración el formato de árbol de fallas de García [22] para su posterior desarrollo, se detalló el costo de materiales y mano de obra, utilidad bruta no percibida, unidades no procesadas, así mismo se calcularon indicadores de mantenimiento [22], para posteriormente calcular la productividad en función al tiempo de producción [19]. Para identificar las máquinas más críticas se realizó un análisis de criticidad de modo y efecto de fallas y el análisis NRP [23]. Posteriormente, se realizó la confección de un diagrama de análisis de proceso [24] durante un lapso de tres días, empleando un cronómetro para calcular el tiempo medio, con el propósito de identificar el cuello de botella, luego, se procedió a realizar un análisis documental mediante la revisión de los registros históricos en formatos y hojas de Excel del arroz cáscara

que entra y el arroz pilado que se obtiene, concluyéndose con un diagrama de Ishikawa [25], mencionando de manera detallada las causas.

Para realizar las propuestas de mejora en el proceso de pilado de arroz, se realizó el plan de mantenimiento, el cronograma de este, detallando el procedimiento del mantenimiento y órdenes de trabajo de este para disminuir el tiempo de paradas [22]. Después, se efectuó la evaluación mediante una matriz de valoración [26] de las diversas opciones de equipos de secado a incorporar, con el objetivo de identificar el más apropiado para la situación.

Con el propósito de llevar a cabo la evaluación económico-financiera [27] de la propuesta de mejora se procedió a calcular los ingresos conforme a los indicadores con el fin de identificar los egresos y estimar los costos de las inversiones tangibles e intangibles basados en la propuesta de mejora, Posteriormente se realizó un flujo de caja con la intención de comprender el aspecto económico-financiero del costo y beneficio, respaldado por la revisión de fuentes bibliográficas.

Resultados y discusión

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La empresa Molino Don Julio S.A.C. se encuentra ubicada específicamente en carretera Panamericana Norte Km. 783, es una empresa dedicada a la prestación y comercialización de servicios de pilado de arroz. Con Registro Único del Contribuyente (RUC) 20480185995, esta empresa tiene como fecha de funcionamiento el 1 de junio del 2007, laboran 20 trabajadores los cuales se dividen en 4 administrativos, 11 en producción, 2 en control de producción, 2 en mantenimiento y 1 en vigilancia.

El proceso de producción lo conforman las siguientes actividades:

Recepción de materia prima: La materia se recepciona de camiones desde el campo en sacos de 90Kg, los estibadores se encargan de descargar la materia prima, de manera paralela los trabajadores de control de calidad toman muestras y determinan el contenido de humedad.

Secado: La materia prima se transporta en montacarga al área de secado, este secado se realiza de manera natural.

Pre limpia: Los trabajadores transportan los sacos alojados en el almacén hasta la tolva, con el fin de proceder con el tratamiento subsiguiente.

Descascarado: La materia prima que es transportado por un elevador de cangilones es descascarado, a través de rodillos de goma que rotan en direcciones opuestas.

Clasificación I: El arroz se separa de la cáscara a través de la mesa paddy, está tiene celdas zigzag en su interior y sus movimientos son vaivén, de este modo clasifica los granos por distintas densidades.

Pulido: En esta etapa, el arroz atraviesa una pulidora que elimina partículas de harina y el embrión que quedan adheridos al grano, otorgándole una superficie brillante y suave.

Clasificación II: El arroz es introducido en una zaranda vibradora, la cual está compuesta por cribas cilíndricas y se distingue por un movimiento oscilante que permite la separación del arroz en granos enteros y mixtos.

Selección por color: Los granos de arroz provenientes de la zaranda son sometidos a un proceso de clasificación por medio de la selectora. Este dispositivo separa los granos que presentan defectos, como aquellos con manchas o tizas.

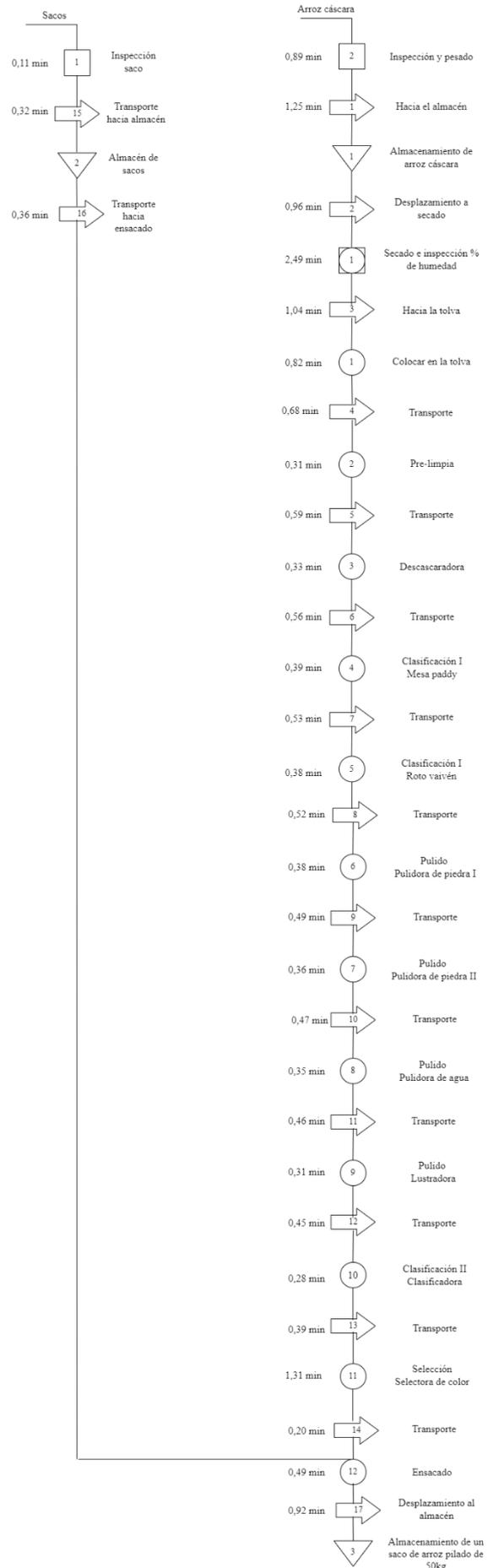
Envasado: Esta etapa es realizada por un operario encargado de abrir la tolva, llenar el saco con el arroz y coser este mismo y los subproductos.

Almacenamiento: El arroz se traslada al almacén y arrumado en camas de 8x20.

Actualmente la empresa Molino Don Julio S.A.C. cuenta con 22 máquinas en el área de proceso de pilado, como la máquina pre-limpia, mesa paddy, selectora, pulidoras entre otras (ver Anexo 1).

En la figura 1 se visualiza el tiempo normal requerido que se registró en las 5 muestras (ver Anexo 3) para el pilado del arroz de 83.55 kg de arroz cáscara. Como se puede observar, hay 35 actividades en total, incluyendo 12 operaciones, 2 inspecciones, 1 operación – inspección, 3 actividad de almacenamiento y 17 transportes. Estos conjuntos de actividades se realizaron en 30,23, minutos como se visualiza en la tabla resumen de la figura 1. El diagrama de análisis del proceso que se realizó, fue en base a un lote de arroz cáscara de 83.55 kg, se usaron 30,23 minutos, de los cuales el total de arroz pilado fue de 1 saco, el equivalente a 50 kg.

También se ha realizado el diagrama de operaciones del proceso de pilado de arroz (ver anexo 45)



Resumen General			
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo
Operación	○	12	5,33
Inspección	□	2	1,00
Operación-Inspección	◻	1	2,49
Transporte	→	17	10,19
Almacenamiento	△	3	-----
Total		35	19,01

Figura 1: Diagrama de análisis del proceso de pilado de arroz

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se visualiza el balance de materia prima del proceso de pilado de arroz, dicho balance se realizó de un lote de producción con código CO259 del tipo Nir, que luego de pasar por la etapa de secado un total de 45 sacos de 90 kilogramos que en total tiene un peso de 4 050 kilogramos de arroz cáscara, de esto quedaron 3 837 kilogramos de arroz cáscara seco, esta cantidad entró a la tolva de recepción el martes 27 de septiembre de 2022. Durante la pre-limpia se obtuvieron aproximadamente 3,2% de impurezas que lo conformaban piedras y tallos, en el descascarado se obtuvo un 22% de cáscara o cascarilla mientras que de subproducto se tiene las siguientes proporciones, polvillo representa el 10,12%, arrocillo 7,25%, ñelén 2,2% y descarte 0,4% de modo que se obtuvo una cantidad total de arroz pilado de 2 317,799 kilogramos equivalentes a 46,36 sacos con un peso de 50 kilogramos, con una eficiencia física del 57,23% respectivamente.

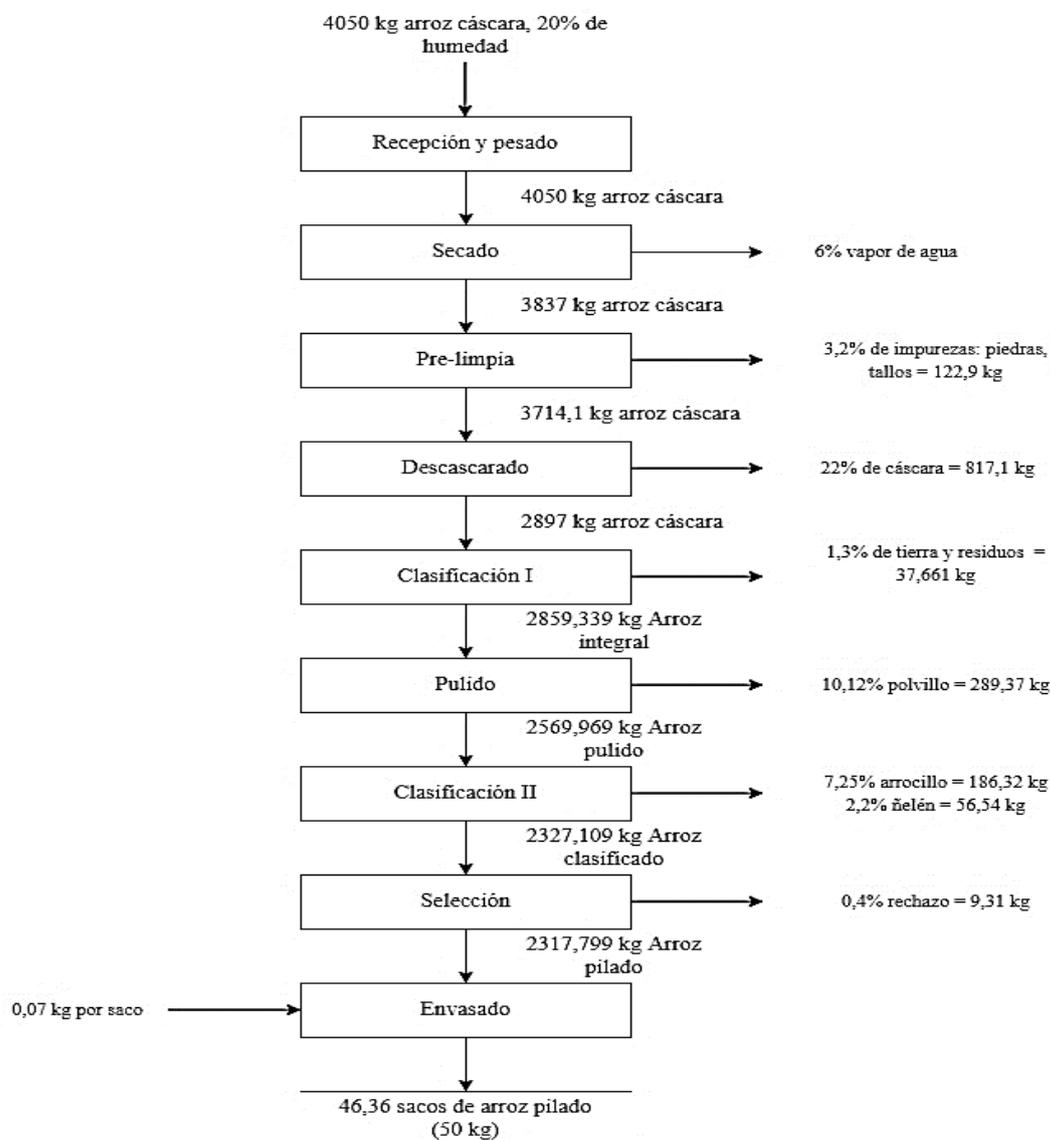


Figura 2: Balance de materia prima del proceso de pilado de arroz

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1 se observa el porcentaje que se pierde en cuanto a materia prima en relación a las distintas etapas que componen el proceso. Los resultados indican que las etapas que presentan la mayor pérdida son el descascarado con un 22%, debido a que se le quita la cáscara al arroz y es normal, seguido por el pulido con un 10,12%, y finalmente la clasificación II con un 9,45%, estos dos últimos porcentajes son altos y se deben de disminuir.

Tabla 1: Balance de materia prima

Actividad	M.P. Ingresada (kg)	M.P. salida (kg)	% Pérdida de materia prima
Recepción	4 050	4 050	0
Secado	4 050	3 837	6
Pre-limpia	3 837	3 714,1	3,2
Descascarado	3 714,1	2 897	22
Clasificación I	2 897	2 859,339	1,3
Pulido	2 859,339	2 569,969	10,12
Clasificación II	2 569,969	2 327,109	9,45
Selección	2 327,109	2 317,799	0,4
Envasado	2 317,799	2 317,799	0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los indicadores que tiene la empresa en la actualidad en cuanto a productividad, producción y eficiencia.

La empresa Molino Don Julio opera desde las 7:00 Am hasta las 6:00 Pm, lo que equivale a un total de 11 horas o 660 minutos por día, considerado como el tiempo base. El ciclo es determinado por la operación-inspección de secado, cuya duración es de 2,49 minutos (ver Figura 1) además, la cantidad de arroz pilado obtenida en este ciclo es de 50 kg.

Producción

$$\begin{aligned}
 \text{Producción} &= \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}} \\
 \text{Producción} &= \frac{660 \text{ min/ día}}{2,49 \text{ min}/50\text{kg arroz pilado}} \\
 \text{Producción} &= 13\,253,01 \frac{\text{kg de arroz pilado}}{\text{día}} \\
 \text{Producción} &= \frac{13\,253,01 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 265,06 \text{ sacos de arroz pilado/día}
 \end{aligned}$$

Indicadores de productividad. En el transcurso de un día en el molino, se realiza el procesamiento de un total de 23 203 kg de arroz cáscara que se han recepcionado.

Productividad de materia prima: Se producen 0,0114 sacos de arroz pilado por cada kg de arroz cáscara o por cada 100 kg de arroz cáscara salen 1,14 sacos de arroz pilado de 50 kg.

$$Productividad\ de\ M.P = \frac{265,06\ sacos}{23203\ kg} = 0,0114 \frac{sacos}{kg}$$

Productividad de mano de obra: La planta cuenta con 11 trabajadores y la cantidad de arroz que se procesa de manera diaria alcanza los 265,06 sacos. Esto resulta en una producción individual de 50.48 sacos de arroz pilado por cada operario.

$$Productividad\ M.O = \frac{265,06\ sacos\ de\ arroz\ pilado}{11\ operarios} = 24,10 \frac{Sacos\ de\ arroz\ pilado}{Operario}$$

Productividad de maquinaria: Considera las máquinas que dan un valor agregado al arroz pilado y se tiene la siguiente maquinaria: Máquina de Pre-limpia, Descascaradora, Mesa paddy, Zaranda Roto vaivén, Pulidora de piedra I, Pulidora de agua, Pulidora de piedra II, Lustradora, Clasificadora y Selectora electrónica por color sumando la cantidad de 10 máquinas.

$$Productividad\ de\ maquinaria = \frac{265,06\ sacos\ de\ arroz\ pilado}{10\ máquinas} = 26,51 \frac{Sacos}{Máquina}$$

Productividad total se calculó considerando los costos siguientes:

Costo de energía eléctrica: Este costo se relaciona con la totalidad de la maquinaria y equipos esenciales para el proceso. En este contexto, la empresa registra un consumo mensual aproximado de 6522,17. Basándose en el promedio mensual de se calcula un desembolso anual de S/. 78 265,99.

Costos de personal: Al considerar tanto a los colaboradores como a los operarios, cuyo número asciende a 20, se calcula una suma total de S/. 204 132,4.

Costo de insumos: Se da a partir de la adquisición de sacos de polipropileno, adquiridos por S/. 1 050,00 por cada millar. El molino emplea aproximadamente 85 millares, lo cual se traduce en un total de S/. 89 250,00. Además, se requieren 35 conos de hilo para coser los sacos, con un gasto anual de S/. 350,00. La suma total asciende a S/. 89 600,00.

Costo de mantenimiento correctivo: El monto asciende a S/. 40 948 al año.

$$Costo\ total\ 2022 = S /.78\ 265,99 + S /.204\ 132,4 + S /.89\ 600 + S /.40\ 948$$

$$Costo\ total\ 2022 = S /.405\ 102,21$$

La producción de arroz pilado al año es de 84 024,02 sacos, resulta de dividir el total de kg anuales entre 50 kg por lo tanto la productividad total se define de la siguiente manera:

$$Productividad\ 2022 = \frac{84\ 024,02 \frac{Sacos}{Año}}{S /.405\ 102,21} = 0,207 \frac{Sacos\ de\ arroz}{Soles}$$

Se obtuvo 10,35 kg de arroz pilado por cada sol invertido o 0,207 sacos de arroz pilado por cada sol invertido.

Eficiencia física: Esta determinación se basó en el análisis de las salidas en relación a las entradas (Ver figura 2).

$$Eficiencia\ física = \frac{2\ 317,78\ kg\ de\ arroz\ pilado}{4\ 050\ kg\ de\ arroz\ cáscara} \times 100 = 57,23\%$$

Quiere decir que se genera una producción de 57,23 kg de arroz pilado junto con 42,77 kg de subproductos y residuos de cada 100 kg de arroz cáscara introducido en el proceso de pilado de arroz. Lo que indica que solo 57,23% del total de arroz cáscara se aprovecha.

La eficiencia física de materia prima del proceso de pilado durante cada mes del 2022 fue calculada y se muestra en la Tabla 2, se muestra evidencia de variabilidad (ver anexo38).

Tabla 2: Producción y eficiencia física

Meses	Arroz cáscara (kg)	Arroz pilado (kg)	Eficiencia
Enero	712 347	419 853	58,94%
Febrero	701 047	411 852	58,75%
Marzo	761 737	463 951	60,91%
Abril	727 149	437 453	60,16%
Mayo	702 347	406 456	57,87%
Junio	794 637	478 408	60,20%
Julio	841 235	502 359	59,72%
Agosto	824 368	486 553	59,02%
Setiembre	749 368	445 606	59,46%
Octubre	759 423	456 154	60,07%
Noviembre	741 369	456 208	61,54%
Diciembre	649 357	399 356	61,50%
	Promedio		59,84%

Fuente: Molino Don Julio SAC

Según la tabla 2 da un promedio de eficiencia de 59,84%, debido al alto porcentaje de sub productos (ver anexo 4) y en consecuencia es muy inferior al promedio nacional, los meses de enero, febrero y mayo presentan las eficiencias más bajas, debido al alto porcentaje de humedad que se registraron, en promedio mayor al 16%, además la disparidad de eficiencia física de pilado de arroz entre el promedio nacional y la empresa es de 9,16%%, en otras palabras, la empresa por cada 1000 kilogramos que ingresan de arroz cáscara, obtiene una producción de 91,6 kilogramos menos arroz pilado que las empresas que están en el promedio nacional. De este modo se comprueba que la empresa actualmente tiene un nivel bajo de eficiencia física de pilado y en consecuencia un nivel bajo de productividad.

Tiempo total de ciclo y cuello de botella: Según la figura 1 se determinó lo siguiente.

$$Cuello\ de\ botella = 2,49\ minutos/sacos\ de\ arroz\ pilado$$

Temiepo total de ciclo = 19,01 minutos/sacos de arroz pilado

Tabla 3: Resumen de indicadores de productividad y producción

Productividad	
Productividad de Mano de Obra	24,10 sacos de arroz pilado diario/operario
Productividad de Materia Prima	0,0114 sacos de arroz pilado/kg de arroz cáscara
Productividad de Maquinaria	26,51 sacos de arroz pilado diario/máquina
Productividad Total	0,207 sacos de arroz pilado/soles
Producción	
Producción diaria	265,06 sacos de arroz pilado
Cuello De Botella	
Tiempo de ciclo	19,01 minutos/ sacos de arroz pilado
Cuello de botella	2,49 minutos/ sacos de arroz pilado
Eficiencia física de materia prima	
Eficiencia física	57,23%

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria y equipos

Se realiza el Análisis de Criticidad (ver Anexo 5), basándose en dicho análisis se consideró varios factores clave, como la frecuencia de fallas, el nivel de uso de la maquinaria, el impacto en la producción, el tiempo promedio para reparar (MTTR), el impacto ambiental, la dependencia logística en cuanto a repuestos, los costos de reparación, el impacto en la calidad del producto final, el impacto en la salud y seguridad del personal, así como la disponibilidad de asistencia técnica y la posibilidad de reemplazo de equipos/accesorios. Como resultado de este análisis, se identificó que los equipos más críticos son la Descascaradora, la Zaranda, la Lustradora y la Pulidora de piedra I, con niveles de criticidad de 201; 152,8; y 152,5 respectivamente. Estos equipos requieren una atención especial y priorizada en términos de mantenimiento y gestión para garantizar la continuidad y eficiencia de la producción.

Tras completar el análisis de la maquinaria y los equipos en todas las fases del procesamiento de pilado de arroz, y al haber identificado el área crítica de este proceso. Se procedió a realizar un resumen del número de fallas y tiempo de paros (Ver anexo 7).

Durante el período que abarca desde enero hasta diciembre de 2022, se documentaron un total de 127 averías en los equipos y máquinas utilizadas en el proceso de descascarillado de arroz, como se puede observar en anexo 7.

Diagrama de Ishikawa

Utilizando el gráfico de Ishikawa, permite averiguar las posibles razones detrás de la baja productividad de la empresa.

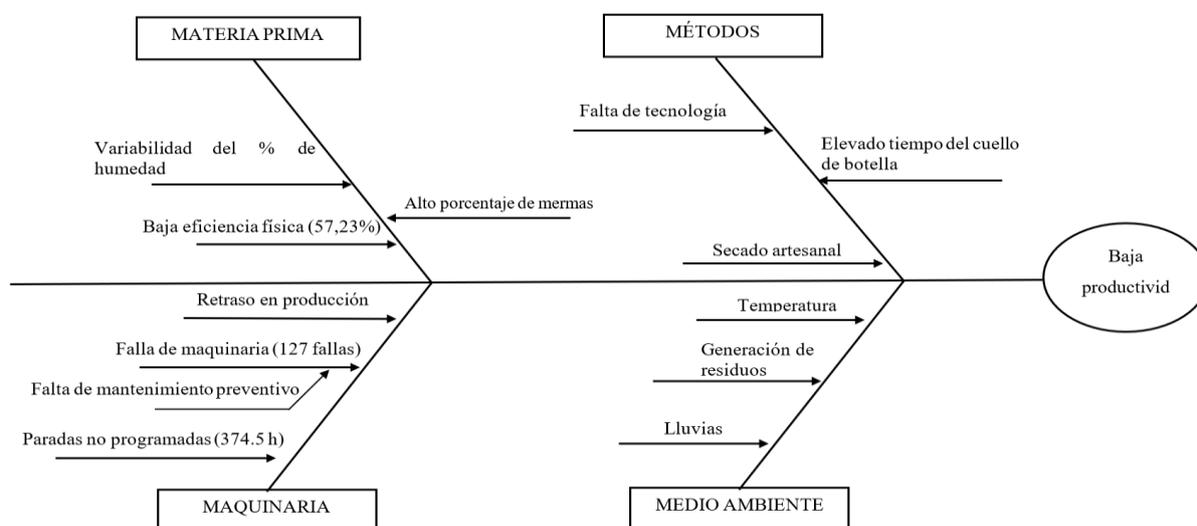


Figura 3 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Determinación de las causas detrás de la baja productividad del proceso de pilado y propuesta de mejora:

Causa 1: Paradas de maquinaria del circuito de pilado debido a fallas.

La empresa carece de un programa de mantenimiento preventivo, lo que resulta en interrupciones no planificadas en el flujo de trabajo. En respuesta a esta situación, se propone un programa de mantenimiento preventivo.

Causa 2: Baja eficiencia física de la materia prima en el proceso de pilado, siendo inferior al promedio nacional.

Frente a este problema, se propone la incorporación y aprovechamiento de tecnología en el proceso de secado.

Causa 3: Variabilidad en el porcentaje de humedad a consecuencia de la variación de temperatura climática y lluvias.

Este problema genera un aumento de quebrado en el arroz y en consecuencia un aumento de subproductos, por esto, se propone una secadora industrial.

Utilizando el análisis de diagrama de Pareto, se han identificado las causas más frecuentes y sus respectivos porcentajes. En primer lugar, se destaca la variabilidad en los niveles de humedad, seguida por la carencia de tecnología. En tercer lugar, se encuentran las interrupciones no planificadas y la falta de mantenimiento preventivo, y finalmente, la variación

en las condiciones climáticas y las lluvias. Con estos resultados en mente, se procederá con las mejoras.

Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Don Julio SAC

Frente a la problemática identificada, se plantean las siguientes mejoras:

Propuesta 1: Plan de mantenimiento preventivo

Objetivo general: Garantizar el apropiado desempeño de la maquinaria y los equipos durante las horas de producción del proceso de pilado, con el propósito de eludir demoras y extender la duración operativa de dichos elementos.

Objetivos específicos: Disminuir las 127 interrupciones no planificadas de maquinaria y equipos, con la consiguiente eliminación de las pérdidas económicas ocasionadas por dichas detenciones imprevistas.

Ubicación: Las labores de mantenimiento se ejecutarán en el Molino Don Julio.

Alcance: Se debe de realizar el mantenimiento preventivo ya que durante el diagnóstico se determinó que algunas máquinas y equipos que presentan constantes paradas como son en la descascaradora, zaranda, lustradora, pulidora de piedra I, elevadores y Pulidora de piedra II.

Desarrollo: Realizar la hoja de decisiones, diseñar el plan de mantenimiento y crear el cronograma anual de tareas, incluyendo la estimación de las horas necesarias para cada actividad.

Actividades de mantenimiento: Estas labores de mantenimiento enfocadas en la lustradora, zaranda, clasificadora, descascaradora, máquina pre limpia, mesa paddy, pulidora, selectora, elevadores de cangilones y el sinfín, serán ejecutadas en diferentes intervalos de tiempo acorde a la naturaleza de la tarea. Estos períodos pueden abarcar frecuencias tales como diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales.

Responsables: El responsable del área de mantenimiento junto con un asistente se encargarán de realizar las labores de mantenimiento asignadas, estos mismos llevarán una capacitación sobre mantenimiento preventivo (ver anexo 33).

Cronograma de actividades: abarca la mesa paddy, pulidoras, lustradora descascaradora, clasificadora, selectora, máquina pre-limpia, zaranda, sin fin y elevadores de cangilones, resulta de suma relevancia, ya que conlleva a una mayor seguridad, una disminución de las interrupciones no requeridas y un incremento en la vida útil de la maquinaria.

Es esencial tomar en cuenta los siguientes aspectos para garantizar un funcionamiento óptimo en las máquinas y equipos:

Tabla 4: Actividades de mantenimiento

Actividad de mantenimiento	Tiempo requerido (min)	Periodo	N° de veces a realizar	Tiempo anual de mantenimiento (min)
Descascaradora				
Cambio de rodajes	180	Semestral	2	360
Engrase periódico de rodajes	30	Semanal	52	1560
Limpieza de los rodajes	20	Semanal	52	1040
Cambio de rodillos	180	Semanal	52	9360
Limpieza del distribuidor	30	Diario	312	9360
Tensión y ajuste faja	15	Semanal	52	780
Limpieza periódica de la faja	20	Diario	312	6240
Cambio de la faja	180	Trimestral	4	720
Ajuste de los sujetadores del tubo alimentador	30	Semanal	52	1560
Ajuste periódico de los pernos del porta rodillo	30	Semanal	52	1560
Limpieza periódica de los pernos del porta rodillo	30	Semanal	52	1560
Maquina Pre-limpia				
Ajuste de los pernos de la plancha metálica	15	Semanal	52	780
Lubricación de los pernos de la plancha metálica	20	Semanal	52	1040
Limpieza de malla metálica	15	Diario	312	4680
Cambio de tensor	150	Trimestral	4	600
Limpieza de tensor	30	Mensual	12	360
Engrase periódico de tensor	30	Mensual	12	360
Mesa Paddy				
Cambio de planchas internas	120	Semestral	2	240
Soldado de planchas internas	60	Trimestral	4	240
Pulidoras de piedra y agua				
Engrase periódico de rodajes	30	Semanal	52	1560
Cambio de rodajes	180	Semestral	2	360
Cambio de cribas	180	Mensual	12	2160
Cambio de la botella	180	Mensual	12	2160
Cambio del sin fin	180	Trimestral	4	720
Limpieza del sin fin	20	Semanal	52	1040
Lustradora				
Engrase periódico de rodajes	30	Semanal	52	1560
Cambio de rodajes	150	Semestral	2	300
Cambio de las escobillas	150	Mensual	12	1800
Tensión y ajuste de la faja	30	Semanal	52	1560
Limpieza de la faja	30	Diario	312	9360
Cambio de faja	150	Trimestral	4	600
Ajuste de los frenos del tambor	30	Semanal	52	1560

Fuente: Elaboración propia en base a manuales de mantenimiento [28] y [29].

Tabla 5: Actividades de mantenimiento

Actividad de mantenimiento	Tiempo requerido (min)	Periodo	N° de veces a realizar	Tiempo anual de mantenimiento (min)
Zaranda				
Tensión y ajuste de la faja	30	Semanal	52	1560
Limpieza de la faja	30	Diario	312	9360
Cambio de faja	150	Trimestral	4	600
Cambio de rodajes	150	Semestral	2	300
Engrase periódico de rodajes	30	Semanal	52	1560
Limpieza de los rodajes	20	Semanal	52	1040
Ajuste de los pernos de la malla	30	Semanal	52	1560
Limpieza de la malla metálica	30	Semanal	52	1560
Clasificadora				
Cambio de la malla de clasificación	180	Trimestral	4	720
Limpieza de las mallas de los distintos niveles	30	Semanal	52	1560
Limpieza de la faja	30	Diario	312	9360
Tensión y ajuste de la faja	30	Semanal	52	1560
Cambio de faja	150	Trimestral	4	600
Selectora				
Cambio de lámparas	15	Semestral	2	30
Verificación y testeado de los eyectores	15	Diario	312	4680
Cambio de tarjeta del módulo	180	Anual	1	180
Elevadores de cangilones				
Inspección en la base de los elevadores	30	Diario	312	9360
Cambio de faja	120	Trimestral	4	480
Ajuste de los pernos de los sujetadores de la polea al eje del elevador	30	Semanal	52	1560
Cambio de pernos sujetadores de la polea	30	Semestral	2	60
Sin fin				
Limpieza del motor	10	Semanal	52	520

Fuente: Elaboración propia en base a manuales de mantenimiento [28] y [29].

Las actividades de mantenimiento concernientes a las veintidós máquinas se encuentran especificadas en el cronograma de actividades, tal como se presenta en los anexos 8 al 17.

Propuesta 2: Implementación de una secadora industrial

En la elección de la maquinaria se tendrán en consideración los siguientes criterios:

Instalación y puesta en marcha: Contar con el área adecuada, las herramientas requeridas, los materiales necesarios y considerar el costo de la instalación.

Tipo de proceso: Es un criterio muy significativo que tiene en cuenta factores como la operación específica que se realiza, Evaluar el tiempo necesario, la capacidad requerida, el principio de operación y el enfoque de trabajo.

Capacidad: La capacidad de la máquina debe ser evaluada en relación con las otras máquinas, la factibilidad de una ampliación de capacidad y disponibilidad de materia prima.

Costo de inversión: El valor económico de la máquina.

Tipo de combustible: Carbón, biomasa, GLP, virutas de madera, Gas, etc.

Costo de operación: Relacionado al tipo de combustible.

La primera alternativa una secadora Suncue SUPER 120 - 110. Para garantizar la calidad del grano seco, las secadoras industriales de grano emplean una técnica especial para la entrada de aire caliente que permite que el aire se disperse por igual en todas las áreas. Cuenta con ficha técnica (ver anexo 18).

Como opción adicional, se contempla la utilización de un secador rotativo continuo - SRCZ-1. En este procedimiento. Tenemos a disposición la ficha técnica (ver anexo 19). Luego de una comparación (Ver anexo 20), la secadora Suncue SUPER 120 - 110 surge como la mejor opción porque se adapta mejor a las necesidades del molino, con distribución de planta (Anexo 42)

Tabla 6: Secadora quemador de biomasa vs Secador rotatorio

Descripción	Horno quemador de biomasa/torre de secado	Secador rotativo
Modelo	SUPER 120 - 110	SRCZ-1
Marca	Suncue	Zaccaria
Capacidad de secado	2,8 t/h – 10,8 t/h	1,5 t/h
Número de máquinas que se necesita	1	3
Combustible	Biomasa y energía eléctrica	GLP
Inversión total	\$/ 102 856	\$/ 45 700
Costo de montaje	\$/ 8 000	\$/ 2 000
Costo de operación	Cantidad de biomasa (95 kg/h de biomasa). Mano de obra (2 operarios)	Cantidad de gas (consumo medio de gas 5,4 l/h) Mano de obra (1 operario)
Espacio utilizado	38,54 m ²	16,5 m ²
Beneficios	-Sencillo manejo y mantenimiento. -Ahorro en consumo de combustible. -Se tiene opción de ampliar su capacidad. -Ambientalmente positivo. -Mayor dominio del manejo con respecto a la temperatura de secado.	-Sencillo manejo y de fácil reparación. - Uso fácil. - Estabilidad de la temperatura durante el secado.

Fuente: Elaboración propia. En base a Industrias Suncue, Machine Zaccaria

Análisis de los tiempos después de la mejora:

Verificación de la muestra: Al igual que con el diagnóstico, el proceso se conformará todo el proceso productivo, que abarca lo siguiente:

Secado: incluye las operaciones que van desde la recepción y pesado, hasta el traslado a pre-limpia.

Circuito de pilado: Incluye las actividades que van desde la fase de pre-limpia hasta el almacenamiento de los sacos que contienen arroz pilado de 50 kg.

El que se usará para determinar el número real de ciclos necesarios es el circuito de pilado, sigue manteniendo los intervalos de tiempo promedio (ver anexo 3), y siguiendo la metodología recomendada por General Electric [30] para definir una muestra apropiada se tomará la misma que en el diagnóstico.

Cabe mencionar que, utilizando como punto de referencia la estimación que tiene el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú sobre la eficiencia promedio nacional de pilado de arroz está en torno al 69% [31], la implementación de la secadora industrial ha disminuido el período de secado a un total de 60 minutos. (ver anexo 21).

Nuevos indicadores de producción, productividad y eficiencia:

Como se ve el diagrama de análisis del proceso que se realizó (ver anexo 22), para un lote de 72,05 kg de arroz cáscara, se usaron 16,68 minutos, de los cuales el total de arroz pilado fue de 1 saco, el equivalente a 50 kg, También se ha realizado el diagrama de operaciones del proceso de pilado de arroz con las respectivas mejoras (ver anexo 46)

Molino don Julio tiene un horario de trabajo de 7 Am a 6 Pm, teniendo un total de 11 horas o 660 minutos por día que viene siendo el tiempo base.

El ciclo está representado por la operación del selector por color, que tarda 1,31 minutos en completarse (ver anexo 21), asimismo, la cantidad de arroz procesado que se obtiene en este ciclo es de 50 kg.

Producción

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

$$\text{Producción} = \frac{660 \text{ min/ día}}{1,31 \text{ min}/50 \text{ kg arroz pilado}}$$

$$\text{Producción} = 25 \ 190,84 \frac{\text{kg de arroz pilado}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{25\,190,84 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 503,82 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

Indicadores de productividad. En el molino, se procesa un total de 40 200 kilogramos de arroz cáscara por día.

La productividad de materia prima: La producción es de 0,0138 sacos de arroz pilado por cada kilogramo de arroz cáscara que entra en el proceso.

$$\text{Productividad de M.P} = \frac{503,82 \text{ sacos}}{36\,400 \text{ kg}} = 0,0138 \frac{\text{sacos}}{\text{kg}}$$

Productividad de mano de obra: La planta cuenta con 11 trabajadores y la cantidad de arroz que se procesa de manera diaria alcanza los 503,82 sacos. Se obtuvo una producción de 45,80 sacos de arroz pilado por cada operario.

$$\text{Productividad M.O} = \frac{503,82 \text{ sacos de arroz pilado}}{11 \text{ operarios}} = 45,80 \frac{\text{Sacos de arroz pilado}}{\text{Operario}}$$

Productividad de maquinaria: Considera las máquinas que dan un valor agregado al arroz pilado y se tiene la siguiente maquinaria: Máquina de Pre-limpia, Descascaradora, Mesa paddy, Zaranda Roto vaivén, Pulidora de piedra I, Pulidora de agua, Pulidora de piedra II, Lustradora, Clasificadora y Selectora electrónica por color sumando la cantidad de 10 máquinas.

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{503,82 \text{ sacos de arroz pilado}}{10 \text{ máquinas}} = 50,38 \frac{\text{Sacos}}{\text{Máquina}}$$

El cálculo de la productividad total se basó en los siguientes costos:

Costo de energía eléctrica: Este costo tiene que ver con toda la maquinaria y equipos necesarios para el proceso. En este caso la empresa tiene un consumo promedio de S/. 19 500,00 a S/. 21 500,00 al mes, se trabajó con el promedio mensual que es de S/. 20 000,00; resultando un total de S/. 240 000 al año.

Costos de personal: Considerando los colaboradores y operarios que son 22, que asciende a S/. 256 895,08.

Costo de insumos: Se origina mediante la adquisición de hilo y sacos de polipropileno, con un valor de S/. 440,00 por cono de hilo y S/. 1 050,00 por cada millar. El molino utiliza alrededor de 44 conos de hilo anualmente para coser los sacos, representando un gasto de S/. 440,00 y 176 millares de sacos, lo que se traduce en un total de S/. 204 160,00.

Costo de mantenimiento correctivo: El monto asciende a S/. 5 145,30.

$$\text{Costo total} = S /.240\ 000 + S /.256\ 895,08 + S /.204\ 160 + S /.5\ 145,3$$

$$\text{Costo total} = S /.706\ 200,38/\text{Año}$$

La producción de arroz pilado al año es de 224 730,48 resultantes del producto de la producción diaria y los días laborables del año que son 312:

$$\text{Nueva Productividad} = \frac{175\ 814,54 \frac{\text{Sacos}}{\text{Año}}}{S /.706\ 200,38/\text{Año}} = 0,249 \frac{\text{Sacos de arroz}}{\text{Soles}}$$

Se obtuvo 12,45 kg de arroz pilado por cada sol invertido o 0,249 sacos de arroz pilado por cada sol invertido.

Eficiencia física: Para determinar la eficiencia física calculamos las salidas, que son el producto terminado en kilogramos, y la entrada, que es el arroz cáscara utilizado para crear el arroz pilado.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{2\ 794,5\ \text{kg de arroz pilado}}{4\ 050\ \text{kg de arroz cáscara}} \times 100 = 69\%$$

Quiere decir que se genera una producción de 69 kg de arroz pilado junto con 31 kg de residuos y subproductos de cada 100 kg de arroz cáscara introducido en el proceso de pilado de arroz. Lo que indica que el 69% del total de arroz cáscara se aprovecha.

Tiempo ciclo y Cuello de botella:

$$\text{Cuello de botella} = 1.31\ \text{min/sacos de arroz pilado}$$

$$\text{Tiempo de ciclo total} = 16.68\ \text{min/sacos de arroz pilado}$$

Cuadro comparativo de indicadores

La Tabla 7 presenta una comparativa entre los indicadores previos y posteriores a la propuesta de mejora. Se observa un incremento del 90,08% en la producción diaria, mientras que la productividad de la materia prima experimentó una mejora del 21,05%. La productividad de mano de obra se incrementó en un 90,04%, mientras que la productividad de maquinaria aumentó en un 90,04%, la eficiencia física también aumentó en un 20,57%. Notablemente, tanto el cuello de botella como el tiempo de ciclo se redujeron, disminuyendo en un 47,39% y un 12,26%, respectivamente. Así mismo, Molino Don Julio SAC logró aumentar su productividad total en un 20,29%, gracias a las propuestas de mejora realizadas, adicional a esto se calculó la capacidad utilizada antes y después de la mejora (ver anexo 35).

Tabla 7: Resumen de indicadores de productividad, producción y eficiencia física antes y después de la mejora

Indicadores	Antes de mejora	Después de mejora	Variación
Productividad			
Productividad de Mano de Obra	24,10 sacos de arroz pilado diario/operario	45,80 sacos de arroz pilado diario/operario	90,04%
Productividad de Materia Prima	0,0114 sacos de arroz pilado/kg de arroz cáscara	0,0138 sacos de arroz pilado/kg de arroz cáscara	21,05%
Productividad de Maquinaria	26,51 sacos de arroz pilado diario/máquina	50,38 sacos de arroz pilado diario/máquina	90,04%
Productividad Total	0,207 sacos de arroz pilado/soles	0,249 sacos de arroz pilado/soles	20,29%
Producción			
Producción diaria	265,06 sacos de arroz pilado/día	503,82 sacos de arroz pilado/día	90,08%
Cuello De Botella			
Tiempo de ciclo	19,01 minutos/ sacos de arroz pilado	16,68 minutos/ sacos de arroz pilado	-12,26%
Cuello de botella	2,49 minutos/ sacos de arroz pilado	1,31 minutos/ sacos de arroz pilado	-47,39%
Eficiencia física de materia prima			
Eficiencia física	57,23%	69%	20,57%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del costo – beneficio de la propuesta de mejora

Se proporcionará un análisis que abarque los aspectos económicos favorables de las propuestas de mejora destinadas a la empresa Molino Don Julio SAC, junto con la evaluación de los gastos asociados a cada una de estas propuestas. A continuación, se presenta un desglose de los costos y desembolsos concretos relacionados con lo dicho anteriormente.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo se vuelve esencial para minimizar la cantidad de averías, con un costo total de repuestos y materiales de S/. 5 145,30 (ver anexo 23).

La compra de equipo, que comprende la tecnología necesaria para la fase de secado, engloba una secadora, un horno que quema biomasa, silos de almacenamiento, elevadores de cangilones y una cinta transportadora. Esta adquisición tiene como objetivo la reducción del tiempo del cuello de botella y un aumento en la disponibilidad de arroz cáscara seca. El costo total de esta inversión asciende a 110 856 dólares (ver anexo 24).

Pronóstico de disponibilidad de materia prima

La estimación de la disponibilidad de materia prima para el período de 2023 a 2027 se basa en la consideración de información histórica (ver anexo 25). La proyección se llevó a cabo utilizando el método de regresión lineal y se obtuvieron resultados satisfactorios, dado que el coeficiente de determinación (R^2) es muy cercano a 1, exactamente 0,9729, esto quiere decir que el 97,29% de la variación en “Y” (Demanda histórica de arroz cáscara), puede ser explicada por la variación en “X”, que es la variable años (ver anexo 26).

Beneficio antes y después de la mejora

Calcular las ganancias previas y posteriores a las mejoras, considerando que el precio por saco de arroz que se ha pilado es de 8,55 soles, mientras que los subproductos como el polvillo a 2,9 soles por saco, ñelén a 3,8 soles por saco, arrocillo 6,9 soles por saco y el rechazo a 6,5 soles por saco (Ver anexos 27 – 31).

Los ingresos proyectados del servicio de pilado de arroz y los respectivos subproductos, así como el incremento que genera la propuesta de mejora se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Aumento en los ingresos por el servicio de pilado de arroz y subproductos asociados, durante el período comprendido entre los años 2023 y 2027.

Periodo	Ingreso por subproductos y servicio de pilado antes de la mejora (soles)	Ingreso por subproductos y servicio de pilado después de la mejora (soles)	Incremento de ingresos del servicio de pilado	Incremento porcentual
2023	1 130 266,99	1 289 019,32	S/ 158 752,32	14,0%
2024	1 216 188,42	1 387 008,89	S/ 170 820,47	14,0%
2025	1 302 109,84	1 484 998,46	S/ 182 888,61	14,0%
2026	1 388 031,27	1 582 988,03	S/ 194 956,76	14,0%
2027	1 473 952,69	1 680 977,59	S/ 207 024,90	14,0%

Fuente: Elaboración propia

Inversión: En el anexo 24 se detallan los costos de la maquinaria propuesta, que ascienden a un total de 110 856 dólares. Con la tasa de cambio actual a soles, este monto equivale a S/395 755,92.

Utilidades: El Ingreso económico de implementar el programa de mantenimiento preventivo, es la pérdida de utilidad que se da por el número de horas que ha parado la línea de producción a causa del mantenimiento correctivo de maquinaria por la cantidad de unidades producidas en determinado tiempo, por el precio del servicio de pilado de dichas unidades que es de 161 631,38 soles (ver anexo 6).

De acuerdo con las regulaciones de la SUNAT [32], la tasa de depreciación aplicable a la secadora industrial, que está clasificada como bienes de maquinaria y equipos, es del 20%.

Tabla 9: Resumen de costos y beneficios de las propuestas

Costo de Propuesta		Costo anual	Inversión implementación de maquinaria	Depreciación (20%) de maquinaria		
Propuesta	Implementación del mantenimiento preventivo y capacitación	Repuestos y materiales	S/ 5 145,30	S/ 395 755,92	S/ 79 151,18	
		Capacitación del personal	S/ 3 172,00			
	Implementación de maquinaria	Mantenimiento	S/ 11 424,00			
		Mano de obra	S/ 30 750,00			
		Energía (Elevador de cangilones y Faja transportadora)	S/ 6 614,78			
TOTAL		S/ 57 106,08	S/ 395 755,92	S/ 79 151,18		
Beneficio Anual						
Beneficio de propuesta		Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05
Propuesta	Reducción de la cantidad de paradas que interrumpen el proceso de pilado de arroz cáscara	S/ 161 631,38	S/ 171 135,31	S/ 181 198,06	S/ 191 852,51	S/ 203 133,44
	Aumento de la eficiencia física de materia prima	S/ 158 752,32	S/ 170 820,47	S/ 182 888,61	S/ 194 956,76	S/ 207 024,90
TOTAL		S/ 320 383,71	S/ 341 955,78	S/ 364 086,68	S/ 386 809,27	S/ 410 158,34

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja: La Tabla 10 demuestra la viabilidad de la propuesta, ya que presenta un índice costo-beneficio de 1,99; un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 604 016,14 soles, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 77,51%, y también se considera la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) del 14,35%, para calcular la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (% TMAR), se tomó en cuenta una tasa de inflación media anual (f) que es del 5,88% esto en base a BCRP [33] y una tasa de interés (i) del 8%; teniendo en cuenta los gastos financieros (ver anexo 32).

$$TMAR = i + f + (ixf)$$

$$TMAR = 8\% + 5,88\% + (8\% \times 5,88\%) = 14,35\%$$

Tabla 10: Flujo de caja

ITEM	0 Año	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
Préstamo	S/ 53 407,20					
<i>Inversión</i>						
Total Inversión	S/ 316 604,74					
<i>Ingresos</i>						
Ingreso de servicio de pilado y subproductos		S/ 320 383,71	S/ 341 955,78	S/ 364 086,68	S/ 386 809,27	S/ 410 158,34
Total ingresos		S/ 320 383,71	S/ 341 955,78	S/ 364 086,68	S/ 386 809,27	S/ 410 158,34
<i>Egresos</i>						
Implementación de mantenimiento preventivo y maquinaria		S/ 57 106,08	S/ 60 463,92	S/ 64 019,20	S/ 67 783,53	S/ 71 769,20
Gastos financieros		S/ 14 954,02	S/ 14 099,50	S/ 13 244,99	S/ 12 390,47	S/ 11 535,96
Amortización de préstamo		S/ 10 681,44				
Total de egresos		S/ 82 741,54	S/ 85 244,86	S/ 87 945,63	S/ 90 855,44	S/ 93 986,60
SALDO BRUTO (antes de impuestos)		S/ 237 642,17	S/ 256 710,91	S/ 276 141,05	S/ 295 953,83	S/ 316 171,74
Impuesto a la renta (29,5%)		S/ 70 104,44	S/ 75 729,72	S/ 81 461,61	S/ 87 306,38	S/ 93 270,66
SALDO (Después de impuesto)		S/ 167 537,73	S/ 180 981,19	S/ 194 679,44	S/ 208 647,45	S/ 222 901,08
Depreciación		S/ 79 151,18				
SALDO FINAL (Flujo neto efectivo (FNE))	-S/ 316 604,74	S/ 246 688,91	S/ 260 132,38	S/ 273 830,63	S/ 287 798,63	S/ 302 052,26
UTILIDAD ACUMULADA	-S/ 316 604,74	-S/ 69 915,82	S/ 190 216,55	S/ 464 047,18	S/ 751 845,81	S/ 1 053 898,08
CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA	-S/ 316 604,74	S/ 246 688,91	S/ 260 132,38	S/ 273 830,63	S/ 287 798,63	S/ 302 052,26
Valor actual neto (VAN)	S/ 604 016,14					
Tasa interna de retorno (TIR)	77,51%					
TMAR	14,35%					
VAN Ingresos	S/ 1 221 206,48					
VAN Egresos	S/ 614 181,85					
B/C	1,99		PRI	1,27 años		

Fuente: Elaboración propia

A través del diagnóstico de la situación actual del proceso de pilado, se han obtenido varios resultados significativos. La productividad global se ha estimado en 0,207 sacos de arroz pilado/soles, mientras que la eficiencia física relacionada a materia prima se sitúa en 57,23%. Además, se identificó que la etapa de secado actúa como cuello de botella, teniendo un tiempo de 2,49 minutos. En cuanto al nivel de evaluación de criticidad en cuanto a maquinaria, se ha calificado a la descascaradora, zaranda, lustradora, pulidora de piedra I, los elevadores y la pulidora de piedra II como las más críticas, clasificándolas en la categoría A, de otro modo se identificaron 127 averías anuales acumulando 374,5 horas. Es interesante destacar que estos resultados guardan similitud con una investigación previa realizada por Olivera [11], en la que se aplicó una metodología similar. En esa investigación, se obtuvo una productividad global de 0,15 sacos de arroz pilado/soles, debido a que producen menos arroz pilado al año que molino Don Julio, mientras que la eficiencia física de la materia prima de 57%, además se identificó que la etapa de secado actúa como cuello de botella, teniendo un tiempo de 949,60 minutos. Se ha calificado a la descascaradora, la pulidora de piedra y los elevadores como los equipos más críticos, clasificándolos en la categoría A, acumulando 62 averías y un total de 125 horas en reparación. Lo que indica que la productividad obtenida en el diagnóstico en la empresa Molino Don Julio es similar del valor que obtuvo Olivera. Estos hallazgos también concuerdan con los estudios de Lhendí Abeer, et al [14], que en su análisis de eficiencia física de la materia prima obtuvieron 60% siendo inferior al promedio nacional que es del 69% según MINAGRI [31].

En lo que respecta a las propuestas de mejora, se ha desarrollado un plan de mantenimiento preventivo y se ha propuesto la implementación de una secadora industrial, entre las opciones disponibles, tomando en consideración criterios importantes como el costo de inversión, de operación y el tipo de combustible que se usa. Este enfoque coincide con lo mencionado por Olivera [11] en su investigación. Como resultado de estas mejoras, se ha logrado un aumento en la productividad del 20,29% y un incremento del 20,57% en la eficiencia de la materia prima. Además, el tiempo de cuello de botella se ha reducido significativamente en un 47,39%. Estos resultados son comparables con el estudio llevado a cabo por Muñoz [9], en esta las propuestas de mejora llevaron a un incremento en la productividad del 46,88%, este porcentaje representa el aumento de producción, se incrementó la eficiencia física en 22,73% en la, además, el tiempo de cuello de botella disminuyó significativamente en 69,28%. Es relevante destacar que en su investigación Charmine y Noroña [13], obtuvieron un resultado favorable en el aumento de la productividad global en un 19,37% a través de un plan de mantenimiento en molinos de una provincia arrocera. De este modo se concluye que la propuesta de mejora ha demostrado ser eficaz para aumentar la productividad en el proceso de pilado de la empresa Molino Don Julio.

Se calculó un índice de costo-beneficio de 1,99, lo que significa que, por cada sol invertido, se obtiene un beneficio adicional de S/. 0,99. Este resultado es similar a los análisis de Bereche [10] y Guevara [12] en sus investigaciones, donde obtuvieron ganancias de S/. 0,94 y S/. 0,31 por cada sol invertido, respectivamente. Estas variaciones de costo beneficio se deben a la cantidad de producción anual que se tiene en ambos estudios anteriormente mencionados. Esto demuestra que la propuesta es económicamente viable ya que es mayor a 1.

Conclusiones

La propuesta de mejora en el proceso de pilado en Molino Don Julio SAC lograría un incremento anual de la productividad total del 20,29%. Esto considerando las propuestas de mantenimiento preventivo de todas las máquinas y equipos en el circuito de pilado, así como la introducción de tecnología en la etapa de secado.

A través del diagnóstico, se identificó las causas que generan la actual baja productividad de la empresa en el proceso de pilado de arroz. Estas causas se encuentran vinculadas con la alta cantidad de averías en la maquinaria y la carencia de tecnología en la etapa de secado. Como parte de este proceso, se han recopilado los indicadores de producción y productividad actuales, los cuales han arrojado los siguientes resultados, productividad de mano de obra 24,10 sacos de arroz pilado diario/operario, productividad de materia prima 0,0114 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara, productividad de maquinaria 26,51 sacos arroz pilado/máquina, productividad total de 0,207 sacos de arroz pilado/soles, producción diaria de 265,06 sacos de arroz pilado, eficiencia física de materia prima 57,23%, cuello de botella de 2,49 minutos/ sacos de arroz pilado y tiempo total del ciclo de 19,01 minutos/ sacos de arroz pilado.

Con relación a las soluciones planteadas para abordar los problemas identificados en el diagnóstico, se propuso la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y la implementación de una secadora industrial en la etapa de secado, obteniendo un incremento en la productividad de mano de obra de 90,04%, la productividad de materia prima aumentó un 21,05%, la productividad de maquinaria incrementó en 90,04%, mientras que la productividad total aumentó un 20,29%, obteniéndose una producción diaria de 503,82 sacos de arroz pilado, mientras que eficiencia física de materia prima aumentó a 69%, el cuello de botella disminuyó a en 47,39% y el tiempo total del ciclo se redujo en 12,26%.

La evaluación económica de la propuesta demuestra su rentabilidad con un costo beneficio de 1,99, lo que significa que por cada sol invertido en el molino se obtiene un retorno adicional de 0,99 soles, según los siguientes indicadores financieros, valor actual neto de S/. 604 016,14, la tasa interna de retorno de 77,51%, tasa mínima aceptable de rendimiento 14,35% y el periodo de retorno de la inversión de 1,27 años.

Recomendaciones

Ejecutar la propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz, ya que se demostró la rentabilidad de dicho proyecto.

Se recomienda en base al plan de mantenimiento preventivo presentado en este trabajo, se realice un plan de mantenimiento productivo total (TPM).

Aplicar Pareto de los costos de repuestos y materiales que al cabo de un año se usan más y por ende se compran más (ver anexo 38), llegar a un acuerdo con los proveedores para obtener un descuento, permitiendo disminuir los costos de mantenimiento.

Se recomienda la introducción de la tecnología de la Industria 4.0, en específico internet de las cosas (IoT), en la empresa con el fin de lograr una completa digitalización de sus operaciones en el sector, esta tecnología se adquiere a través de empresas como SAP.

Referencias

- [1] Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, «Perspectivas de cosechas y situación alimentaria,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CB8893ES>.
- [2] Fundación para la información agraria, «100 años del Cultivo del Arroz en Chile : En un contexto Internacional : 1920-2020,» 2021. [En línea]. Available: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68050>.
- [3] Ministerio de desarrollo agrario y riego, «Análisis de mercado de arroz 2016-2020,» MIDAGRI, Lima, 2021.
- [4] D. E. Veloz Vargas, «El mantenimiento preventivo como estrategia en la minimización de accidentes y aseguramiento de la calidad,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022.
- [5] Corporación arroceras nacional - Costa Rica, «Informe anual 2020,» CONARROZ, San José, 2020.
- [6] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Observatorio de las Siembras y Perspectivas de la producción de arroz,» Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Lima, 2021.
- [7] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción de arroz cáscara creció 47,0% en mayo del presente año,» INEI, Lima, 2022.
- [8] H. Rojas, Interviewee, *Nota de Prensa: instalación del Consejo Nacional del Arroz*. [Entrevista]. 22 Julio 2022.
- [9] J. J. Muñoz Zulueta, «Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Chiclayo S.A.C. para incrementar su productividad,» 2019. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2722>.
- [10] K. J. Bereche Mendoza, «Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa El Molino de la Agricultor SAC para incrementar la eficiencia,» 2020. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3984>.
- [11] R. M. Olivera Davila, «Propuesta de mejora en el proceso de pilado de arroz en la piladora El Misti SAC para incrementar su productividad,» 2022. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5314>.

- [12] C. E. Guevara Celis, «Propuesta de mejora del proceso productivo de la empresa Induamerica Chiclayo S. A. C. para el incremento de productividad,» 2022. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5385>.
- [13] S. Charmine Sheena y M. Noroña, «Total Productive Maintenance in the Philippine Rice Production Sector,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.ieomsociety.org/brazil2020/papers/604.pdf>.
- [14] A. lhendi, S. al-Rawi and J. Ahmed, "Effect of moisture content of two paddy varieties on the physical and cooked properties of produced rice," 2019. [Online]. Available: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/t45YY5yDs4D88VK9bcFPmcB/?lang=en>.
- [15] D. M. Moran Dioses y C. . L. Panduro Vela, «Propuesta de un plan de mejora para incrementar la productividad de los procesos de secado y pilado de arroz en cáscara en una empresa agroindustrial,» 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6170>.
- [16] C. J. Monsalve Ramos, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el Molino el Chamesino S. A. C. para incrementar su productividad,» 2020. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3512>.
- [17] F. Casiello, O. Galarreto, A. M. Farías, L. A. Herrera, D. Hollmann y G. Castagnani, «Diseño y modelización de equipo para el estudio del secado convectivo de granos de origen agrícola II,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/5877/1/disenio-modelizacion-equipo-estudio.pdf>.
- [18] S. Parnsakhorn y J. Langkapin, «Effects of drying temperatures on physicochemical properties of germinated brown rice,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SONG/10988607.pdf>.
- [19] E. Dounce Villanueva, La productividad en el mantenimiento industrial, México: Grupo editorial Patria, 2018.
- [20] Asociación Peruana de Molineros de Arroz – APEMA Perú, «Pilado de Arroz,» APEMA, Lima, 2023.
- [21] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Secado de granos,» 2023.
- [22] S. García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2019.

- [23] Dirección General de Relaciones Laborales y Calidad en el Trabajo, Mantenimiento preventivo, Sevilla: IGEMAN, 2019.
- [24] G. A. Bocángel Weydert, C. W. Rosas Echavarría, G. A. Bocángel Marin, R. S. Perales Flores y J. R. Hilario Cárdenas, Ingeniería de Métodos, Huánuco: UNHEVAL, 2021.
- [25] . E. Romero Bermúdez y J. Díaz Camacho, «El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>.
- [26] L. Schab, Máquinas y Herramientas, Buenos Aires: Ministerio de educación, 2011.
- [27] Á. Pérez González y J. Segundo Gallardo, El análisis económico y financiero que has de realizar en el inicio de un proyecto, Cádiz: aecid, 2018.
- [28] Zaccaria, Manual de instalación, funcionamiento y mantenimiento zaccaria, Lima: Zaccaria, 2022.
- [29] SuperBrix, Manual de mantenimiento máquinas piladoras de arroz, Colombia: SuperBrix, 2019.
- [30] General Electric, «Cálculo de ciclos,» General Electric, Washington D.C., 2023.
- [31] Minagri, «Existencias de arroz pilado en Molinos y mayoristas suman más 451 mil toneladas a nivel nacional,» MINAGRI, Lima, 2022.
- [32] SUNAT, «INFORME N° 196-2006-SUNAT/2B0000,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.sunat.gob.pe/legislacion/oficios/2006/oficios/i1962006.htm>.
- [33] Banco Central de Reserva del Perú, NOTAS DE ESTUDIOS DEL BCRP INFLACIÓN, Lima: BCRP, 2023.
- [34] Suncue, «Secadora industrial de biomasa SUPER-120,» Suncue, Pekín, 2023.
- [35] Zaccaria, «SRCZ-1: Secador Rotativo Continuo,» Zaccaria, Lima, 2023.
- [36] M. A. Loubes y M. Tolaba, Rendimiento de molienda mediante análisis de imágenes, Buenos Aires: Publitec, 2019.
- [37] SENATI, Programa de capacitación: Mantenimiento preventivo, Chiclayo: SENATI, 2023.
- [38] SENCICO, Plan de capacitación en mantenimiento preventivo, Chiclayo: SENCICO, 2023.

Anexos

CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA

“MOLINO DON JULIO S.A.C.”

Lambayeque, 27 de septiembre del 2022

Mgtr Ing. Marcos Baca López

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Asunto: Aceptación de desarrollo de tesis

Presente:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento del joven Frank Yamir Altamirano Fernández, con DNI 71739695 y código universitario 182TD80921, alumno de la escuela de INGENIERIA INDUSTRIAL, de la Institución Universitaria que usted representa, ha sido admitida para realizar su Tesis de titulación en nuestra empresa, teniendo como fecha de inicio 1 de septiembre del 2022 hasta la culminación de la misma.

Así mismo nos comprometemos a brindarle la información necesaria para que este se logre desarrollar de manera responsable y efectiva.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración.

Atentamente:

MOLINO DON JULIO S.A.C.

Rosa Marleny Rubio Mejía
CORRENTE GENERAL

Sra Rosa Marleny Rubio Mejía

Representante legal

N° celular: 943954965

Fuente: Molino Don Julio SAC

Anexo 1: Maquinaria y equipos de Molino Don Julio

N°	Máquina/equipo	Marca	Capacidad	Cantidad
1	Elevadores	Wuhan Augus Imp & Exp Trading Co. Ltd.	10 t/h	11
2	Máquina de Pre- limpia	Zaccaria	7.2 t/h	1
3	Descascaradora	Zaccaria	7 t/h	1
5	Tornillo sin fin	Penagos	8 t/h	1
5	Mesa paddy	Zaccaria	9 t/h	1
6	Zaranda Roto vaivén	SuperBrix	4 t/h	1
7	Pulidoras	Oyama, Zaccaria	6 t/h	3
8	Lustradora	Lucato	4 t/h	1
9	Clasificadora	Zaccaria	6 t/h	1
10	Selectora electrónica por color	Bhuler	3-8 t/h	1

Fuente: Molino Don Julio SAC

Anexo 2: Número recomendado de ciclos

Número mínimo recomendado de ciclos	Tiempo de ciclos (minutos)
200	0,1
100	0,25
60	0,5
49	0,75
30	1
20	2
15	2,00-5,00
10	5,00-10,00
8	10,00-20,00
5	20,00-40,00
3	40,00 o más

Fuente: General Electric [30]

En la duración diaria de trabajo, al calcular el tiempo promedio desde la pre-limpieza hasta el almacenamiento, el cálculo arrojó un total de 72,93 minutos, lo cual está dentro del rango de 40 minutos o más.

Anexo 3: Ciclos de muestras del proceso productivo

Operaciones del proceso	Ciclo observado (min)					ΣX_i (min)	Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5		
Recepción de MP y pesado	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	4,45	0,89
Hacia almacén	1,24	1,23	1,27	1,24	1,25	6,23	1,25
Desplazamiento a secado	0,96	0,95	0,97	0,96	0,97	4,81	0,96
Secado e inspección % de humedad	2,49	2,48	2,50	2,48	2,51	12,46	2,49
Inspección de sacos	0,11	0,12	0,10	0,13	0,09	0,55	0,11
Transporte hacia almacén	0,33	0,31	0,32	0,31	0,32	1,59	0,32
Transporte hacia ensacado	0,37	0,36	0,36	0,37	0,36	1,82	0,36
Hacia la tolva	1,04	1,04	1,03	1,04	1,03	5,18	1,04
Colocar en la tolva	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	4,11	0,82
Elevador I	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	3,40	0,68
Pre-limpia	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	1,56	0,31
Elevador II	0,59	0,59	0,60	0,59	0,59	2,96	0,59
Descascaradora	0,33	0,34	0,33	0,34	0,33	1,67	0,33
Tornillo sin fin	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	2,80	0,56
Mesa paddy	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	1,97	0,39
Elevador III	0,53	0,53	0,54	0,54	0,53	2,67	0,53
Roto vaivén	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38	1,88	0,38
Elevador IV	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	2,59	0,52
Pulidora de piedra I	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	1,88	0,38
Elevador V	0,50	0,49	0,49	0,49	0,50	2,46	0,49
Pulidora de piedra II	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	1,80	0,36
Elevador VI	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	2,37	0,47
Pulidora de agua	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35	1,75	0,35
Elevador VII	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	2,31	0,46
Lustradora	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	1,56	0,31
Elevador VIII	0,45	0,44	0,45	0,45	0,44	2,23	0,45
Clasificadora	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	1,41	0,28
Elevador IX	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39	1,97	0,39
Selector de color	1,31	1,29	1,30	1,32	1,31	6,53	1,31
Elevador X	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	1,02	0,20
Ensacado	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	2,46	0,49
Desplazamiento hacia almacén	0,90	0,91	0,96	0,94	0,90	4,61	0,92

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Subproductos en el año 2022

Meses	Arrocillo (kg)	Polvillo (kg)	Ñelen (kg)	Rechazo (kg)
Enero	127 358	83 247	10 237	57 231
Febrero	124 237	79 641	8 321	53 367
Marzo	127 367	83 327	12 397	58 214
Abril	125 347	84 369	10 387	56 387
Mayo	125 369	83 027	9 321	59 347
Junio	137 896	87 324	12 536	61 327
Julio	142 357	97 638	14 238	74 369
Agosto	149 567	97 237	15 128	62 128
Setiembre	137 248	87 364	11 232	58 239
Octubre	141 368	89 368	12 345	47 235
Noviembre	139 354	65 231	12 435	49 367
Diciembre	115 327	71 368	9 456	44 239

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Análisis de criticidad del año 2022

EQUIPO	PUNTAJE	%	% ACUM	80 - 20	NIVEL
Descascaradora	201,0	19%	19%	80%	A
Zaranda	152,8	14%	33%	80%	
Lustradora	152,8	14%	47%	80%	
Pulidora de piedra I	152,5	14%	62%	80%	
Elevadores	77,0	7%	69%	80%	
Pulidora de piedra II	69,5	6%	75%	80%	
Clasificadora	69,5	6%	82%	80%	B
Mesa paddy	54,5	5%	87%	80%	
Selectora	40,5	4%	91%	80%	C
Pulidora de agua	36,5	3%	94%	80%	
Maquina pre-limpia	36,3	3%	97%	80%	
Tornillo sin fin	27,0	3%	100%	80%	
TOTAL	1069,9				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Pérdida económicas por fallas de maquinaria/equipos

Maquinaria	Tiempo de parada de la maquinaria (horas)	Pérdida económica	Porcentaje	Clasificación
Maquina pre-limpia	11,67	S/ 5 036,82	3,12%	3,12%
Pulidora de agua	14	S/ 6 042,46	3,74%	6,85%
Clasificadora	15,08	S/ 6 508,59	4,03%	10,88%
Selectora	18,67	S/ 8 058,05	4,99%	15,87%
Pulidora de piedra II	18,75	S/ 8 092,58	5,01%	20,87%
Mesa paddy	22,08	S/ 9 529,82	5,90%	26,77%
Tornillo sin fin	24	S/ 10 358,50	6,41%	33,18%
Lustradora	29,83	S/ 12 874,75	7,97%	41,14%
Pulidora de piedra I	34,5	S/ 14 890,34	9,21%	50,36%
Zaranda	37,33	S/ 16 111,78	9,97%	60,32%
Elevadores	70,83	S/ 30 570,51	18,91%	79,24%
Descascaradora	77,75	S/ 33 557,21	20,76%	100,00%
Total	374,49	S/ 161 631,38	100%	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Resumen del número de fallas y tiempo de paros

Maquinaria	N° de fallas	Parada de maquinaria (h)	Especificaciones		Mantenimiento brindado
Elevadores	28	70,83	Marca	Wuhan Augus Imp	Correctivo
			Años de antigüedad	7	
Tornillo sin fin	3	24	Marca	Penagos	Correctivo
			Años de antigüedad	8	
Maquina pre-limpia	4	11,67	Marca	Zaccaria	Correctivo
			Años de antigüedad	5	
Descascaradora	26	77,75	Marca	Zaccaria	Correctivo
			Años de antigüedad	6	
Mesa paddy	7	22,08	Marca	Zaccaria	Correctivo
			Años de antigüedad	8	
Pulidora de piedra I	11	34,5	Marca	Oyama	Correctivo
			Años de antigüedad	8	
Pulidora de piedra II	6	18,75	Marca	Oyama	Correctivo
			Años de antigüedad	8	
Pulidora de agua	5	14	Marca	Zaccaria	Correctivo
			Años de antigüedad	4	
Clasificadora	7	15,08	Marca	Zaccaria	Correctivo
			Años de antigüedad	6	
Selectora	5	18,67	Marca	Bhuler	Correctivo
			Años de antigüedad	6	
Zaranda	14	37,33	Marca	SuperBrix	Correctivo
			Años de antigüedad	5	
Lustradora	11	29,83	Marca	Lucato	Correctivo
			Años de antigüedad	8	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Ficha técnica de secadora Suncue SUPER 120 – 110

SUPER-120-110=8991
SUPER-120=9602

BB-18 Horno de biomasa

Secadora de ventilación

• SKS-580BB

Secadora de circulación

• SUPER-60BB
• SUPER-120BB
• SUPER-300BB
• MD-165BB

Combustible de Biomasa

Cascarilla de arroz

Bloque prensado de paja de arroz

Tuza de maíz

Cáscara de café

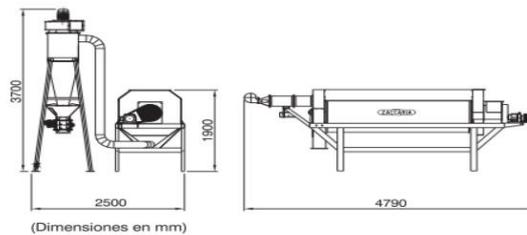
Cáscara de coco

Trozos de madera

Artículo	Modelo	SUPER-60	SUPER-60-85	SUPER-120-110	SUPER-120	SUPER-300-240	SUPER-300
Capacidad (kg)	Arroz	2.500-6.000	2.500-8.450	2.800-10.800	2.800-12.000	4.000-24.000	4.000-30.000
	Trigo	3.035-7.285	3.035-10.260	3.400-13.110	3.400-14.550	5.000-29.100	5.000-36.400
Dimensión(mm) LxWxH		3.270x2.660x6.220	3.270x2.660x7.442	3.609x2.660x8.991	3.609x2.660x9.602	4.786x3.786x10.407	4.786x3.786x11.629
Peso Neto(kg)aprox.		1.785	1.963	2.205	2.290	4.850	5.150
Quemador	Modelo	Tipo pistola. Doble boquilla. Control automático. Quemador spray					
	Ignición	Alta presión, Auto ignición					
Combustión Max (Litro/Hora)		13.5			17.5		45
Combustible							Diésel premix
Electricidad		1 Fase or 3 Fase. 220V/380V/415V/440V, 50/60Hz					
Consumo de electricidad(KW)		1P:3.1	3P:4.07	6.3		13.45	
Función (Arroz)	Carga(aprox.)	30 min	43 min	55 min	60 min	58 min	65 min
	Descarga(aprox.)	41 min	58 min	52 min	58 min	58 min	70 min
	Tasa de secado(%/hr)	0.5-1.5					
Dispositivo de seguridad		Contactor térmico electromagnético, Interruptor de presión de aire, Alarma de carga lleno, Temporizador, Sensor de llama, Fuelleles, Sensor de combustión anormal, Detector de sismo					

Fuente: Suencue [34].

Anexo 19: Secador rotativo continuo – SRCZ-1



Capacidad de secado del germen (kg/h):
500 hasta 1500
.....

Presión de gas necesaria para el quemador (kg/cm²):
1,5
.....

Consumo medio de gas para secado del germen (kg/h):
5,4
.....

Volumen aproximado empaquetado (m³):
16,5
.....

Peso aproximado empaquetado (kg):
1050
.....

Modelo:
SRCZ-1
.....

Potencia / Polos:
Ventilador del quemador
0,75 kW / II
1,0 cv / II

Ventilador Cición
3 kW / II
4 cv / II

Válvula rotativa
0,55 kW / IV
0,75 cv / IV

Secador
1,5 kW / IV
2 cv / IV

Panel de comando

Fuente: Zaccaria [35]

Anexo 20: Selección de secadora industrial

Matriz de valorización de factores para la elección de la secadora industrial

Factores / Factores	Tipo de proceso	Capacidad	Costo de inversión	Costo de mantenimiento	Costo de transporte	Tipo de combustible	Costo de operación	Sumatoria	Ponderado
Tipo de proceso		0	1	0	1	0	0	2	10%
Capacidad	1		1	1	1	0	1	5	24%
Costo de inversión	0	0		1	1	0	1	3	14%
Costo de mantenimiento	1	0	0		1	0	0	2	10%
Costo de transporte	0	0	0	0		0	1	1	5%
Tipo de combustible	1	1	1	1	1		1	6	29%
Costo de operación	1	0	0	1	0	0		2	10%
								21	100%

Matriz de asignación de puntajes

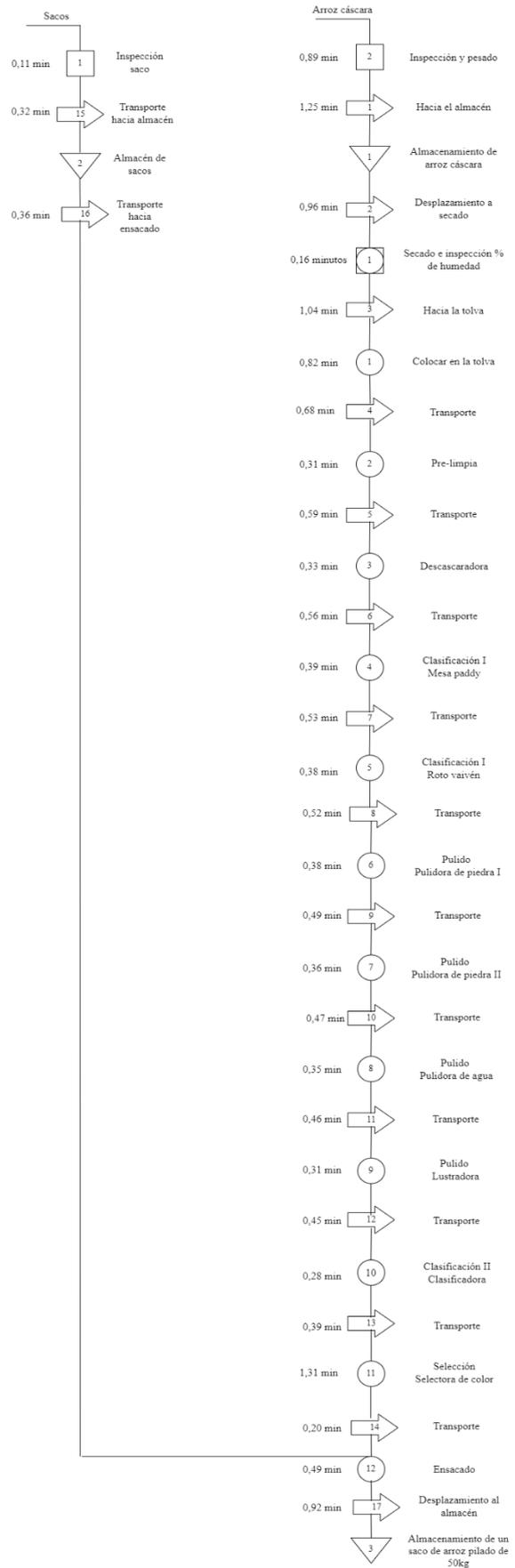
Factores / Secadoras	Ponderado	Suncue SUPER 120 - 110		secador rotativo continuo – SRCZ-1	
Tipo de proceso	10%	3	0,3	5	0,5
Capacidad	24%	5	1,2	2	0,5
Costo de inversión	14%	3	0,4	5	0,7
Costo de mantenimiento	10%	3	0,3	4	0,4
Costo de transporte	5%	2	0,1	4	0,2
Tipo de combustible	29%	5	1,4	3	0,9
Costo de operación	10%	2	0,2	5	0,5
			3,9		3,6

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Tiempo después de la mejora

Operaciones del proceso	Ciclo observado (min)					ΣX_i (min)	Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5		
Secado							
Recepción de MP y pesado	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	4,45	0,89
Hacia almacén	1,24	1,23	1,27	1,24	1,25	6,23	1,25
Desplazamiento a secado	0,96	0,95	0,97	0,96	0,97	4,81	0,96
Secado e inspección % de humedad	2,49	2,48	2,50	2,48	2,51	12,46	2,49
Inspección de sacos	0,11	0,12	0,10	0,13	0,09	0,55	0,11
Transporte hacia almacén	0,33	0,31	0,32	0,31	0,32	1,59	0,32
Transporte hacia elevador X	0,37	0,36	0,36	0,37	0,36	1,82	0,36
Hacia la tolva	1,04	1,04	1,03	1,04	1,03	5,18	1,04
Colocar en la tolva	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	4,11	0,82
Circuito de pilado							
Elevador I	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	3,40	0,68
Pre-limpia	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	1,56	0,31
Elevador II	0,59	0,59	0,60	0,59	0,59	2,96	0,59
Descascaradora	0,33	0,34	0,33	0,34	0,33	1,67	0,33
Tornillo sin fin	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	2,80	0,56
Mesa paddy	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	1,97	0,39
Elevador III	0,53	0,53	0,54	0,54	0,53	2,67	0,53
Roto vaivén	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38	1,88	0,38
Elevador IV	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	2,59	0,52
Pulidora de piedra I	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	1,88	0,38
Elevador V	0,50	0,49	0,49	0,49	0,50	2,46	0,49
Pulidora de piedra II	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	1,80	0,36
Elevador VI	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	2,37	0,47
Pulidora de agua	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35	1,75	0,35
Elevador VII	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	2,31	0,46
Lustradora	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	1,56	0,31
Elevador VIII	0,45	0,44	0,45	0,45	0,44	2,23	0,45
Clasificadora	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	1,41	0,28
Elevador IX	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39	1,97	0,39
Selectora de color	1,31	1,29	1,30	1,32	1,31	6,53	1,31
Elevador X	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	1,02	0,20
Ensacado	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	2,46	0,49
Desplazamiento hacia almacén	0,90	0,91	0,96	0,94	0,90	4,61	0,92

Fuente: Elaboración propia



Resumen General			
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo
Operación	○	12	5,33
Inspección	□	2	1,00
Operación-Inspección	◻	1	0,16
Transporte	→	17	10,19
Almacenamiento	△	3	-----
Total		35	16,68

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Costo del plan de mantenimiento

MÁQUINA	REPUESTO/MATERIAL	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Descascaradora	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	4	S/ 182,00
	Rodillos de goma 10" SATECOL	S/ 28,00	2	S/ 56,00
	Trapo Industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Grasa SKF	S/ 20,00	6	S/ 120,00
	Rodajes NTN 1217	S/ 35,00	2	S/ 70,00
Máquina Pre Limpia	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	2	S/ 91,00
	Grasa SKF	S/ 20,00	6	S/ 120,00
	Trapo Industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Tensores	S/ 20,00	4	S/ 80,00
	Escobilla Industrial	S/ 5,00	2	S/ 10,00
Mesa Paddy	Electrodo Punto Azul 6011	S/ 13,90	2	S/ 27,80
	Planchas de Separación	S/ 45,00	4	S/ 180,00
Pulidoras	Trapo industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Cribas de pulidora	S/ 20,00	12	S/ 240,00
	Grasa SKF	S/ 20,00	6	S/ 120,00
	Sin Fin	S/ 15,00	4	S/ 60,00
	Rodaje NT 1517	S/ 38,00	2	S/ 76,00
	Botella de pulidora	S/ 25,00	12	S/ 300,00
Lustradora	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Grasa SKF	S/ 20,00	6	S/ 120,00
	Manta de escobillas de Tambor	S/ 50,00	12	S/ 600,00
	Rodaje NTN 1724	S/ 45,00	2	S/ 90,00
	Trapo Industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Grasa SKF	S/ 20,00	6	S/ 120,00
Zaranda	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	4	S/ 182,00
	Trapo industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Escobilla Industrial	S/ 5,00	2	S/ 10,00
	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	4	S/ 182,00
Clasificadora	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Escobilla Industrial	S/ 5,00	2	S/ 10,00
	Malla discernidora	S/ 18,00	4	S/ 72,00
	Trapo industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	5	S/ 227,50
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 17,00	6	S/ 102,00
Selectora	Lámpara LED	S/ 90,00	2	S/ 180,00
	Tarjeta de Módulo - SORTEX Z+2 GSI	S/ 525,00	1	S/ 525,00
	Eyector clasificador de color SORTEX Z+2	S/ 150,00	2	S/ 300,00
	Trapo industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
	Spray Lubricante 3M-08878	S/ 45,50	2	S/ 91,00
Elevador de Cangilones	Faja de transmisión SKF	S/ 26,00	4	S/ 104,00
	Trapo Industrial	S/ 5,00	4	S/ 20,00
	Pernos 9/16 pulgadas	S/ 1,50	2	S/ 3,00
	Trapo industrial	S/ 5,00	6	S/ 30,00
Sin Fin				
TOTAL				S/ 5 145,30

Costo de materiales: S/. 5 145,30; Costo mano de obra :S/. 35 053.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Inversión de maquinaria

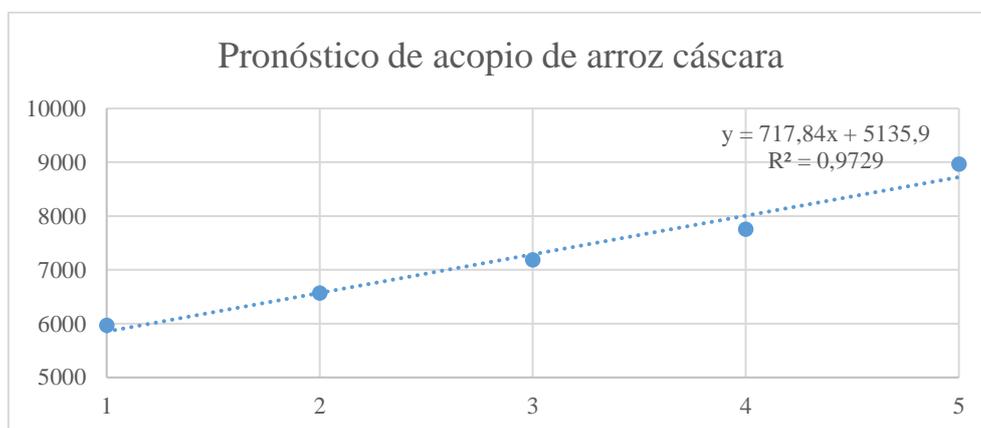
Equipo	Costo unitario (dólares)	Cantidad	Costo total (dólares)
Torre de secado	20 000	1	25 000
Horno	12 000	1	20 000
Silos de almacenamiento	3 100	2	12 000
Elevador de cangilones	2 900	2	9 000
Faja transportadora	2 300	1	6 300
Separador	1 200	1	1 200
Flete			6 000
Impuestos (24%)			21 456
Flete (Callao-Lambayeque)			1 900
Instalación y puesta en marcha			8 000
TOTAL			110 856
Dólar: S/3,57 a 14 de julio del 2023			S/395 755,92

Fuente: Elaboración propia en base a Suncue [34].

Anexo 25: Demanda histórica de arroz cáscara 2016-2022

Año	Demanda histórica de arroz cáscara (t)
2016	5 969,438
2017	6 568,726
2018	7 187,369
2019	7 757,239
2022	8 964,384

Fuente: Molino Don Julio

Anexo 26: Pronóstico

Año	Pronóstico de arroz cáscara (t)
2023	9 442,94
2024	10 160,78
2025	10 878,62
2026	11 596,46
2027	12 314,30

Fuente: Elaboración propia

Considerando la eficiencia antes del proceso de pilado de arroz, que es del 57,23%, y después de las mejoras, que alcanza el 69%. En cuanto a los subproductos, la eficiencia previa es del 10,12% para el polvillo, 2,2% para el ñelén, 7,25% para el arrocillo, y 0,4% para el rechazo. Después de las mejoras, estas eficiencias según [36] se sitúan en 9,12% para el polvillo, 0,65% para el ñelén, 6,55% para el arrocillo y 0,18% para el rechazo.

Anexo 27: Arroz pilado antes y después de la mejora

Periodo	Cantidad arroz cáscara (t)	ANTES DE MEJORA			DESPUÉS DE MEJORA		
		Arroz pilado (t) (57,23 %)	Arroz (sacos de 50kg)	Venta Soles	Arroz pilado (t) (69%)	Arroz (sacos de 50kg)	Venta Soles
2023	9 442,94	5 404,19	108 083,89	924 117,27	6 515,62	130 312,57	1 114 172,49
2024	10 160,78	5 815,01	116 300,29	994 367,46	7 010,93	140 218,76	1 198 870,43
2025	10 878,62	6 225,83	124 516,68	1 064 617,65	7 506,24	150 124,96	1 283 568,37
2026	11 596,46	6 636,65	132 733,08	1 134 867,84	8 001,55	160 031,15	1 368 266,32
2027	12 314,30	7 047,47	140 949,48	1 205 118,04	8 496,86	169 937,34	1 452 964,26

Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Polvillo antes y después de la mejora

Periodo	Cantidad arroz cáscara (t)	ANTES DE MEJORA			DESPUÉS DE MEJORA		
		Polvillo (t) (10,12%)	Polvillo (sacos de 30kg)	Venta Soles	Polvillo (t) (9,12%)	Polvillo (sacos de 30kg)	Venta Soles
2023	9 442,94	955,63	31 854,18	92 377,13	861,19	28 706,54	83 248,96
2024	10 160,78	1 028,27	34 275,70	99 399,52	926,66	30 888,77	89 577,44
2025	10 878,62	1 100,92	36 697,21	106 421,91	992,13	33 071,00	95 905,91
2026	11 596,46	1 173,56	39 118,73	113 444,30	1 057,59	35 253,24	102 234,39
2027	12 314,30	1 246,21	41 540,24	120 466,69	1 123,06	37 435,47	108 562,87

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Ñelén antes y después de la mejora

Periodo	Cantidad arroz cáscara (t)	ANTES DE MEJORA			DESPUÉS DE MEJORA		
		Ñelen (t) (2,2%)	Ñelen (sacos de 50kg)	Venta Soles	Ñelen (t) (0,65%)	Ñelen (sacos de 50kg)	Venta Soles
2023	9 442,94	207,74	4 154,89	15 788,60	61,37	1 227,58	4 664,81
2024	10 160,78	223,54	4 470,74	16 988,82	66,04	1 320,90	5 019,43
2025	10 878,62	239,33	4 786,59	18 189,05	70,71	1 414,22	5 374,04
2026	11 596,46	255,12	5 102,44	19 389,28	75,37	1 507,54	5 728,65
2027	12 314,30	270,91	5 418,29	20 589,51	80,04	1 600,86	6 083,26

Fuente: Elaboración propia

Anexo 30: Arrocillo antes y después de la mejora

Periodo	Cantidad arroz cáscara (t)	ANTES DE MEJORA			DESPUÉS DE MEJORA		
		Arrocillo (t) (7,25%)	Arrocillo (sacos de 50kg)	Venta Soles	Arrocillo (t) (6,55%)	Arrocillo (sacos de 50kg)	Venta Soles
2023	9 442,94	684,61	13 692,26	94 476,61	618,51	12 370,25	85 354,73
2024	10 160,78	736,66	14 733,13	101 658,60	665,53	13 310,62	91 843,29
2025	10 878,62	788,70	15 774,00	108 840,59	712,55	14 250,99	98 331,85
2026	11 596,46	840,74	16 814,87	116 022,58	759,56	15 191,36	104 820,40
2027	12 314,30	892,79	17 855,74	123 204,57	806,58	16 131,73	111 308,96

Fuente: Elaboración propia

Anexo 31: Rechazo antes y después de la mejora

Periodo	Cantidad arroz cáscara (t)	ANTES DE MEJORA			DESPUÉS DE MEJORA		
		Rechazo (t) (0,4%)	Rechazo (sacos de 70kg)	Venta Soles	Rechazo (t) (0,18%)	Rechazo (sacos de 70kg)	Venta Soles
2023	9 442,94	37,77	539,60	3 507,38	16,99	242,82	1 578,32
2024	10 160,78	40,64	580,62	3 774,00	18,28	261,28	1 698,30
2025	10 878,62	43,51	621,64	4 040,63	19,58	279,74	1 818,28
2026	11 596,46	46,39	662,65	4 307,26	20,87	298,19	1 938,27
2027	12 314,30	49,26	703,67	4 573,88	22,16	316,65	2 058,25

Fuente: Elaboración propia

Anexo 32: Gastos Financieros

Inversión empresa	S/ 316 604,74					
Monto Financiado	S/ 53 407,20	Interés Préstamo	8%	Tiempo	5	años
GASTOS FINANCIEROS						
	Pre Operativo	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
PRESTAMO A LARGO PLAZO	S/ 53 407,20	S/ 42 725,76	S/ 32 044,32	S/ 21 362,88	S/ 10 681,44	S/ -
INTERESES		S/ 4 272,58	S/ 3 418,06	S/ 2 563,55	S/ 1 709,03	S/ 854,52
AMORIZACIONES		S/ 10 681,44	S/ 10 681,44	S/ 10 681,44	S/ 10 681,44	S/ 10 681,44
TOTAL GASTOS FINANCIEROS (pagos)		S/ 14 954,02	S/ 14 099,50	S/ 13 244,99	S/ 12 390,47	S/ 11 535,96

El 80% del total de la inversión será financiado por la empresa, mientras que el otro 20% será un préstamo bancario.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 33: Formato de control de asistencia de capacitación

Control de asistencia a capacitación sobre mantenimiento preventivo	Responsable
---	-------------

Temas:	Lugar	
	Hora	
	Fecha	

N°	Apellidos y Nombres	DNI	Cargo	Firma	Observación

Evaluación de capacitación	FECHA:

Fuente: Elaboración propia

Anexo 34: Plan de capacitación

Temas a tratar	Dirigido a	Inicio	Fin	Duración
Introducción al Mantenimiento Preventivo	Personal de mantenimiento	06/01/2024	06/01/2024	4 horas
Evaluación de Equipos y Sistemas	Personal de mantenimiento	13/01/2024	13/01/2024	4 horas
Planificación del Mantenimiento Preventivo	Personal de mantenimiento	20/01/2024	20/01/2024	4 horas
Mantenimiento Preventivo en Equipos Mecánicos	Personal de mantenimiento	27/01/2024	27/01/2024	4 horas
Mantenimiento Preventivo en Equipos Electrónicos	Personal de mantenimiento	03/02/2024	03/02/2024	4 horas
Seguridad en el Mantenimiento Preventivo	Personal de mantenimiento	10/02/2024	10/02/2024	4 horas
Documentación y Seguimiento	Personal de mantenimiento	17/02/2024	17/02/2024	4 horas
Evaluación y Certificación	Personal de mantenimiento	24/02/2024	24/02/2024	4 horas

El costo por persona de esta capacitación es de S/. 793,00.

Fuente: SENATI [37].

Anexo 35: Capacidad utilizada antes y después de la mejora

	Capacidad diseñada (Sacos de arroz pilado/día)	Capacidad real (Sacos de arroz pilado/día)	Utilización	Capacidad ociosa (Sacos de arroz pilado/día)
Antes de la propuesta	800	265,06	33,13%	534,94
Después de la propuesta		503,82	62,98%	296,18

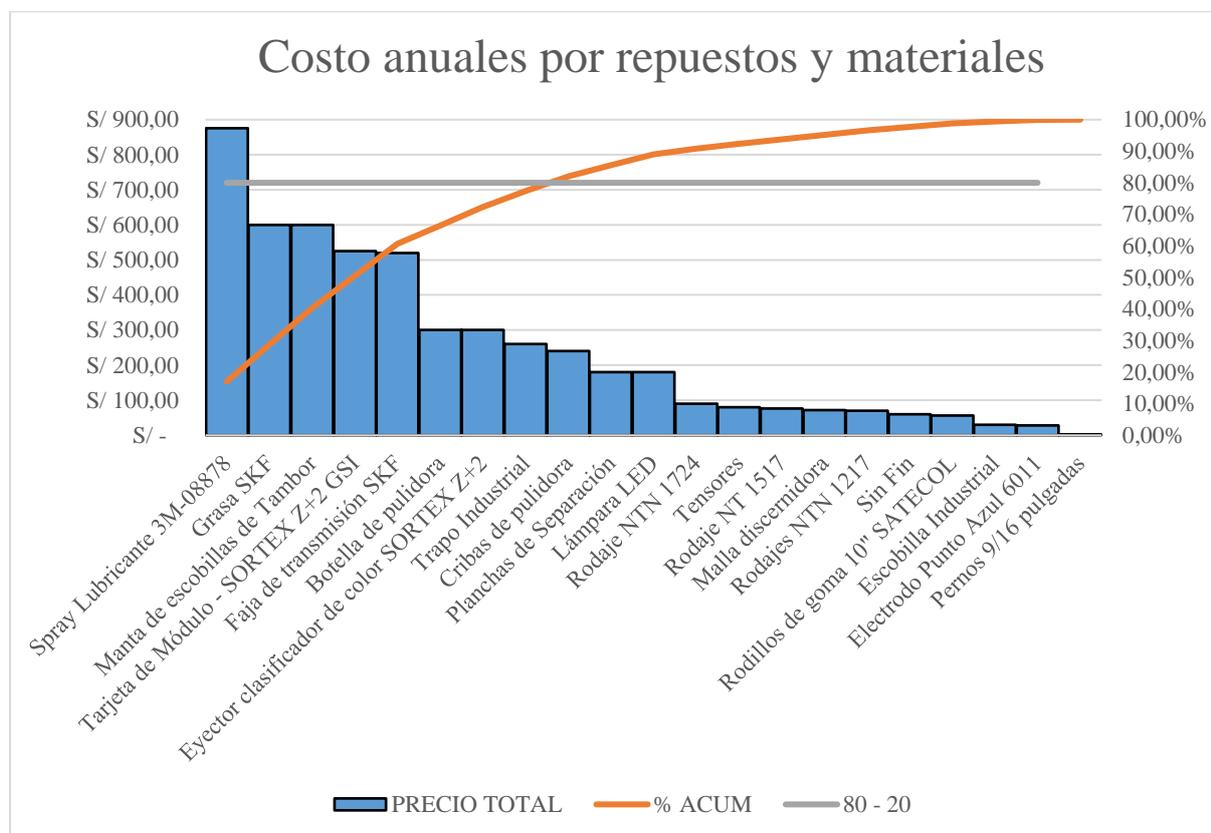
Fuente: Elaboración propia

Anexo 36: Comparación de entidades para la capacitación del personal de mantenimiento

Aspecto	SENATI	SENCICO
Programas de mantenimiento	Ofrece programas específicos de mantenimiento preventivo de 8 sesiones.	Ofrece programas de formación en mantenimiento preventivo de 4 sesiones.
Flexibilidad de horario	Ofrece una variedad de horarios para adecuarse al alumno.	Ofrece un horario fijo.
Infraestructura y recursos	Infraestructura y equipos modernos	Infraestructura y equipos modernos
Costos	S/. 793,00	S/. 695,00

Fuente: SENATI [37] y SENCICO [38].

Anexo 37: Costo por repuestos y materiales

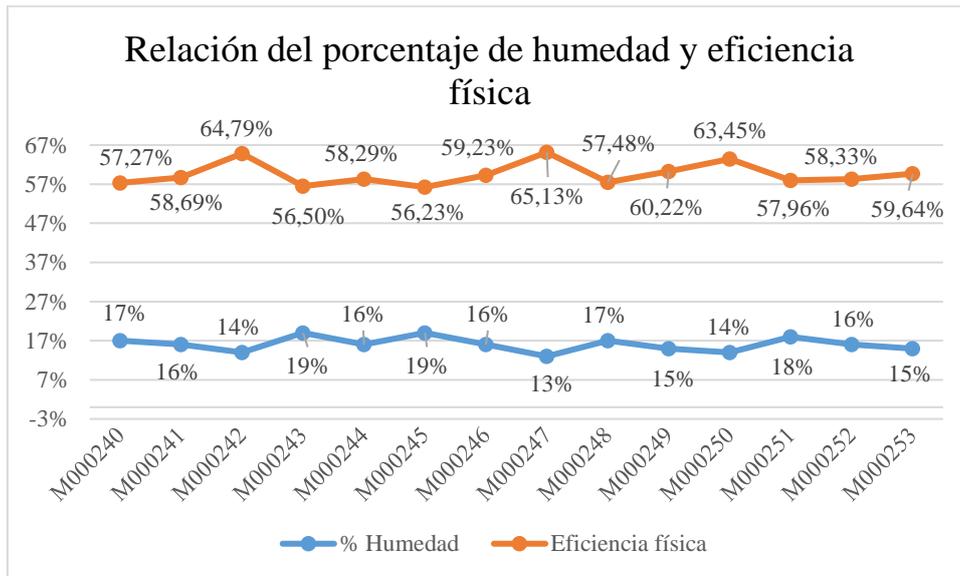


Fuente: Elaboración propia

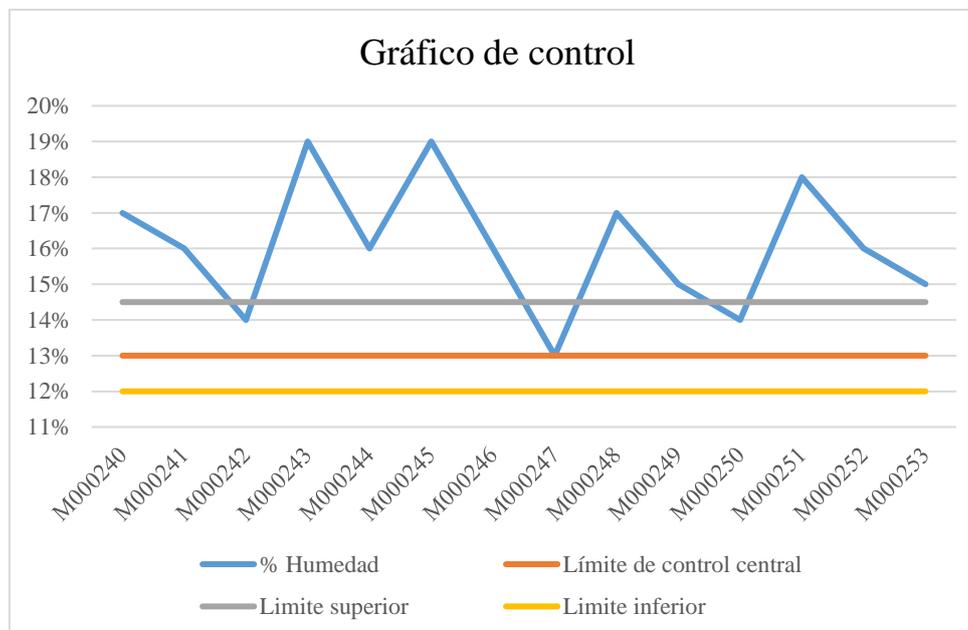
Los repuestos y materiales usados para el mantenimiento que tienen mayor impacto en relación a costos formando parte del 80%, son 8 los cuales se muestran en este anexo.

Anexo 38: Evidencia de la variabilidad de la humedad y su relación con la eficiencia física de materia prima

Con el gráfico de relación del porcentaje de humedad y eficiencia física, se logró corroborar que dicha eficiencia está directamente relacionada con el porcentaje de humedad del arroz cáscara, ya que se tomaron 15 muestras de distintas maquilas y se analizaron, los resultados fueron de que a más porcentaje de humedad se procesa el arroz cáscara, menor es la cantidad obtenida de arroz pilado al terminar el proceso.



Fuente: Molino Don Julio S.A.C



Fuente: Molino Don Julio S.A.C

Anexo 39: Evaluación del impacto ambiental del secador industrial

Aspecto ambiental	Evaluación
Emisiones de gases de efecto invernadero	Reducción del 40% en emisiones de CO ₂ en comparación con un secador a gas.
Eficiencia Energética	Eficiencia de conversión del 70%, lo que reduce el consumo de recursos naturales.
Impacto en los Recursos Naturales	Se asegura la gestión sostenible de la cáscara de arroz, dándole un segundo uso después de la combustión.
Gestión de Residuos	Gestión adecuada de la biomasa de cáscara de arroz, evitando la acumulación de residuos y siendo útil como abono.
Comparativa con Alternativas	Ventaja en términos de reducción de emisiones en un 40% y consumo de energía en comparación con secadores de gas o eléctricos.
Cumplimiento Normativo	Conformidad con las regulaciones y estándares ambientales de Perú ya que no supera las 625 partes por millón emitidas de CO ₂ por hora.

Fuente: Elaboración propia en base a [34].

Anexo 40: Método Guerchet para el cálculo de superficies

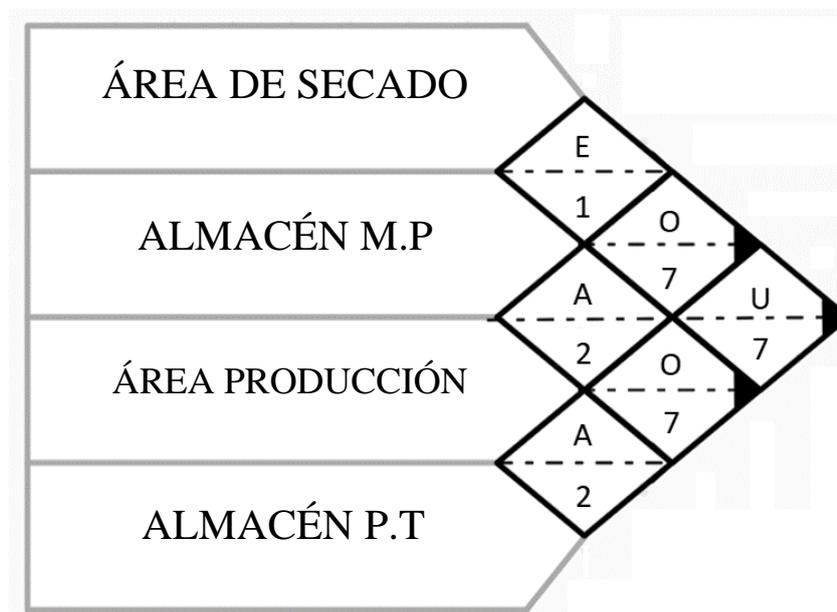
Descripción	Área de producción								
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad	Lados a utilizar	Superficie estática (m ²)	Superficie gravitacional (m ²)	Superficie evolutiva (m ²)	Superficie total (m ²)
Elevadores de cangilones	1,96	0,75	7,87	11	1	1,47	1,47	0,32	35,91
Máquina de Pre-limpia	2,92	1,76	2,71	1	1	5,14	5,14	3,96	14,24
Descascarador	1,49	0,89	1,76	1	1	1,33	1,33	0,26	2,92
Tornillo sin fin	1,58	2,69	1,52	1	1	4,25	4,25	2,71	11,21
Mesa paddy	1,96	2,86	3,05	1	1	5,61	5,61	4,71	15,92
Zaranda Roto vaivén	2,60	1,60	1,22	1	1	4,16	4,16	2,60	10,92
Pulidoras	3,20	1,25	2,36	3	1	4,00	4,00	2,40	31,20
Lustradora	2,80	1,63	1,60	1	1	4,56	4,56	3,12	12,25
Clasificadora	5,72	1,13	1,82	1	1	6,46	6,46	6,27	19,19
Selectora electrónica por color	3,15	1,60	2,34	1	1	5,04	5,04	3,81	13,89
TOTAL									167,65

Fuente: Elaboración propia

Área de secado									
Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Cantidad	Lados a utilizar	Superficie estática (m ²)	Superficie gravitacional (m ²)	Superficie evolutiva (m ²)	Superficie total (m ²)
Secadora industrial	3,5	2,59	8,99	1	1	9,07	9,07	12,33	30,46
TOTAL									30,46

Fuente: Elaboración propia

Anexo 41: Tabla relacional

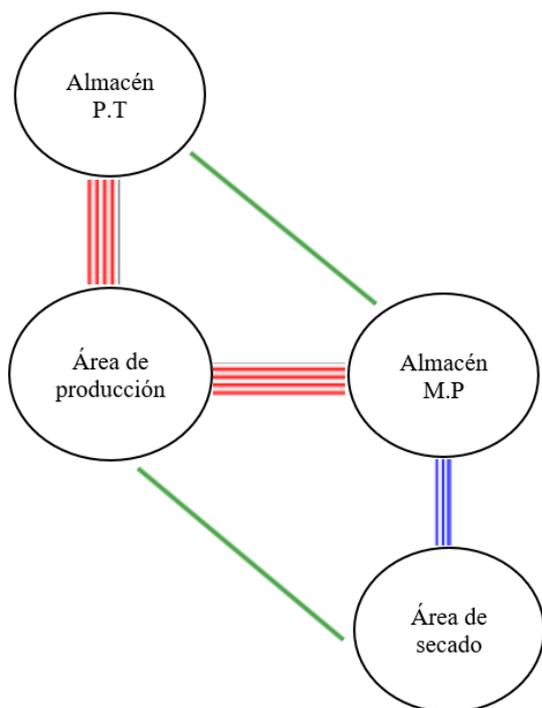


Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No recomendable

Código	Razón
1	Contacto directo con el personal
2	Por flujo del proceso
3	Porque no es necesario
4	Por conveniencia
5	Por inspección y control
6	Por salubridad
7	Por compartir personal
8	Por distancia
9	Por flujo de información

Fuente: Elaboración propia

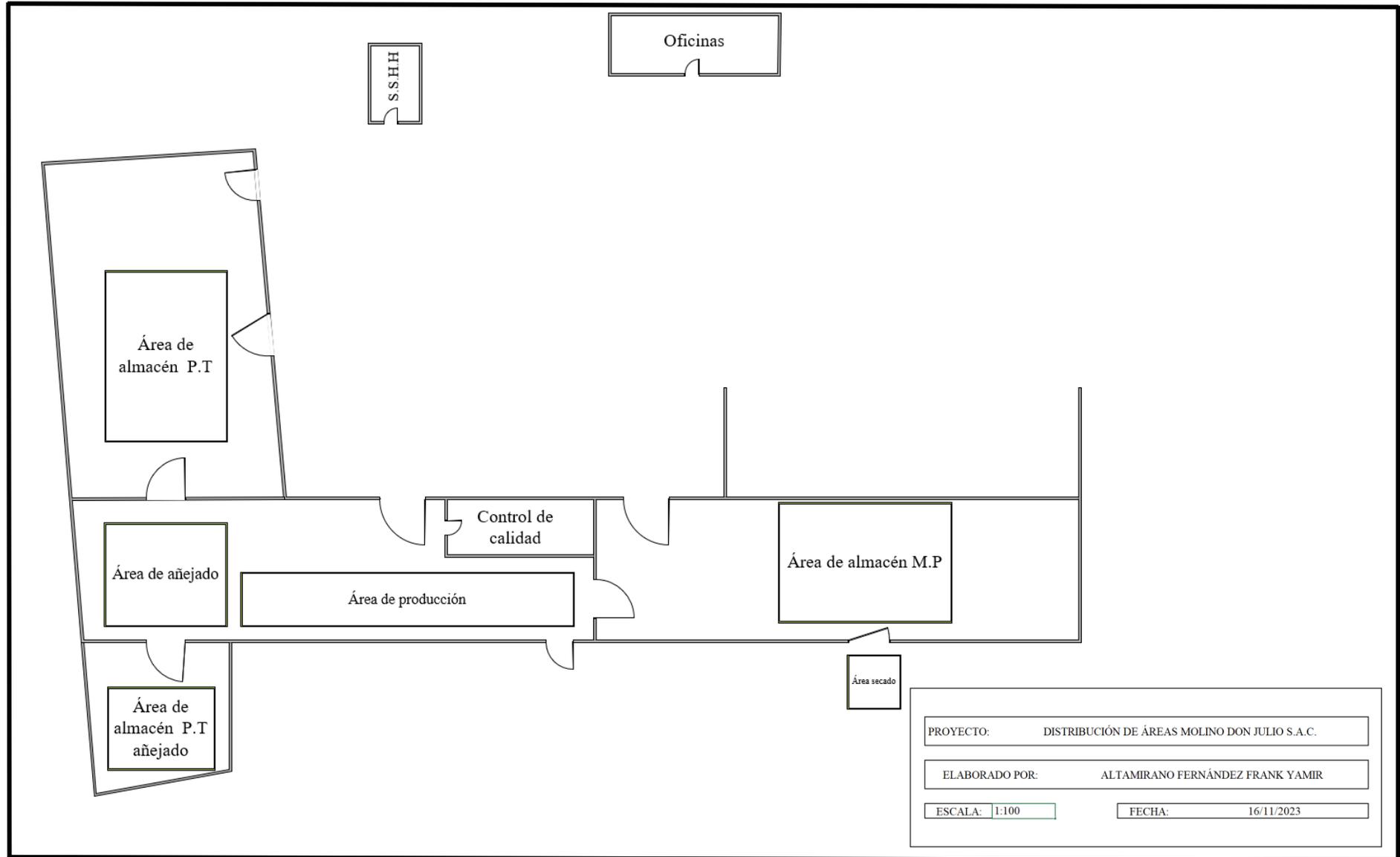
Anexo 42: Diagrama relacional de espacios



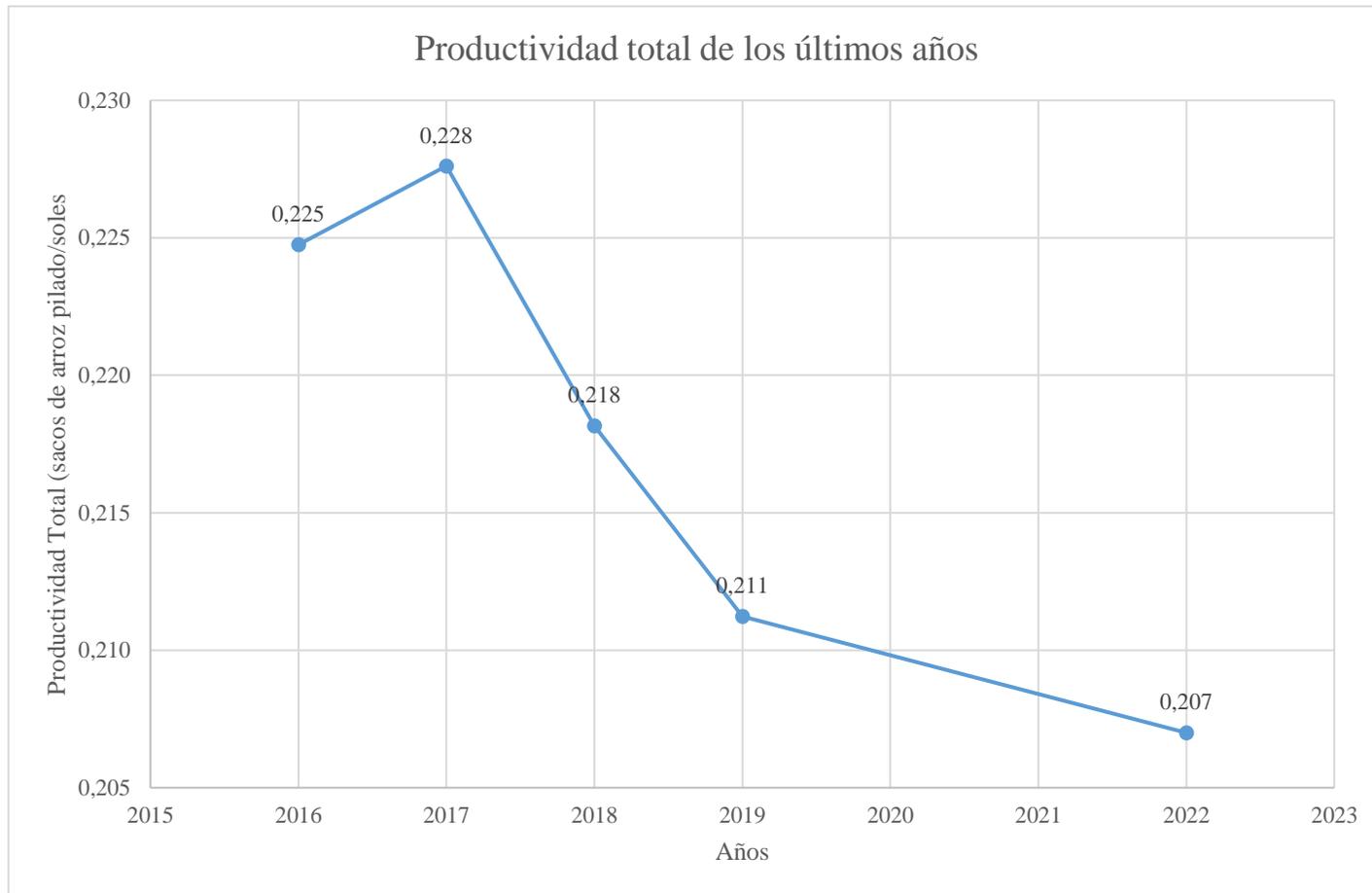
Código	Valor de proximidad	Representación
A	Absolutamente necesario	=====
E	Especialmente necesario	=====
I	Importante	=====
O	Normal u ordinario	—————
U	Sin importancia	
X	Indeseable	XXXXXXXXXXXXXXXX
XX	Muy indeseable	XXXXXXXXXXXXXXXX

Fuente: Elaboración propia

Anexo 43: Distribución de áreas

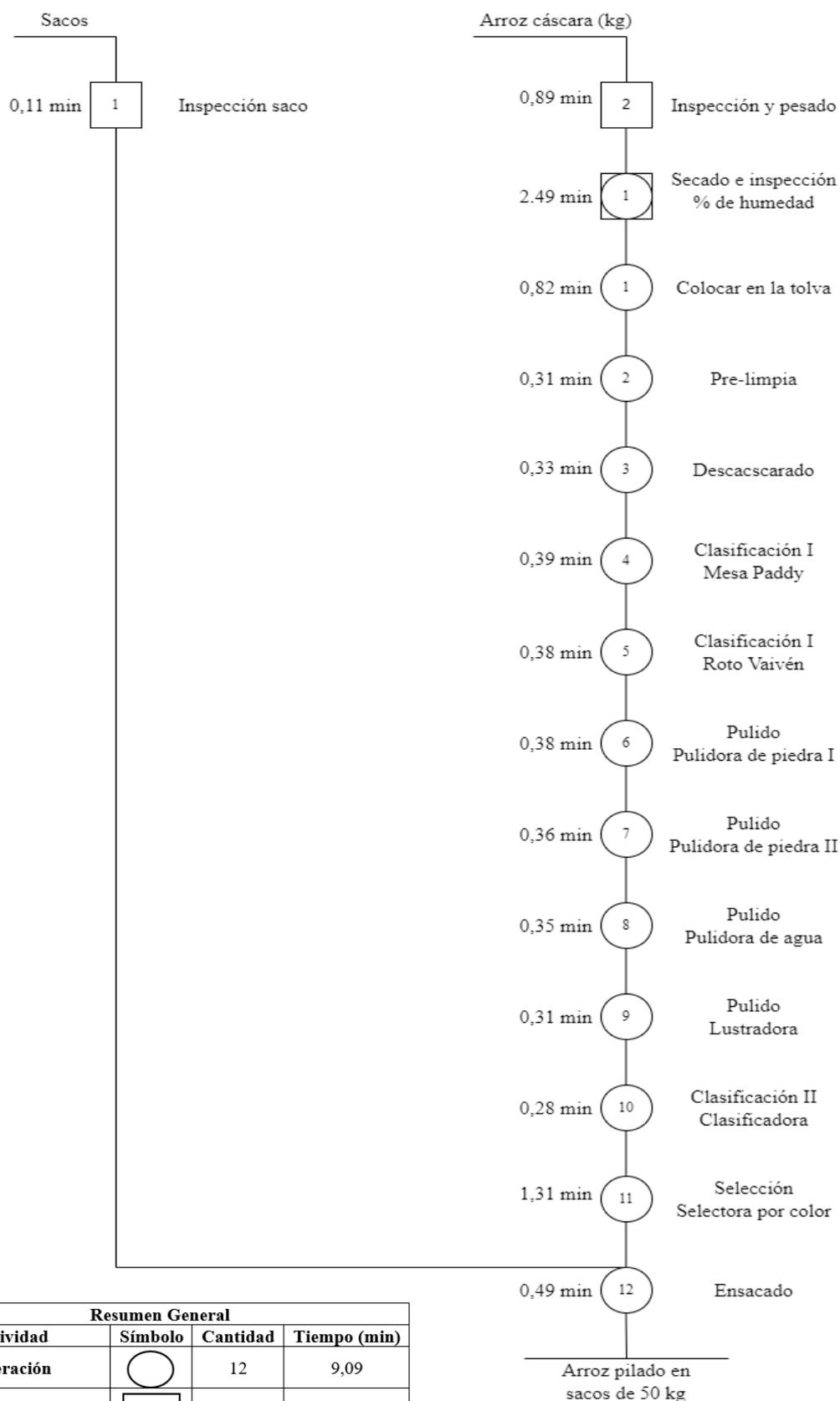


Fuente: Elaboración propia

Anexo 44: Productividad total de los últimos años

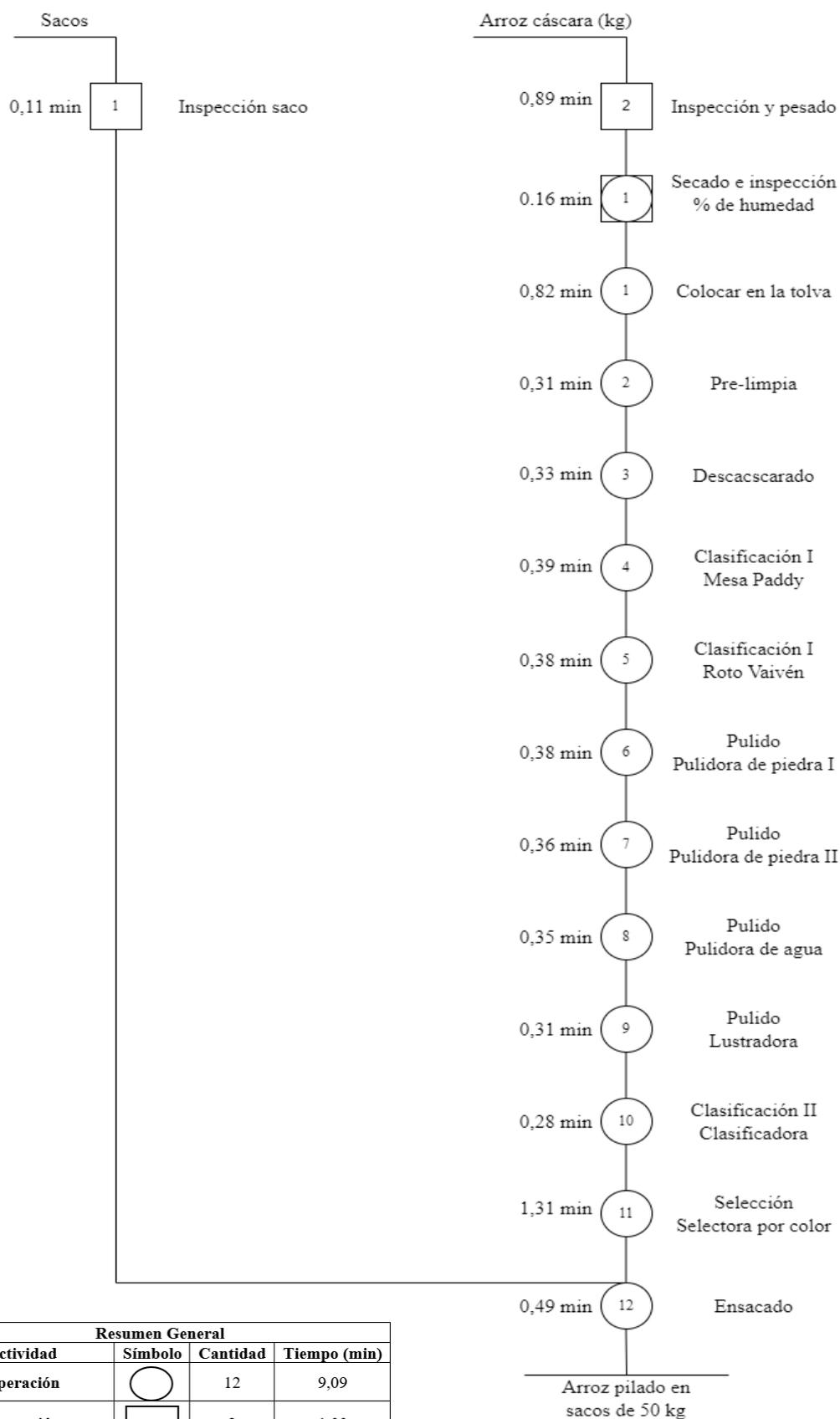
Fuente: Elaboración propia

Anexo 45: Diagrama de operaciones del proceso de pilado de arroz



Resumen General			
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Operación	○	12	9,09
Inspección	□	2	1,00
Operación - Inspección	◻	1	2,49
Total		15	12,58

Anexo 46: Diagrama de operaciones del proceso de pilado de arroz después de la mejora



Resumen General			
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Operación	○	12	9,09
Inspección	□	2	1,00
Operación - Inspección	◻	1	0,16
Total		15	10,25

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47: Costos del residuo generado en el secado**Resumen de Costos:**

Concepto	Costo (S/ por tonelada)
Mano de obra	10
Empaque	10
Almacenamiento	10
Transporte del producto final	20
Total	50

Ingreso por venta de abono

Año	Pronóstico de arroz cáscara 2023-2027 (t)	Ingreso por venta de abono
2023	9442,94	S/ 472 147,00
2024	10160,78	S/ 508 039,00
2025	10878,62	S/ 543 931,00
2026	11596,46	S/ 579 823,00
2027	12314,30	S/ 615 715,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 48: Procedimiento de Operación de la Secadora Industrial de Biomasa Suncue SUPER-120 – 110 para Mantener el % de Humedad del Arroz Cáscara al 12%

1. Introducción

Este procedimiento describe cómo operar la secadora industrial de biomasa Suncue SUPER-120 – 110 para mantener el contenido de humedad del arroz cáscara al 12%.

2. Preparación del Arroz

2.1. Limpieza:

- Asegurarse de que el arroz esté limpio y libre de impurezas antes del secado.
- Verificar que el arroz tenga una humedad inicial conocida.

3. Carga de la Secadora

3.1. Procedimiento de Carga:

- Introducir el arroz en la secadora de manera uniforme para asegurar un secado uniforme.
- No sobrecargar la secadora para evitar problemas de secado desigual.

4. Configuración de la Secadora

4.1. Ajuste de Parámetros:

- Configurar la temperatura de secado según las recomendaciones del fabricante.
- Ajustar el flujo de aire para maximizar la eficiencia del secado.

4.2. Inicio del Ciclo de Secado:

- Encender la secadora y verificar que todos los sistemas estén funcionando correctamente.
- Monitorizar la temperatura y la humedad del aire de salida durante el ciclo.

5. Monitoreo y Ajuste

5.1. Monitoreo Constante:

- Monitorizar constantemente la temperatura y la humedad del aire de salida.
- Ajustar los parámetros de secado según sea necesario para mantener el contenido de humedad al 12%.

5.2. Verificación Intermedia:

- Tomar muestras de arroz a intervalos regulares y medir su humedad.
- Ajustar la temperatura y el flujo de aire basado en los resultados de las muestras.

6. Descarga de la Secadora

6.1. Procedimiento de Descarga:

- Una vez alcanzada la humedad deseada, apagar la secadora.
- Descargar el arroz y asegurarse de que se enfríe adecuadamente antes de su almacenamiento.

7. Limpieza y Mantenimiento Post-Operación

7.1. Limpieza:

- Limpiar la secadora para eliminar cualquier residuo de arroz o polvo.
- Revisar y limpiar los filtros de aire.

7.2. Mantenimiento Rutinario:

- Realizar las tareas de mantenimiento diario descritas en el manual de mantenimiento preventivo.

Registro y Monitoreo

8.1. Documentación de Operación:

- Mantener un registro detallado de cada operación de secado, incluyendo las condiciones iniciales del arroz, los parámetros de secado utilizados y los resultados obtenidos.

8.2. Indicadores de Desempeño:

- Monitorear indicadores clave como la eficiencia del secado y la consistencia en el contenido de humedad final.
- Analizar los datos recopilados para optimizar los procedimientos operativos.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 49: Manual de Gestión del Mantenimiento Preventivo

1. Introducción

Este procedimiento describe la gestión del mantenimiento preventivo de todo el circuito de pilado.

1.1. Objetivo

Describir los procedimientos y prácticas de mantenimiento preventivo para asegurar el funcionamiento eficiente y prolongar la vida útil de la maquinaria.

1.2. Alcance

Este manual aplica a toda la maquinaria del circuito de pilado de arroz, incluyendo la secadora industrial de biomasa Suncue SUPER-120 – 110.

1.3. Responsabilidades

- **Personal de Mantenimiento:** Ejecución de tareas de mantenimiento según el plan establecido.
- **Supervisores de Mantenimiento:** Supervisión y verificación de las actividades de mantenimiento.
- **Gerencia de Planta:** Aprobación y revisión del plan de mantenimiento preventivo.

2. Inventario de Maquinaria

2.1. Lista de Equipos

- Secadora industrial de biomasa Suncue SUPER-120 – 110
- Descascaradora de arroz
- Pulidora de arroz
- Separador de impurezas
- Sistema de transporte (cintas, elevadores)
- Otros equipos auxiliares

2.2. Información de Cada Equipo

Para cada máquina, se debe incluir:

- Modelo y número de serie
- Fecha de adquisición
- Manual del fabricante
- Historial de mantenimiento

3. Plan de Mantenimiento Preventivo

3.1. Frecuencia del Mantenimiento

- **Diario**
- **Semanal**
- **Mensual**
- **Trimestral**
- **Anual**

3.2. Procedimientos Detallados

3.2.1. Mantenimiento Diario

Inspección Visual:

- Verificar conexiones de energía.
- Inspeccionar el área de trabajo para detectar residuos.

Limpieza:

- Limpiar filtros de aire y áreas de entrada y salida.
- Eliminar residuos de arroz y polvo.

Lubricación:

- Lubricar partes móviles según recomendaciones del fabricante.

3.2.2. Mantenimiento Semanal

Revisión de Componentes Críticos:

- Inspeccionar rodillos, correas, poleas y rodamientos.
- Verificar sensores y sistemas de control.

Ajuste de Correas y Poleas:

- Revisar y ajustar correas y poleas.

3.2.3. Mantenimiento Mensual

Calibración de Sensores:

- Verificar y calibrar sensores de temperatura, humedad y presión.

Inspección de Motores y Reductores:

- Revisar motores y reductores, comprobar niveles de aceite.

3.2.4. Mantenimiento Trimestral

Inspección de Sistemas de Seguridad:

- Revisar sistemas de seguridad y realizar pruebas de funcionamiento.

Inspección y Mantenimiento de Sistemas Eléctricos:

- Inspeccionar conexiones eléctricas y probar sistemas de control.

3.2.5. Mantenimiento Anual**Revisión Completa del Equipo:**

- Inspección completa de todas las máquinas.
- Sustitución de piezas desgastadas.
- Actualización del software de control (si aplica).

Auditoría del Plan de Mantenimiento:

- Revisar y actualizar el plan de mantenimiento basado en registros y análisis de fallos adjuntados en el siguiente Link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1WPfl6SozZxmQoNZgeLnpsIvEI8kjfquB?usp=sharing>

4. Registro y Monitoreo**4.1. Documentación****Registro de Actividades:**

- Fecha y tipo de mantenimiento realizado.
- Persona responsable.
- Observaciones y acciones tomadas.

Historial de Fallos:

- Descripción del fallo.
- Acciones correctivas.
- Fecha de resolución.

4.2. Indicadores de Desempeño

- **Tiempo de Inactividad:** Medir el tiempo que las máquinas están fuera de servicio.
- **Eficiencia del Equipo:** Evaluar la eficiencia del equipo antes y después del mantenimiento.
- **Tasa de Fallos:** Monitorear la frecuencia y gravedad de los fallos.