

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de mejora del proceso de pilado de la empresa Agronegocios San
Fabri SAC para incrementar su productividad**

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

AUTOR

Anne del Milagro Villafuerte Meza

ASESOR

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de mejora del proceso de pilado de la empresa
Agronegocios San Fabri SAC para incrementar su productividad**

PRESENTADA POR

Anne del Milagro Villafuerte Meza

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Edward Florencio Aurora Vigo

PRESIDENTE

Jose Alberto Echeverria Carrillo

SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

VOCAL

Dedicatoria

Ante todo, a Dios, por ser mi guía siempre. A mis padres, Carla Meza y Antonio Villafuerte, por ser mis mejores amigos, mi apoyo, mi calma ante momentos difíciles y mi ejemplo de esfuerzo y trabajo arduo. A mi hermano, José Villafuerte, por ser mi tesoro y la razón de seguir esforzándome cada día. A mi amore, por siempre motivarme.

Agradecimientos

A Dios, mi padre celestial. A mis amados padres, Carla y Antonio; a mi amado hermano José y mi pareja. De igual manera, un agradecimiento muy especial a mis más grandes amigos de la universidad; Fátima, Kristhie, Pierre, José, Flavio y Gonzalo; y a todos los ingenieros que contribuyeron a mi formación académica durante estos 5 años de universidad. Por último, agradezco al Ing. Danny Bustamante por su paciencia, guía y sabiduría; y a la empresa SAN FABRI SAC por abrirme las puertas de su compañía y brindarme acceso de recursos.

Tesis 100

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	students.vvsu.ru Fuente de Internet	1%
5	www.agraria.pe Fuente de Internet	<1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	Muhammad Yahya, Hendriwan Fahmi, Rosdanelli Hasibuan, Ahmad Fudholi. "Development of hybrid solar-assisted heat	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
Referencias.....	32
Anexos	35

Resumen

En el marco de esta investigación, se realizó un análisis del proceso de pilado de arroz ejecutado por la empresa SAN FABRI SAC, con el objetivo de incrementar su productividad. Este estudio comprendió una evaluación detallada de la situación actual de la empresa, abarcando la identificación de indicadores relacionados con la producción, productividad, eficiencia y capacidad. La productividad total se estableció en 0,4 sacos de arroz pilado/soles. Asimismo, se procedió a identificar las actividades del proceso mediante un cursograma analítico, revelando que la etapa de secado, realizada artesanalmente con una duración de 2880 minutos y una eficiencia del 56,20%, era el principal factor limitante. De igual manera, se detectó que la falta de mantenimiento preventivo generó 53 fallos en 2022, con un total de 513 horas de tiempo de parada. Conociendo las causas, se propuso la implementación de una secadora industrial y un plan de mantenimiento preventivo, logrando un aumento del 65% en la productividad global, un incremento del 22,54% en la eficiencia del proceso y una disminución del 69,57% en la capacidad ociosa. Por último, gracias a un análisis de costo-beneficio, reveló que la empresa obtiene una ganancia de S/. 0,68 por cada sol invertido.

Palabras clave: Productividad, eficiencia, pilado de arroz.

Abstract

In this research, an analysis of the rice piling process carried out by the company SAN FABRI SAC was carried out, with the aim of increasing its productivity. This study included a detailed evaluation of the current situation of the company, covering the identification of indicators related to production, productivity, efficiency and capacity. Total productivity was established at 0.4 bags of piled rice/soles. The process activities were identified using an analytical course, revealing that the drying stage, carried out by hand with a duration of 2880 minutes and an efficiency of 56.20%, was the main limiting factor. In addition, it was detected that the lack of preventive maintenance generated 53 failures in 2022, with 513 hours of downtime. In response, the implementation of an industrial dryer and a preventive maintenance plan was proposed, achieving a 65% increase in global productivity, a 22.54% increase in process efficiency and a 69.57% decrease in idle capacity. Finally, thanks to a cost-benefit analysis, it revealed a profit of S/. 0.68 for each sol invested.

Keywords: Productivity, efficiency, rice piling.

Introducción

El arroz es uno de los alimentos más comunes y consumidos del mundo [1]. La campaña de producción mundial de arroz 2021/2022 cerró en 513,7 millones de toneladas, representando un aumento del 0,8%, una cifra récord nunca antes alcanzada. [2]

Este grano es uno de los más cultivado en el Perú, logrando un aumento del rendimiento anual en 8% en el 2022 respecto al año anterior, con 8,3 toneladas por hectárea en promedio [3]. Asimismo, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego expresa que el arroz representa el 6% del PBI agropecuario peruano [4], con una capacidad de pilado de 991, 9 t/h en promedio y solo llega a usar el 30% de su capacidad instalada. [5]

En el Perú, la agroindustria arrocera transforma cerca del 99% de arroz producido en el país. Así pues, La Asociación Peruana de Molineros de Arroz (APEMA), indica que el promedio de la eficiencia nacional del proceso de pilado es de 69%, y el mayor valor registrado es de 75%. [6]

La Región Lambayeque desempeña un papel fundamental en la industria arrocera del Perú, albergando aproximadamente el 70% de los molinos de arroz del país, los cuales son responsables de abastecer la demanda nacional de este vital alimento [7]. Es aquí donde se encuentra la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC con más de 8 años de experiencia; dedicada a la producción y comercialización de arroz; y subproductos como el arrocillo, descarte y ñelen. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de los molinos ubicados en esta región todavía emplean métodos de secado de tipo artesanal en sus procesos de producción. Esta práctica conlleva a la generación de un porcentaje significativo de arroz quebrado y otros subproductos, lo que a su vez se traduce en una menor productividad [8]. Asimismo, existen deficiencias en la gestión de sus procesos y producción del arroz, que se justifican en sus indicadores de producción, productividad y uso inadecuado de recursos. [8]

Según el análisis realizado, la empresa enfrenta un desafío significativo en lo que respecta a su productividad global, siendo de 0,4 sacos de arroz pilado/soles. Este problema puede atribuirse a diversas causas identificadas, incluyendo la ineficiencia del proceso de pilado, que se encuentra en un 56,20%. Es por esta razón que se hace necesario establecer una meta, buscando alcanzar un nivel de conversión del 69%, el cual representa al promedio nacional. Además, es importante destacar que la etapa de secado presenta un tiempo ocioso de 2880 minutos, lo que representa un costo anual considerable de S/. 396 748,80. Por otro lado, las paradas de maquinaria han generado pérdidas de S/. 40 896. Estos factores contribuyen de manera significativa a la baja productividad.

En cuanto a los indicadores específicos, se observa que la productividad de la materia prima se sitúa en 0,0112 sacos de arroz pilado/kg de arroz cáscara. La mano de obra, en promedio, alcanza los 35,5 sacos de arroz pilado/operario. Finalmente, la productividad de la maquinaria se

ubica en un 59,17 sacos de arroz pilado/máquina. Estos datos indican claramente la necesidad urgente de implementar medidas para mejorar la eficiencia y la productividad en todos los aspectos identificados.

Esta serie de causas afecta directamente a los indicadores de producción, generando un sobre costo y deficiencias en el rendimiento del proceso productivo. Ante la situación que presenta la empresa, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar el proceso de pilado de la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC para incrementar la productividad?

Considerando esta problemática se plantea como objetivo general, incrementar la productividad de la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC mediante la mejora del proceso de pilado; además se propuso como objetivos específicos, diagnosticar el proceso de pilado de la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC, realizar una propuesta de mejora del proceso de pilado de la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC y por último, analizar el costo beneficio de la propuesta de mejora del proceso de pilado de la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC.

Por consiguiente, la presente investigación aporta soluciones que permiten encontrar las causas que generan la baja productividad de la empresa, dado que el mercado experimenta constantemente crecientes demandas y es necesario mantenerse a la par o mejor que la competencia; además de obtener beneficios económicos. Por otro lado, esta investigación es de gran importancia porque servirá como antecedente a futuros estudiantes que realicen proyectos para mejorar el proceso de pilado dentro de alguna agroindustria arrocera.

Revisión de literatura

Najar A. y Alvarez M. [9] definen que el proceso de pilado es la transformación de arroz cáscara en limpio, mediante el uso de equipos; el grano cosechado proviene de diferentes zonas agrícolas del Perú, con una humedad de 22 a 23%, el cual pasa por una etapa de secado, luego por la etapa de pilado para finalmente obtener el arroz blanco con un mínimo de grano quebrado y de impureza. En lo que concierne a la etapa de secado de arroz cáscara, esta se puede llevarse a cabo de manera natural, mediante la exposición de los granos al sol, o de forma industrial, que implica la utilización de tecnología especializada. [10]

El secado es la etapa que más influye en el fisuramiento de los granos. Este puede llegar como grano quebrado pulido durante el proceso. [11] demostró a través de experimentos que la humedad final es un factor importante en la formación de fisuras. Cuanto menor sea la humedad final a la que es llevado el grano a la secadora, mayor es el porcentaje de granos fisurados. Para el arroz, el porcentaje aceptable de humedad es del 14% con una tolerancia de $\pm 0,5\%$.

Las técnicas e instrumentos que se emplearon en la investigación permitieron recolectar información necesaria que condujo al desarrollo de los objetivos planteados; la información necesaria fue brindada por el personal involucrado en el proceso productivo y la observación del funcionamiento de la línea del proceso de producción. Según Méndez [12], para recolectar cierta información se debe tener en cuenta lo siguiente: seleccionar un instrumento o método de recolección de los datos, aplicar el instrumento, preparar observaciones, registros y mediciones obtenidas, ya que el uso de estas técnicas es importante para identificar y eliminar cuellos de botella, junto con procesos ineficientes, lo que permite reducir el tiempo de ciclo y aumentar la producción.

Los indicadores de producción y productividad tienen el fin de cuantificar el rendimiento de un proceso o sistema productivo. En pocas palabras, Carro y Gonzáles [13] definen a la productividad como la mejora de un proceso productivo, que relaciona la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios obtenidos.

Por otro lado, [14] menciona que el mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad del producto y la productividad, el equipo que cuente con uno bueno, produce menos desperdicios que el equipo con uno deficiente, por lo tanto, es importante un plan de mantenimiento preventivo. Asimismo, [15] indica que este tipo de mantenimiento es un conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos.

En esta Industria, las empresas o molinos pueden comprar el grano, el problema radica en la capacidad de recibir los sacos y realizar el secado. [16] indica que es muy importante realizar correctamente el secado debido que el arroz proviene de las cosechas con humedad entre 22 y 23%, entonces, si el grano no tuvo un método adecuado de secado, durante el proceso productivo, se quebrará.

Por tal motivo, Pan Z. Amaratunga K. y Thompson J. [17] en su artículo: *“Relationship between rice sample milling, conditions and milling quality”* buscó los factores que más intervienen en la calidad del grano de arroz de su proceso productivo, examinando las relaciones entre las cualidades del arroz, a la vez, conociendo el rendimiento. Para ello, utilizaron un grano de arroz que se sometió a dos pruebas y fue más sensible a los cambios en las condiciones de molienda que el rendimiento total del arroz. El resultado de la prueba demostró que la calidad del grano de arroz estará determinada por la adecuada regulación del tiempo en la etapa de secado o el método a emplear.

Por su parte, [18] investigó a fondo el proceso de pilado de arroz y llegó a la conclusión de que la baja productividad estaba directamente relacionada con la etapa de secado, lo que generaba

un cuello de botella de 623 minutos y numerosas fallas en las máquinas utilizadas en el proceso productivo. Como respuesta a estos desafíos, se propuso la introducción de tecnología en el proceso de pilado, incluyendo la implementación de una máquina de secado y un plan de mantenimiento preventivo. Las propuestas planteadas resultaron en mejoras significativas, con un aumento del 65,52% en la productividad de 0,29 sacos/soles a 0,77 sacos/soles y un incremento del 69% en la eficiencia, lo que se tradujo en un notable incremento en los indicadores de productividad. Además, se logró un costo beneficio muy favorable, evaluado en S/. 0,1129, lo que demuestra la efectividad de estas medidas para optimizar el proceso de pilado de arroz.

De igual manera [19], explica la importancia de las condiciones de secado del arroz para su calidad final. En su investigación, el secado al sol tendió a reducir la recuperación del arroz en comparación con el secado artificial. Para un método de secado dado, la recuperación del arroz arropollado disminuyó con el aumento de la suma de calor desde la floración hasta la cosecha. Por tal motivo, propone un secador industrial, ya que, si no se dispone de uno, el arroz cáscara debe secarse al sol solo por la mañana, revolviéndolo y mezclándolo para promover un secado más uniforme.

Ventura S. [20] analizó la situación de la empresa cuyo problema radicaba en los elevados costos de producción por la inadecuada distribución de áreas, costos de secado y problemas de maquinaria por paradas no programadas. Para realizar el diagnóstico hizo un análisis de datos basados en la observación directa, también realizó un DAP, DOP y diagrama de recorrido, posterior a ello, calculó los indicadores actuales. Ante la problemática, el autor propone la implementación de un nuevo tipo de secado mediante una máquina secadora, como resultado, logró reducir en 84% los elevados costos, el costo de secado se disminuyó un 85,5%, los costos por paradas se logró reducir en un 80%, y se obtuvo un beneficio económico-financiero de S/. 1,42.

Asimismo, en [21] se observó que en una empresa piladora y comercializadora de arroz y subproductos tenía baja productividad. Para realizar el diagnóstico elaboró un DAP, DOP y AMEF. Con base en ello, se implementó planes de mantenimiento preventivo de maquinarias. Como resultado, se logró mejorar los indicadores en los procesos de secado y pilado de arroz, haciendo que el indicador de humedad y temperatura tenga una mejora de 2,93% y un incremento en la productividad de los procesos de 35,55% tras su implementación.

De igual forma R. Cuzquen [22] realizó un diagnóstico del molino mediante encuestas a los trabajadores, además de la visualización, toma de datos y herramientas como el AMEF y árbol de fallas, también determinó la capacidad productiva de la planta, la productividad actual de 1,409 sacos/soles y eficiencia de sistema; gracias a eso, identificó que el problema principal eran las paradas no programadas de las máquinas debido a las fallas y la falta de materia prima

por humedad del arroz. Ante esto, propuso un xplan de mantenimiento y obtuvo como resultado un incremento de la productividad de 1,28% y un beneficio - costo de S/. 1,11.

Najar A. y Alvarez M. [9] en su artículo propusieron aplicar una tecnología nueva para el secado de los granos de arroz, para esto, realizó un estudio actual del diagnóstico interno de la empresa, donde el problema se encontraba en los elevados tiempos para obtener el producto final. Como resultado se obtuvo una recuperación de la inversión en 4,2 años con un VAN de S/. 107 499,00 y un xTIR de 27,4% con un beneficio-costo de S/. 1,15. El presente estudio sirve como guía para emplear una nueva técnica de secado para aumentar la producción, dando a conocer a la vez, las ventajas de dicha tecnología.

Relacionado al tema de propuestas, en la investigación, [23] presentó un plan de mantenimiento para prevenir y reducir las fallas en las máquinas de la línea de producción, para reducir tiempos de paro no programados incrementando así la productividad del molino. Para esto, realizó el diagnóstico del mantenimiento actual de la empresa, mediante las herramientas como el AMEF y obtuvo como resultado una productividad deseada de 68 sacos/hora, además de un beneficio costo de S/ 8,57. Esta investigación sirve de guía para tener en consideración esta estrategia como una opción para compararse con otras propuestas, como la de [24], en su empresa piladora y comercializadora de arroz y subproductos, el autor propone también un plan de mantenimiento preventivo, obteniendo una reducción de paros de la maquinaria, aumento en la producción en 57 173 sacos; así como un TIR de 811%; un PRI de 0,1 y un beneficio/costo de S/. 2,8.

En cambio, [25] propone un nuevo método de secado, mediante la adquisición de nueva tecnología que tuvo la empresa durante el año 2019, lo que permitió aumentar la eficiencia del proceso, reducir el cuello de botella y eliminar el tiempo ocioso. Los resultados obtenidos mostraron un incremento de la productividad en 66% de 0,15 sacos de arroz/soles a 0,25 sacos/soles, la eficiencia del proceso en 15,7% y se disminuyó la capacidad ociosa en 44%. Además de un VAN de S/. S/768 664,38, TIR 66%, y un costo-beneficio de S/. 1,94.

Por otro lado, para analizar y evaluar el costo beneficio de la propuesta [26] hizo un listado de costos y/o gastos tangibles e intangibles, así como también halló el VAN, TIR y TMAR del proyecto. Propuso la implementación de una máquina de secado, un plan de mantenimiento preventivo y un plan de capacitación de personal, obteniendo como resultados, un incremento en la eficiencia en 12,78%, la producción diaria en 22,88%, la productividad de materia prima de 0,011 a 0,014 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara, reduciendo el tiempo total de ciclo en 66,64%, y un beneficio costo de S/. 2,43.

Asimismo, [27] realizó también un análisis costo/beneficio antes y después de la mejora, calculando los ingresos de acuerdo a los indicadores con la finalidad de determinar la cantidad

a recuperar, además indicó los egresos y el costo de la inversión tangible e intangible a base de las propuestas de mejoras, luego realizó un flujo de caja con la finalidad de conocer el costo y el beneficio económico financiero mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, obtuvo un aumento en la eficiencia de planta en un 20,1%, además de la reducción del número de horas de parada por fallas en 351 horas incrementando la producción en 35 831 sacos y generando una utilidad de 193 487,68 soles, la eficiencia aumentó en 9,85%, y se obtuvo un VAN de 118 110,06 soles, el TIR de 31%, el costo - beneficio de 1,31.

Materiales y métodos

La presente investigación se basó en un enfoque cuantitativo aplicando la herramienta de recopilación de datos y cuantificarlos, para evaluar el logro de los objetivos establecidos; también debido a que se realizó cálculos para comparar los indicadores de producción actuales con los indicadores de las mejoras propuestas a la empresa. El estudio adoptó un enfoque no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente variables preestablecidas. En cuanto a su alcance, se trata de una investigación descriptiva, ya que se concentra en detallar las características y aspectos relacionados con las máquinas y equipos de la empresa. En términos de duración, la investigación es longitudinal, ya que recopila datos de la misma población en diferentes momentos durante un período definido.

La metodología utilizada contempla principalmente una revisión de literatura de artículos científicos, investigaciones y libros [1] [13] [29]. Para realizar el diagnóstico, se aplicó la metodología de ingeniería de métodos con sus técnicas de estudio de tiempos, donde se recopiló información mediante la toma de tiempos durante 5 días utilizando un cronómetro, asimismo se determinó el tiempo promedio de cada actividad y se comparó con el Time Study Manual De los Erie Works de General Electric Company [27]. De la misma forma, se recopiló información de la producción del año 2022 y se calculó actividades productivas e improductivas, así como los indicadores de productividad, capacidad, eficiencia, cuello y el tiempo ocioso de la etapa de secado en base a [25]. Por otra parte, se hizo una evaluación comparativa para saber qué tipo de metodología de mantenimiento usar y se recolectó información sobre las paradas de la maquinaria del proceso productivo teniendo en consideración la investigación [22]. Asimismo, realizó un diagrama de Ishikawa para determinar las causas que generan la baja productividad de la empresa.

Para desarrollar propuestas de mejora en el proceso de pilado, primero se llevó a cabo la propuesta del plan de mantenimiento, empleando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Asimismo, se realizó el análisis de las causas raíz de cada máquina y equipo por medio del árbol de fallas, seguidamente, se realizó el AMEF teniendo como instrumento la hoja del AMEF para analizar el modo de fallas y efectos de las máquinas: descascaradora, elevador

de cangilones, clasificadora y selectora [24]. Este plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo principal mantener en óptimas condiciones estas maquinarias, evitando así futuras reparaciones costosas. Seguidamente se procedió a calcular los nuevos indicadores de rendimiento para evaluar el impacto de las mejoras implementadas, comparando los resultados antes y después de su implementación. Posteriormente se elaboró una evaluación comparativa de dos máquinas de secado con el fin de determinar cuál sería la más adecuada para implementar. Esto permitirá medir de manera cuantitativa y cualitativa los beneficios obtenidos gracias a las mejoras en el proceso de pilado.

Para analizar el costo beneficio de las propuestas, se determinó la inversión parcial y total de las propuestas, luego se calcularon los beneficios obtenidos antes y después de la mejora del arroz pilado, además se realizó el estado resultados y flujo de caja determinado el TMAR [26], TIR, VAN y el costo beneficio.

Resultados y discusión

Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de la empresa

La empresa Agronegocios SAN FABRI SAC pertenece al sector agroindustrial, dedicada al servicio de pilado y comercialización de arroz Nir en sacos de 50 kg. La cual inició sus actividades oficialmente el 20 de marzo de 2014 con Registro Único del Contribuyente (RUC) 20572169139, ubicada en la Av. Panamericana Nte. 778, Lambayeque 14000, Perú, en el Norte del Perú.

Materia prima: Durante el año 2022 los meses que tuvieron mayor disponibilidad de materia prima en fue mayo, julio y diciembre (ver **anexo 1**).

Materiales directos. La materia prima principal es el arroz cáscara (variedad Nir) la cual ingresa al proceso de pilado de arroz, este tipo es el grano de arroz entero o pedazo que aún está revestido de una cáscara.

Materiales indirectos. Sacos, hilo, plumones.

Mano de obra: Agronegocios SAN FABRI SAC cuenta con 2 personas calificadas, y 20 no calificadas; de las cuales 14 se encargan del secado de arroz cáscara y del transporte de sacos desde el área de secado, hasta la tolva donde inicia la producción; y 6 se encargan de cargar los sacos de arroz hacia el lugar donde almacenan el producto terminado (**anexo 2**).

Maquinaria: La empresa cuenta con un total de 30 máquinas y equipos, los cuales se pueden observar en el **anexo 3**.

Proceso de Producción:

El proceso de pilado de arroz cáscara para obtener arroz blanco establecido por la empresa, está conformado por:

Recepción de materia prima: El arroz en cáscara llega al molino a través de camiones. La materia prima es descargada por trabajadores no calificados y llevado al área de la empresa donde se realiza el secado artesanal, para que esta cumpla con la cantidad de humedad debida.

Secado natural: El secado del arroz cáscara se realiza de forma natural usando mantos de polipropileno los cuales se tienden en el patio y la energía solar. Los granos de arroz llegan con 25% -35% de humedad y como el estudio se basa en la variedad de arroz Nir, la humedad necesaria para el proceso de pilado es de un 13,5% o 14% [10]. El secado dura 48 horas aproximadamente; si el tiempo de secado es menor del indicado para conseguir el % de humedad, el arroz se quiebra.

Pre limpia: El arroz con 14% de humedad es vaciado en la tolva por los operarios de la empresa, esta máquina es aspirada por un ventilador para succionar el arroz hacia la mesa de pre-limpia, la cual separa la materia prima de los materiales incompatibles con el proceso (tierra y objetos extraños).

Descascarado: La materia prima llega aquí por medio de un elevador, luego es descascarada mediante dos rodillos, obteniendo arroz integral y pajilla de arroz, la cual es expulsada fuera del proceso.

Pulido: El pulido se subdivide en dos fases, la primera consiste en que el arroz cáscara llega hasta la pulidora de piedra por medio de un elevador, esta máquina pule el arroz hasta un nivel de 60%, luego pasa por pulido de agua, donde se pule y da brillo al arroz hasta un nivel de 100%.

Zarandeado: A través de un elevador, el arroz llega y se separa las impurezas como el polvo y después el arroz cae a la zaranda, la cual separa el arroz blanco del ñelen.

Clasificado: El arroz que sale de la zaranda, se transporta a través de un elevador, el cual será clasificado en arroz entero y arroz $\frac{1}{2}$ (es envasado en sacos de 50 kg). El arroz entero y arroz $\frac{3}{4}$ continúan a la etapa de selección.

Selección: El arroz entero y arroz $\frac{3}{4}$ se someten a una selección electrónica donde se separan granos manchados y otros con defectos. Los granos que son seleccionados continúan a la etapa de envasado y el arroz rechazo y arroz $\frac{3}{4}$ se envasan en sacos de 50 kg para su posterior venta.

Envasado: Esta operación la realizan los obreros, los cuales pesan los sacos de 50 kg de arroz blanco y posterior a ello, coserlos.

Almacenamiento: Después de que los sacos son pesados y cosidos, son trasladados hacia un área que sirve como almacén, aquí se arruman en camas de 5×15 sacos de alto.

El proceso comprende una producción continua desde la recepción hasta el envasado, el cual se puede apreciar en el balance de materia (ver **anexo 4**) que además nos indica la cantidad de materia prima que ingresa y la cantidad de producto final.

Análisis del proceso de producción

En la Figura 1 se puede apreciar un diagrama analítico que muestra las actividades y los tiempos promedio registrados en las 5 muestras (ver **anexo 5**). Los resultados indican que el tiempo promedio desde la pre limpia hasta el almacenamiento es de 21,64 minutos y comparándola con el rango de muestra según la información de General Electric Company (ver **anexo 6**), el número recomendado de ciclos es 5. Por lo que se confirma que las observaciones realizadas en el estudio preliminar, es la adecuada.

Hoja N°		1 de 1		Resumen				
Nombre de la empresa		AGRONEGOCIOS SAN FABRI S.A.C.		Actividad	Simb.	Cant.	Tiempo (min)	Distancia (m)
Actividad		Producción		Operación	●	15	125.71	-
Método		Actual		Transporte	➔	9	37.27	350
Actividad		Producción de sacos de arroz de 50 kg		Almacén	▼	1	-	-
Diagramado por	Anne Villafuerte	Fecha:	16/09/2022	Inspección	■	2	2.43	-
		Fecha:	29/09/2022	Espera	⊖	1	2880.00	-
Máquinas		Varias		Combinado	■	0	-	-
Operarios		Varias		Total		28	3045.41	350
N°	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	Distancia (m)	Tiempo (min)	SIMBOLO				
1	Recepción de la materia prima	-	7.36	●				
2	Arrumado de sacos	-	10.29	●				
3	Tendido de mantos	-	15.65	●				
4	Vaciado y esparcido de arroz cáscara	-	18.40	●				
5	Trizado	-	6.36	●				
6	Secado artesanal	-	2880.00	⊖				
7	Inspección de % de humedad	-	2.16	■				
8	Llenado de sacos	-	30.39	●				
9	Traslado de sacos a la tolva	300	32.46	➔				
10	Tolva	-	20.37	●				
11	Elevador	-	0.33	●				
12	Pre limpia	-	1.06	●				
13	Elevador	-	0.34	●				
14	Descascarado	-	1.55	●				
15	Separación	-	1.20	●				
16	Elevador	-	0.29	●				
17	Pulido	-	2.14	●				
18	Elevador	-	0.35	●				
19	Zarandeado	-	1.10	●				
20	Elevador	-	0.27	●				
21	Clasificación	-	1.20	●				
22	Elevador	-	0.32	●				
23	Selección	-	7.13	●				
24	Inspección	-	0.28	■				
25	Elevador	-	0.28	●				
26	Envasado	-	1.51	●				
27	Traslado de sacos a almacen	50	2.62	➔				
28	Almacenar de P.T	-	-	▼				

Figura 1. Diagrama de análisis de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el número real de ciclos del circuito de pilado que son necesarios, se dividió en: secado, que comprende desde la recepción hasta antes de la pre limpia y el circuito de pilado, comprende desde la pre limpia hasta el traslado de sacos de arroz al almacén.

El tiempo de ciclo promedio es de 21,64 minutos, y comparándola con el rango de muestras según la información de General Electric Company (20 a 40 minutos), el número recomendado de ciclos es 5. Por lo que se confirma que las observaciones realizadas en el estudio preliminar de 5 muestras, es la adecuada.

Asimismo, mediante el cursograma analítico se muestra una representación gráfica secuencial de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes del proceso de pilado, además nos detalla información para su análisis identificando el cuello de botella siendo la etapa de secado con un tiempo de 2880 min.

Para el cálculo de indicadores actuales de producción y productividad se consideró lo siguiente:

Producción: La empresa cuenta con una jornada laboral de 10 horas al día

$$\text{Tiempo base} = 10 \text{ horas/día} = 600 \text{ minutos/día}$$

El ciclo está representado por la operación de la selección equivalente a 7,13 min (ver **anexo 6**), y la cantidad de arroz pilado que se obtiene es de 421,57 kg (ver **anexo 4**).

$$\text{Ciclo (c)} = 7,13 \text{ min}/421,57 \text{ kg de arroz pilado}$$

Además, la producción diaria es de:

$$\text{Producción} = \frac{600 \text{ min/día}}{7,13 \text{ min}/421,57 \text{ kg de arroz pilado}} = 35\,475,736 \text{ kg de arroz pilado/día}$$

Entonces, como el producto final pesa 50 kg, la producción diaria sería:

$$\text{Producción} = \frac{35\,475,736 \text{ kg de arroz pilado/día}}{50 \text{ kg}} = 710 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

Indicadores de productividad: En la piladora al día se procesa 63 113,64 kg de arroz cáscara.

$$\text{Materia Prima} = \frac{600 \text{ min/día}}{7,13 \text{ min}/750 \text{ kg de arroz cáscara}} = 63\,113,604 \text{ kg arroz cáscara}$$

La productividad respecto a la materia prima muestra por cada kg de arroz cáscara que ingresa al proceso de pilado, la empresa produce 0,012 sacos de arroz pilado.

$$P. \text{ Materia Prima} = \frac{710 \text{ sacos de arroz pilado}}{63\,113,604 \text{ kg arroz cáscara}} = 0,0112 \frac{\text{sacos de arroz pilado}}{\text{kg arroz cáscara}}$$

La productividad respecto a la mano de obra muestra que, por cada operario en una jornada laboral de 10 horas, se produce 35,5 sacos de arroz

$$P. \text{ Mano de Obra} = \frac{710 \text{ sacos de arroz pilado}}{20 \text{ operarios}} = 35,5 \frac{\text{sacos de arroz pilado diario}}{\text{operario}}$$

Para la productividad de maquinaria se tomó en cuenta la maquinaria que agrega valor al producto, obteniendo 59,17 sacos de arroz pilado por máquina.

$$P. Maquinaria = \frac{710 \text{ sacos de arroz pilado}}{12 \text{ máquinas}} = 59,17 \frac{\text{sacos de arroz pilado diario}}{\text{máquina}}$$

Productividad total: Para este indicador, se considera los costos asociados a la producción, los cuales se muestran en el **anexo 7**.

La producción de sacos de arroz pilado al año es de 255 600 unidades, por ende, la productividad total se define:

$$Productividad Total = \frac{255\,600 \text{ sacos de arroz pilado}}{S/. 557\,406} = 0,4 \frac{\text{sacos de arroz pilado}}{\text{soles}}$$

Se obtuvo que por cada sol que invierte la empresa, se obtiene 0,4 sacos de arroz pilado.

Capacidad diseñada: La piladora fue diseñada para una capacidad máxima teórica de 1100 sacos en condiciones ideales.

Capacidad real: Se consideró la cantidad máxima a la que llegó la producción en un tiempo establecido que fue de 710 sacos diarios.

Utilización:

$$Utilización = \frac{710 \text{ sacos de arroz pilado}}{1100 \text{ sacos de arroz pilado}} \times 100 = 70,90\%$$

Capacidad Ociosa:

$$Capacidad ociosa = 1100 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} - 710 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} = 390 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

Eficiencia física: Se determinó teniendo en cuenta las salidas con respecto a las entradas (ver anexo 4).

$$Eficiencia física = \frac{421,57 \text{ kg de arroz pilado}}{750 \text{ kg de arroz cáscara}} \times 100 = 56,20\%$$

Se aprovecha el 56,20% de toda la materia prima que ingresa, en otras palabras, se obtiene 56,20 kg de arroz pilado por cada 100 kg de arroz cáscara y 43,80 kg de subproductos y desechos.

Asimismo, se determinó la eficiencia mensual del proceso de pilado del año 2022 como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1. Eficiencia promedio en 2022

Mes	Arroz pilado (kg)	Materia prima (kg)	Eficiencia
Enero	131203	231788	56,60%
Febrero	112210	220538	50,88%
Marzo	121987	224008	54,46%
Abril	211811	372990	56,79%
Mayo	247541	413720	59,83%
Junio	185264	319944	57,91%
Julio	273462	431641	63,35%
Agosto	195447	332758	58,74%
Setiembre	223541	395601	56,51%
Octubre	218957	391136	55,98%
Noviembre	102631	225528	45,51%
Diciembre	198184	345934	57,29%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra la eficiencia molinera de la empresa. La mayor registrada es del mes de julio con 63,35%, la cual se encuentra por debajo de la eficiencia promedio a nivel nacional.

La eficiencia calculada de 56,20% se usará para comparar con la eficiencia a nivel nacional, existiendo una diferencia de 13,80%. Esto quiere decir que, por cada 100 kilogramos de arroz cáscara, la empresa produce 13,80 kg más de subproductos que el promedio nacional. Lo que muestra que la empresa tiene una baja eficiencia del proceso de pilado de arroz.

Cuello de botella y tiempo total de ciclo:

Cuello de botella = 2880 minutos

Tiempo de ciclo = 3045,41 minutos

Análisis del tiempo ocioso

El cuello de botella del proceso de pilado de arroz es el secado artesanal (ver **anexo 6 y 8**) con un tiempo promedio de 2880 minutos y se considera un tiempo ocioso debido a que no interviene mano de obra en la etapa. La falta de tecnología es la principal causa de los largos tiempos que se observan en el proceso. Según una entrevista que se realizó a La Asociación Peruana de Molineros de Arroz (APEMA) [28], se indica que las empresas con tecnología en la etapa del secado operan en un tiempo promedio de 180 minutos, mientras que la empresa en cuestión tiene un tiempo de secado de 769,6 minutos, lo que representa una gran diferencia en comparación con las empresas que cuentan con tecnología en esta etapa.

La tabla 2 presenta un resumen de los indicadores relacionados con la producción, productividad, capacidad, eficiencia y cuello de botella:

Tabla 2. Resumen de indicadores de producción y productividad

PRODUCCIÓN	
Producción diaria	710 sacos de arroz pilado/día
PRODUCTIVIDAD	
Productividad de Materia Prima	0,0112 sacos de arroz pilado/arroz cáscara
Productividad de Mano de Obra	35,5 sacos de arroz pilado/operario
Productividad de Maquinaria	59,17 sacos de arroz pilado/máquina
Productividad Total	0,4 sacos de arroz pilado/soles
CAPACIDAD	
Capacidad diseñada	1100 sacos de arroz pilado/día
Capacidad real	710 sacos de arroz pilado/día
Utilización	70,90%
Capacidad Ociosa	390 sacos de arroz pilado/día
EFICIENCIA	
Eficiencia Física	56,20%
CUELLO DE BOTELLA Y TIEMPO DE CICLO	
Cuello de Botella	2880 minutos
Tiempo total de Ciclo	3045,41 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Maquinaria y equipos Durante el periodo de enero-diciembre del 2022 se registraron 53 fallas en la maquinaria utilizada en el proceso de pilado de arroz como se observa en la tabla 3 y se especificó cada motivo de falla en un análisis de modo y efectos de falla (AMEF) con la finalidad de identificar los modos y efectos de falla de cada máquina para poder calcular el NPR inicial (número de prioridad de riesgo). Seguidamente, se recomendaron acciones, se asignaron responsables y se calculó nuevamente el NPR con las propuestas (ver **anexo 9 al 12**).

Tabla 3. Número de fallas de maquinaria del proceso de pilado

Maquinaria	Función	Nº de fallas	Tiempo total de paro (horas)	Motivo de falla	Tipo de mantenimiento
Descascaradora	Separar la cáscara del arroz integral	16	425	Desgaste en los rodamientos	Mantenimiento correctivo
				Desgaste excesivo de la rejilla del descascarado	
				Falla de porta rodajes	
				Desgaste excesivo de la rejilla del descascarado	
Clasificadora	Separar el arroz entero del arroz mixto	21	52	Desgaste de mallas	Mantenimiento correctivo
				Desajuste en la velocidad de alimentación	
				Filtros de aire obstruidos	
				Ruptura de fajas	
				Tensión inadecuada de la faja	
Selectora	Separar el arroz entero del arroz mixto	4	11	Desgaste de mallas	Mantenimiento correctivo
				Desgaste rodamientos	
				Obstrucción en tolvas de entrada	
				Obstrucción en filtros de aire	
Elevador	Transportar el arroz de una etapa a otra	12	25	Desgaste de tarjetas electrónicas	Mantenimiento correctivo
				Desgaste de eyectores	
				Rotura de la faja	
				Sobre carga del motor eléctrico	
				Desgaste de chumaceras	
		53	513	Rotura de los selladores	
				Desgaste de rodamientos	

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de mantenibilidad

Existen indicadores cruciales que desempeñan un papel fundamental en la evaluación y gestión eficiente de los procesos de mantenimiento. Estos indicadores son el Tiempo Medio Para Reparar (MTTR) y el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF). Para calcular con precisión estos indicadores, es esencial considerar varios parámetros clave, que incluyen el Tiempo Entre Fallas (TBF), el Tiempo para Reparar (TTR), el Tiempo Total Programado y el número de fallas ocurridas durante un período determinado. La aplicación de las fórmulas pertinentes que involucran estos parámetros permite determinar la mantenibilidad, la disponibilidad y la confiabilidad de un sistema o equipo en particular.

Tabla 4. Indicadores de confiabilidad y mantenibilidad

MÁQUINA	TIEMPO PROGRAMADO (h)	Σ TTR (h)	Σ TBF (H)	NÚMERO DE FALLAS (N)	MTBF (h)	MTTR (h)	MTBF (días)	MTTR (días)
Descascaradora	3360	425	2935	16	183,44	26,56	18,34	2,66
Clasificadora	3360	52	3308	21	157,52	2,48	15,75	0,25
Selectora	3360	11	3349	4	837,25	2,75	83,73	0,28
Elevador	3360	25	3335	12	277,92	2,08	27,79	0,21

Fuente: Elaboración propia.

Selección de metodología:

Para decidir qué alternativa de mantenimiento utilizar, se examinaron tres opciones (RCM, TPM y CBM) considerando tres factores (Factor A: Costos de implementación, Factor B: Duración de la implementación, Factor C: Beneficios). Este proceso se llevó a cabo mediante el uso de la metodología de análisis jerárquico desarrollada por Thomas L. Saaty. **Anexo 13**

Después de haber evaluado cada alternativa para cada criterio, se presenta el resultado final que resume la ponderación de cada alternativa en función de los criterios evaluados.

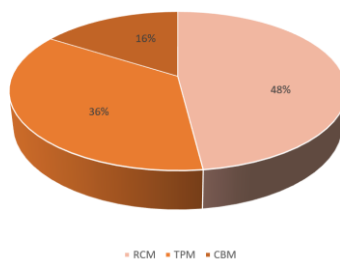


Figura 2. Resultado final

Fuente: Elaboración propia

Identificación de problemas en el proceso de producción y sus causas

Para llevar a cabo el análisis y la evaluación de la información obtenida en el diagnóstico, se empleó el diagrama de Ishikawa, el cual se encuentra representado en el **anexo 14**.

Identificación de las causas de la baja productividad y propuestas de mejora:

Causa 1: El método de secado de arroz de la empresa

Este se considera tiempo ocioso ya que realiza de manera artesanal (ver **anexo 8**), empleando mayor cantidad de mano de obra, generando más desperdicios y representando costo de tiempo ocioso (ver **anexo 15**). Para esto, se propone la implementación de una secadora industrial como solución a este problema. La adopción de tecnología especializada podría mejorar significativamente la eficiencia del proceso, minimizar la generación de desperdicios y reducir los costos de tiempo muerto en el futuro.

Causa 2: Fallas y paradas de maquinaria en el proceso de pilado

La empresa carece de un programa de mantenimiento preventivo, lo que resulta en paradas no planificadas y la necesidad de gastar en mantenimientos correctivos (ver **anexo 16**). Para abordar esta situación, se sugiere implementar un plan de mantenimiento preventivo. Este enfoque proactivo puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso y reducir el riesgo de interrupciones imprevistas en el futuro.

Causa 3: Baja eficiencia en comparación con el promedio nacional

Se ha identificado que la eficiencia del proceso de pilado es notablemente inferior al promedio nacional [6], lo que ha provocado ingresos no percibidos a la empresa (ver **anexo 17**). Para abordar este problema, se sugiere explorar la posibilidad de implementar tecnología en la etapa de secado como una posible solución. Esta medida podría mejorar la eficiencia del proceso y aumentar la productividad de la empresa.

Tabla 5. Ponderación de problemas

Ponderación de causas	Problema	Pérdida económica	%	Mejora	Clasificación
Variabilidad % de humedad Retraso de producción Tiempo ocioso Fallas en la maquinaria	Baja producción del proceso	S/ 954 154,80	67%	Implementación de secadora industrial	A
Falta de tecnología adecuada Tiempos muertos Paradas no programadas Falta de mantenimiento Falta de tecnología	Desperdicio	S/ 461 291,78	33%	Mantenimiento preventivo	B
TOTAL		S/ 1 415 446,58			

Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de mejora para el proceso productivo de la empresa SAN FABRI SAC:

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

Propuesta 1: Implementación de una secadora industrial

El proceso de secado del grano de arroz es crucial durante el proceso de pilado y tiene un

impacto significativo en la calidad del producto final y el porcentaje de quebrado que se obtiene. En la empresa SAN FABRI SAC, actualmente utilizan un método de secado artesanal que resulta costoso en términos de recursos. Este proceso genera un cuello de botella en la etapa de secado, que puede durar hasta 2880 minutos o incluso varios días dependiendo de las condiciones climáticas. Para abordar este problema y aumentar la producción mientras se reducen los costos y el tiempo requerido, se están considerando cambios en el proceso de secado, incluyendo la implementación de nuevas tecnologías.

Con el objetivo de obtener el máximo beneficio, es importante considerar factores como el consumo de energía, marca, especificaciones técnicas, capacidad, costo de inversión y tipo de combustible al adquirir tecnología adecuada para la capacidad de procesamiento. Se propone mejorar el proceso de secado mediante la implementación de una máquina de secado industrial de la marca SuperBrix, lo que permitirá reducir el cuello de botella y responder a una producción más ajustada en la empresa. A continuación, se presenta la máquina propuesta para realizar el secado industrial en la empresa SAN FABRI SAC.

Evaluación de maquinaria a implementar en el proceso:

Mediante la incorporación de la maquinaria se espera resolver una porción significativa del problema existente. Para evaluar su efectividad, se llevará a cabo un análisis mediante una matriz ponderada que tendrá en cuenta los criterios seleccionados previamente, tal y como se puede observar en la tabla 5. Estos criterios se consideraron en base a las investigaciones de [20], [24] y [25].

Tabla 6. Matriz de valoración

CRITERIO	Consumo de energía	Marca	Especificaciones técnicas	Capacidad de producción	Costo de inversión	Tipo de combustible	TOTAL	PESO
Consumo de energía		0	1	1	0	0	2	15,4%
Marca	0		0	0	1	1	2	15,4%
Especificaciones técnicas	1	1		1	0	0	3	23,1%
Precio	1	0	1		1	0	3	23,1%
Instalación	0	1	0	1		0	2	15,4%
Tipo de combustible	0	1	0	0	0		1	7,7%
			TOTAL				13	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la matriz, se observa que los criterios más relevantes a tener en cuenta son las especificaciones técnicas y el precio con un peso del 23%.

Con base a estos criterios y sus respectivos porcentajes, se procederá a la selección de la maquinaria más adecuada.

La opción 1 es una secadora Mega Beta modelo ST 0035B, el secador de granos utiliza un método único de admisión de aire caliente para permitir el aire se distribuya uniformemente en cada esquina, asegurando la calidad del grano seco. (ver **anexo 18**).

Como opción 2 se tiene una secadora de Torre SuperBrix ST AX, conjuntamente con un horno quemador de biomasa TEO IV/1000. El horno quemador de biomasa se utiliza como generador de calor para el acondicionamiento del aire en los procesos de secado en las plantas de secado de cereales. Este tipo de secador es amigable con el medio ambiente y elimina el consumo de combustibles fósiles tales como el diesel o el gas natural. Además, permiten optimizar los costos de operación, reducir el consumo de energía y maximizar la calidad del producto terminado. (ver **anexo 19**).

Tabla 7. Secador Mega vs Secadora de Torre

Descripción	Secadora Mega	Secadora de Torre
Modelo	ST 0035B	ST AX
Marca	Mega	SuperBrix
Inversión/Precio	\$75 000	\$60 000
Capacidad de secado	6t/h	10 t/h
Combustible	Biomasa y energía eléctrica	Biomasa y energía eléctrica
Costo de operación	\$10 000	\$10 000
Beneficios	*Secado uniforme. *Bajo costo de mantenimiento. *Se tiene opción de ampliar su capacidad.	*Secado uniforme. *Control de operación. *Fácil operación. *Bajo costo de mantenimiento. *Mayor estabilidad en la temperatura de secado. *Amigable con el medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

Tras llevar a cabo una evaluación comparativa, se ha determinado que la secadora de Torre ST AX es la alternativa más adecuada para satisfacer las necesidades de la piladora. Esta se destaca por su bajo costo operativo al emplear biomasa como combustible y garantizar una eficaz remoción de humedad en el arroz, maximizando la calidad del producto final. Además, la empresa dispone del espacio adecuado para instalar la secadora industrial y la capacidad de biomasa necesaria para operarla, validada por la división de 4 354,83 kg/h y la eficiencia del 69%. Esto se traduce en la necesidad de utilizar 6 311,34 kg de arroz cáscara para iniciar el proceso, cantidad que la empresa si dispone para usar.

Propuesta 2: Plan de mantenimiento preventivo

Para lograr una operación eficiente y segura de la maquinaria involucrada en el proceso de pilado de arroz, se busca garantizar su disponibilidad y confiabilidad operacional, evitando paradas innecesarias que provocan que no se logre producir la meta mensual, lo que a su vez resultaría en una disminución de la productividad. Es importante que se realice un mantenimiento adecuado y regular para asegurar que la maquinaria se encuentre siempre en óptimas condiciones de funcionamiento.

Después de realizar el diagnóstico se determinó que las máquinas que necesitaban un plan de mantenimiento. Asimismo, se elaboró un cronograma anual con cada actividad planteada, que será

aprobada por el jefe de planta y administrador, teniendo la aceptación se procede a realizar las actividades y para tener un control adecuado de cumplimiento.

Las actividades de mantenimiento destinadas a las máquinas se llevarán a cabo en diferentes periodos según la naturaleza de la actividad. Estos periodos pueden ser diarios, semanales, semestrales, mensuales, trimestrales y anuales. El encargado de mantenimiento y dos técnicos serán los responsables designados para llevar adelante estos procedimientos de acuerdo a las especificaciones estipuladas y el cronograma.

Se procedió a elaborar los planes de mantenimiento para cada máquina crítica que se puede apreciar del **anexo 20 al 23**, donde se incluye la actividad a realizar, los materiales y herramientas necesarias, la frecuencia con la que se realiza, el tiempo aproximado de trabajo y el personal encargado. Para determinar los tiempos de duración de actividad de mantenimiento, se tomaron en cuenta los antecedentes [23], [24] y [25] que realizaron también un plan de mantenimiento en una empresa del mismo rubro.

Por último, considerando la frecuencia de las actividades establecidas en el plan de mantenimiento, se ha elaborado el cronograma anual correspondiente (**anexo 24**) y en el **anexo 25**, se presenta la documentación del plan de mantenimiento, especificando objetivos, alcance, responsabilidades, documentos aplicables, descripción, registro y hoja de control de cambios, al igual que el instructivo de capacitación para el empleo de la nueva máquina.

Análisis de los tiempos después de la mejora:

Validación de la muestra: Para corroborar la muestra, se llevará a cabo una división del proceso en dos etapas, tal y como se realizó durante el diagnóstico.

Proceso de secado: Engloba las actividades desde la recepción y pesaje, hasta el traslado a la etapa de prelimpia.

Circuito de pilado: Comprende las labores desde la prelimpieza, hasta el almacenamiento de los sacos de arroz pilado de 50 kg.

El circuito de pilado será utilizado para determinar la cantidad de ciclos necesarios, basándose en [28] (**anexo 5**). Esto permite comprobar si la muestra es apropiada.

Cabe destacar que la implementación de la secadora industrial permite reducir el tiempo de secado a 60 minutos (**anexo 19**) y aumenta la eficiencia del pilado en un 69%, según lo indicado por [5]. Para ello se tomarán en cuenta los registros del balance de materia (**anexo 4**) y con los nuevos datos y mismas fórmulas se calcularon los indicadores después de la mejora, cuyos cálculos se puede apreciar en el **anexo 26**.

Cuadro comparativo de indicadores

Tabla 8. Resumen de indicadores

Indicador	Situación actual	Situación con la mejora	Variación
PRODUCCIÓN			
Producción diaria	710 sacos de arroz pilado/día	870 sacos de arroz pilado/día	22,54%
PRODUCTIVIDAD			
Productividad de Materia Prima	0,0112 sacos de arroz pilado/arroz cáscara	0,01378 sacos de arroz pilado/arroz cáscara	23,04%
Productividad de Mano de Obra	35,5 sacos de arroz pilado/operario	62,14 sacos de arroz pilado/operario	75,04%
Productividad de Maquinaria	59,17 sacos de arroz pilado/máquina	66,92 sacos de arroz pilado/máquina	13,10%
Productividad Total	0,4 sacos de arroz pilado/soles	0,66 sacos de arroz pilado/soles	65,00%
CAPACIDAD			
Capacidad diseñada	1100 sacos de arroz pilado/día	1100 sacos de arroz pilado/día	0,00%
Capacidad real	710 sacos de arroz pilado/día	870 sacos de arroz pilado/día	22,54%
Utilización	70,9%	79,09%	11,55%
Capacidad Ociosa	390 sacos de arroz pilado/día	230 sacos de arroz pilado/día	-69,57%
EFICIENCIA			
Eficiencia Física	56,20%	69,00%	22,78%
CUELLO DE BOTELLA Y TIEMPO DE CICLO			
Cuello de Botella	2880 minutos	60 minutos	-97,92%
Tiempo total de Ciclo	3045,41 minutos	225,4 minutos	-92,60%
TIEMPO DE PARADA			
Tiempo de parada	513 horas	156 horas	-69,59%
DISPONIBILIDAD			
Disponibilidad	85%	95%	11,76%

Fuente: Elaboración propia.

El aumento de la productividad total de la empresa AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC, se muestra en la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{Productividad total} = \frac{(0,66 - 0,4)}{0,4} = 65\%$$

Como resultado de la implementación de las propuestas de mejora, la productividad de la empresa Agronegocios SANFABRI SAC podría aumentar en un 65%.

Análisis costo – beneficio

El propósito final de esta investigación implica evaluar minuciosamente el análisis de la relación entre costos y beneficios de las propuestas de mejora. Esto comprenderá un desglose completo de los beneficios económicos que aportarán las propuestas a la empresa SAN FABRI SAC, así como los costos asociados a la implementación de estas mejoras.

Pronóstico de materia prima y subproductos:

Se llevó a cabo para el periodo 2023-2029, teniendo en cuenta datos históricos (**anexo 27**) y utilizando un enfoque de previsión basado en la regresión lineal. Se obtuvo un coeficiente de determinación (R²) de 0,7692, lo cual se considera aceptable debido a su proximidad a 1, indicando un alto grado de fiabilidad en las cantidades pronosticadas para un período de 7 años en la empresa, considerando la MP, los subproductos como arrocillo, polvillo, ñelen y rechazo. Se optó por el método de regresión lineal debido a que los acopios de materia prima presentan un comportamiento creciente y lineal, lo que lo convierte en el enfoque más adecuado. Además, como empresa de procesamiento de arroz pilado, el precio suele mantenerse constante debido a su

demanda predecible. Por lo tanto, es apropiado utilizar un modelo con un MAPE muy bajo, del 4%, lo que indica un error de pronóstico del 4% (ver **Anexo 28**).

Beneficio antes y después de la mejora:

El beneficio de la propuesta se refleja en la disminución del tiempo perdido debido a fallas en la maquinaria, gracias al mantenimiento preventivo se disminuye el tiempo de parada lo que resulta en un aumento de la producción a 870 sacos, con un ingreso mayor en S/38 400 mensuales. Asimismo, la implementación de la secadora redujo el tiempo ocioso, pues se tienen mayor cantidad de horas productivas logrando un ahorro de S/ 41 328 mensuales.

Para determinar los beneficios antes y después de las mejoras, se tuvo en cuenta que el precio por pilado es de 8 soles/saco, subproductos como arrocillo: 7,2 soles/saco, polvillo: 3,2 soles/saco y rechazo: 6 soles/sacos (**anexo 29**).

Además, para el cálculo de los ingresos por arroz pilado, se tomaron en cuenta los niveles de eficiencia, que eran del 56,2% antes de las mejoras y del 69% después de las mismas. En el caso de los subproductos, la eficiencia fue del 43,8% antes y del 31% después.

Tabla 9. Beneficios antes y después de la mejora

Periodo	Ingreso de servicio de pilado de arroz y subproductos (soles)					
	ANTES DE MEJORA		DESPUÉS DE MEJORA		INCREMENTO	
2023	S/	264 672,66	S/	312 521,79	S/	47 849,13
2024	S/	278 229,33	S/	329 905,64	S/	51 676,31
2025	S/	291 786,00	S/	347 289,49	S/	55 503,49
2026	S/	305 342,67	S/	364 673,34	S/	59 330,67
2027	S/	318 899,34	S/	382 057,19	S/	63 157,85
2028	S/	332 456,01	S/	399 441,03	S/	66 985,03

Fuente: Elaboración propia

Gastos y/o gastos tangibles:

Compra de secadora industrial: La incorporación de tecnología destinada a la fase de secado implica la obtención de una secadora, un horno quemador de biomasa, silos de almacenamiento, elevadores de cangilones y una faja transportadora. Esto tiene como resultado la disminución del tiempo de inactividad, la reducción de los costos relacionados con el tiempo ocioso y una mayor disponibilidad de materia prima seca. La inversión total asciende a \$ 120 322,36 (ver **anexo 30**). Asimismo, la cotización se muestra en el **anexo 31**.

Plan de mantenimiento: Es de vital importancia llevar a cabo un mantenimiento preventivo con el fin de minimizar el número de posibles fallos, el cual tiene un costo de implementación total de S/.15 821,32 (**anexo 32**) y el beneficio económico derivado de la implementación del programa de mantenimiento se traduce en la diferencia entre las pérdidas de utilidad causadas por el mantenimiento correctivo y las del mantenimiento preventivo, que se estima en S/. 248 472, como se detalla en el **anexo 33 y 34**.

Resumen

En el **anexo 35** se presenta un resumen de los costos de inversión y los beneficios obtenidos, que serán empleados en la elaboración del estado de resultados y el flujo de caja.

Flujo de Caja

De acuerdo con la información proporcionada por la SUNAT [30], el porcentaje de depreciación asignado a la maquinaria, clasificada como bienes de maquinaria y equipos, es del 20%. En cuanto a la determinación de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR), se ha tenido en cuenta la tasa de inflación del 5.58% y el riesgo país del 7.4% [31]. El cálculo del TMAR se realizó utilizando la siguiente fórmula [32]: $TMAR = Tasa\ de\ inflación + Prima\ por\ riesgo$. Como resultado de este cálculo, se obtiene un 12.98%.

Tabla 10. Estado de resultados y Flujo de caja

Estado de resultados												
Año	0	1	2	3	4	5	6					
Ingresos	S/	296 321,13	S/	311 137,19	S/	326 694,05	S/	343 028,75	S/	360 180,19	S/	378 189,20
Costos operativos	S/	15 821,32	S/	16 612,39	S/	17 443,01	S/	18 315,16	S/	19 230,91	S/	20 192,46
Depreciación	S/	91 204,35	S/	91 204,35	S/	91 204,35	S/	91 204,35	S/	91 204,35	S/	91 204,35
GAV	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-
Utilidad antes de impuestos	S/	189 295,46	S/	203 320,45	S/	218 046,69	S/	233 509,24	S/	249 744,92	S/	266 792,39
Impuestos (29.5%)	S/	55 842,16	S/	59 979,53	S/	64 323,77	S/	68 885,23	S/	73 674,75	S/	78 703,75
Utilidad después de impuestos	S/	133 453,30	S/	143 340,92	S/	153 722,92	S/	164 624,02	S/	176 070,17	S/	188 088,63
Flujo de caja												
Año	0	1	2	3	4	5	6					
utilidad después de impuestos	S/	133 453,30	S/	143 340,92	S/	153 722,92	S/	164 624,02	S/	176 070,17	S/	188 088,63
Inversión	S/	456 021,74	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-	S/	-
Año	0	1	2	3	4	5	6					
FNE	-S/	456 021,74	S/	224 657,65	S/	234 545,27	S/	244 927,27	S/	255 828,37	S/	267 274,52
VAN	S/	532 912,91										
TIR		47,48%										
PRI		2,77										
COK		12,98%										
Año	0	1	2	3	4	5	6					
Ingresos	S/	296 321,13	S/	311 137,19	S/	326 694,05	S/	343 028,75	S/	360 180,19	S/	378 189,20
Egresos	S/	456 021,74	S/	71 663,48	S/	76 591,92	S/	81 766,78	S/	87 200,38	S/	92 905,67
VAN Ingresos	S/	1 320 609,20										
VAN Egresos	S/	787 696,30										
B/C					1,68							

Fuente: Elaboración propia.

Discusión de resultados

En relación al análisis de la situación actual de la empresa piladora de arroz, se ha empleado herramientas tales como la toma de tiempos, DAP, DOP, AMEF y el Diagrama de Ishikawa, con el propósito de identificar las principales causas subyacentes a la baja productividad en la empresa, esta metodología concuerda con lo indicado por [21] [22]. Durante el estudio realizado a SAN FABRI SAC, se evidenció que la productividad global actual era de 0,4 sacos de arroz pilado/sol, y la eficiencia de proceso de 56,20%. Además, el cuello de botella se encontraba en la etapa de secado, con un tiempo de 2880 minutos. Este hallazgo es coherente con la investigación llevada a cabo por [18], quien también identificó esta fase como crítica en su estudio debido a la ejecución manual de la misma, con una productividad actual de 0,29 sacos de arroz/sol y un cuello de botella de 623 minutos. Esto se correlaciona con las conclusiones de investigaciones previas, como las de [17] y [19], quienes han señalado que el secado artesanal conlleva tiempos muertos y afecta negativamente la calidad del grano de arroz final. Además, se ha observado que las máquinas que se detienen con mayor frecuencia son la descascaradora, clasificadora, selectora y elevador de cangilones.

Como resultado de las propuestas de mejora, como la implementación de tecnología y un plan de mantenimiento preventivo se lograron mejoras notables en los indicadores de producción y productividad. La secadora industrial aumentó la productividad global a 0,66 sacos de arroz pilado/soles, y la eficiencia se elevó a 69%. Estos resultados pueden compararse con la investigación realizada por [26], que utilizó una metodología similar, y obtuvo una productividad de 0,32 sacos de arroz/sol y una eficiencia del 56,22%. Cabe mencionar que el plan de mantenimiento preventivo ayudó a mejorar la productividad y reducir el tiempo de ciclo a 225,4 min y la capacidad ociosa a 230 sacos de arroz pilado/día tal como lo menciona [25] en su estudio, revelando una productividad de 0,25 sacos de arroz pilado por sol, con un aumento del 66%; y [23] que obtuvo una productividad de 68 sacos/hora. Aunque sus productividades totales mejoradas son mayores, el incremento en cantidad de sacos es menor que el de SAN FABRI SAC.

Según [9], el cuello de botella también es el proceso de secado, pero lograron una reducción del 98,7% al adoptar una producción más limpia. Por su parte, [22] registró una reducción del 93,75% con un tiempo total de ciclo de 302,42 minutos. En este caso, la reducción del cuello de botella fue mayor y el tiempo de ciclo más largo en comparación con SAN FABRI SAC. Las propuestas de mejora contribuyeron significativamente a la mejora de indicadores de productividad de la empresa, estos resultados pueden compararse con la investigación de [29],

donde las propuestas de mejora lograron aumentar la productividad en un 46,48%, alcanzando el nivel deseado según MINAGRI.

El análisis de costo-beneficio revela un valor viable, con un valor de S/. 1,68, lo que significa que por cada sol invertido se genera un incremento de S/. 0,68. Este resultado es consistente con las investigaciones previas realizadas por [25] y [27], quienes lograron una ganancia por cada sol invertido de S/. 0,94 y S/. 0,31, respectivamente. Esto demuestra de forma clara y sólida la viabilidad económica del proyecto.

Conclusiones

La propuesta de mejora en el proceso de pilado en la empresa Agronegocios SAN FABRI SAC logró aumentar la productividad total un 65%.

Tras realizar el diagnóstico, se observó que la empresa presentó una producción de 710 sacos, una productividad de 0,4 sacos de arroz pilado/soles, una utilización de capacidad del 70,9%, y se identificó un cuello de botella en la etapa de secado con una duración de 2880 minutos. Además, se registró una eficiencia del proceso del 56,20%. Asimismo, se detectaron interrupciones en el proceso debido a fallas en la maquinaria, que generaron 513 horas de paradas no programadas y pérdidas por un valor de S/. 40 896.

En relación a las propuestas planteadas para abordar las causas raíces identificadas en el diagnóstico, se optó por la adopción de tecnología en la etapa de secado, en concreto, la incorporación de la secadora Torre St ax, logrando un aumento significativo en la producción a 870 sacos de arroz pilado, una disminución del tiempo de ciclo en 92,6%, una mejora en la productividad global a 0,66 sacos de arroz pilado/soles, así como la reducción de la capacidad ociosa en 69,57%. La eficiencia del proceso aumentó a 69%, alineándose con el promedio nacional. Además, se propuso un plan de mantenimiento preventivo que redujo las interrupciones operativas a 156 horas anuales e incrementando la productividad de maquinaria en un 13,10%.

El análisis costo-beneficio del proyecto mostró su viabilidad, generando un retorno de 0,68 soles por cada sol invertido en la empresa. Los indicadores financieros respaldan esta rentabilidad, con un valor actual neto de S/. 532 912,91, una tasa interna de retorno del 47,48%, un TMAR del 12,98%, y un periodo de retorno de inversión de 3 años.

Recomendaciones

Se recomienda la implementación de la metodología 5S, la cual contribuirá al orden y la limpieza en la empresa, garantizando así buenas prácticas de trabajo y condiciones ergonómicas óptimas para mejorar el ambiente laboral en la empresa. Esto, a su vez, impulsará la eficiencia en el proceso de pilado y resultará en un aumento de la producción.

Se sugiere la propuesta de mantenimiento predictivo, que tiene la capacidad de anticipar fallos inminentes y tomar acciones antes de que ocurran, sin interferir en el proceso de pilado de arroz. Esta medida busca aumentar la productividad de la empresa.

Como se propuso la implementación de la secadora industrial, se recomienda realizar una investigación enfocada específicamente en la redistribución de planta.

Finalmente, se recomienda la implementación de un sistema de gestión de calidad integral y un programa de control de plagas como un enfoque esencial para mejorar la productividad y la calidad de los productos. Un sistema de gestión de calidad como la ISO 9001, garantizará la consistencia en la producción y promoverá la mejora continua, mientras que un programa de control de plagas efectivo reducirá las pérdidas y garantizará la integridad del producto final. Esta estrategia no solo optimizará la operación del molino, sino que también fortalecerá su competitividad en la industria del arroz.

Referencias

- [1] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Observatorio de Commodities-Arroz,» 2022. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3444254/Commodities%20Arroz%3A%20ene-mar%202022.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [2] C. León, «Agraria,» 2022. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-arroz-pilado-alcanzo-las-513-7-millone-29484>. [Último acceso: 2023].
- [3] J. León, *MIDAGRI: El arroz se ha constituido en el primer cultivo agrícola en importancia por su aporte a la generación del VBP agrícola*, Agraria, 2020.
- [4] MIDAGRI, «La Cadena Alimentaria del Arroz,» [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/26-sector-agrario/arroz>. [Último acceso: 2023].
- [5] MIDAGRI, «La Agroindustria Molinera,» [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/26-sector-agrario/arroz/223-la-agroindustria>. [Último acceso: 2023].
- [6] L. Vela, *Nivel de competencia del sector molinero en el departamento de Lambayeque*, Lambayeque, 2017.
- [7] Andina Agencia peruana de noticias, «El 70 % de la planta arroceras del Perú opera en la región Lambayeque,» [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-el-70-de-planta-arrocera-del-peruopera-la-region-lambayeque-505077.aspx>. [Último acceso: 2023].
- [8] G. Martínez, *Determinación de parámetros óptimos durante el secado artesanal de arroz Paddy de variedad Nir*, Lambayeque, 2021.
- [9] C. Najar y J. Álvarez, «Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz,» *Industrial Data*, vol. 10, nº 1, pp. 22-32, 2007.
- [10] Rice Knowledge Bank, *Best Practices in Rice farming*, 2020.
- [11] G. Marsans, *Sistemas o Métodos de Secado no Convencional*, Buenos Aires, 1984.
- [12] C. Méndez, *Guía para elaborar de Diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas*, 1995.
- [13] R. Carro y D. Gonzáles, *Productividad y competitividad*, 2012.

- [14] F. Gómez, Tecnología del mantenimiento industrial, España: Universidad de Murcia, 1998.
- [15] J. Calloni, Mantenimiento Preventivo, Alsina, 2013.
- [16] P. Keat y P. Young, Managerial economics: economic tools today's decision makers, 4ta edición ed., P. Education, Ed., 2004.
- [17] J. Thompson, Z.Pan y S.Amaratunga, «Relationship between rice sample milling, conditions and milling quality,» 2007.
- [18] M. Irigoín, «Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz para incrementar la productividad de empresa Agroindustrias Molinera Santa Fe SAC,» Chiclayo, 2023.
- [19] P. Xangsayasane, «Rice milling quality as affected by drying method and harvesting time during ripening in wet and dry seasons,» University of Queensland, 2018.
- [20] S. Ventura, «Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa molino Grano Dorado SAC para reducir costos de producción,» Chiclayo, 2021.
- [21] D. Morán, «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,» Lima, 2022.
- [22] E. Cuzquen, «Plan de mejora en el proceso de producción para incrementar la productividad de la piladora "El Marañón",» Chiclayo, 2019.
- [23] C. Monsalve, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino el Chamesino S. A. C. para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2020.
- [24] D. Timoteo, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas,» Chiclayo, 2022.
- [25] R. Olivera, «Propuesta de mejora en el proceso de pilado de arroz en la piladora El Misti SAC para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2022.
- [26] J. Muñoz, «propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Chiclayo S.A.C. para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2019.
- [27] K. Bereche, «propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa el Molino del Agricultor SAC para incrementar la eficiencia,» Chiclayo, 2020.
- [28] General Electric Company, *Time Study Manual*, New York.
- [29] R. Reaño, «Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de pilado de arroz en el Molino Latino S.A.C,» Chiclayo, 2015.

- [30] SUNAT, «INFORME N° 196-2006-SUNAT/2B0000,» Lima, 2006.
- [31] Alerta Financiera, «Riesgo país de Perú llegó a su nivel más bajo del año,» Lima, 2023.
- [32] M. Navarro, «Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR),» [En línea]. Available: <https://1library.co/document/dy44715ytasa-minima-aceptable-rendimiento-tmar-unidad-iii-tmar.html>.

Anexos**CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA**

Ing. Marcos Gregorio Baca López

Director de Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Asunto: Aceptación de desarrollo de tesis de pregrado

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted en nombre de la empresa AGRONEGROCIOS SAN FABRI S.A.C. El motivo de la presente es para dar respuesta a la solicitud del desarrollo de tesis de la estudiante Anne del Milagro Villafuerte Meza con código universitario 191VP88120, alumna de la escuela profesional de Ingeniería Industrial, para el cual se le brindará la información que requiera durante el periodo que sea necesario para que concluya satisfactoriamente su investigación.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal

Atentamente

AGRONEGROCIOS SAN FABRI S.A.C.

Norma Socorro Sánchez
GERENTE GENERAL

Anexo 1. Materia Prima utilizada en 2022

Mes	Materia prima (kg)
Enero	231 788
Febrero	220 538
Marzo	224 008
Abril	372 990
Mayo	413 720
Junio	319 944
Julio	431 641
Agosto	332 758
Setiembre	395 601
Octubre	391 136
Noviembre	225 528
Diciembre	345 934

Fuente: AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC. Elaboración Propia

Anexo 2. Pago mensual del operario

Número de operarios	Costo por hora	Pago mensual/operario
20	S/. 1,4	S/. 1 126,5

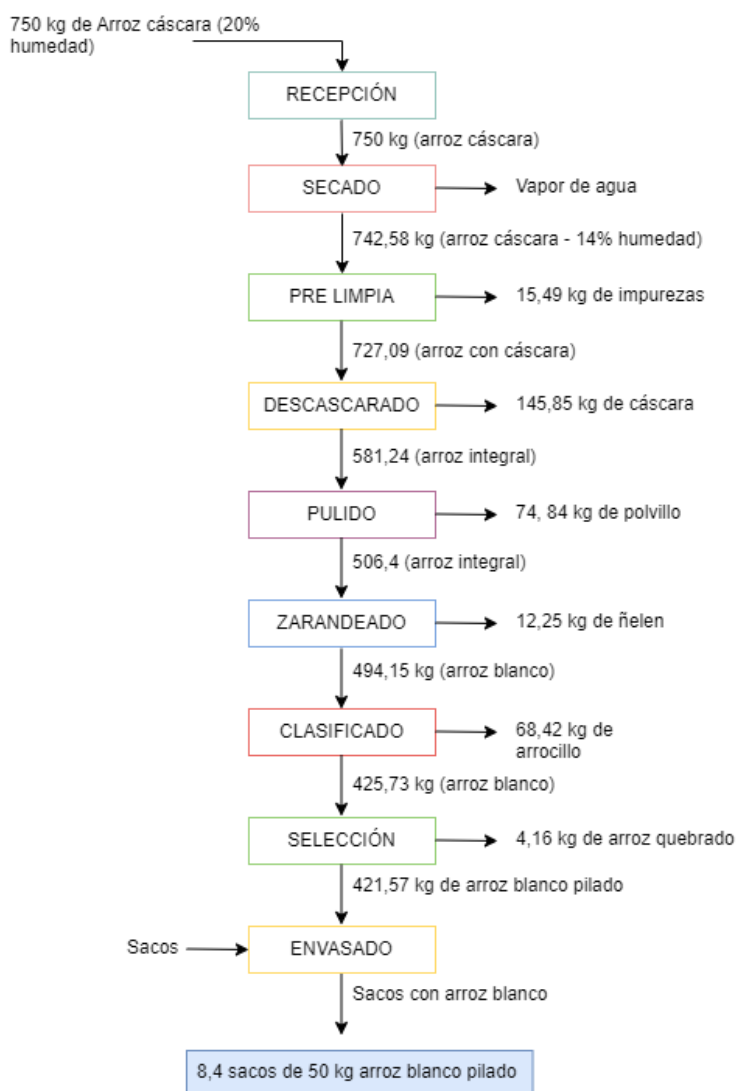
Fuente: AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC.

Anexo 3. Maquinaria y equipos

N°	Maquinaria y/o Equipos	Cantidad	Capacidad	Tipo de mantenimiento
1	Pre limpiadora	1	5 t/h	Correctivo
2	Zaranda	2	5 t/h	Correctivo
3	Mesa Paddy	1	5 t/h	Correctivo
4	Descascaradora	2	5 t/h	Correctivo
5	Circuito separador de pajilla	1	5 t/h	Correctivo
6	Pulidora	2	5 t/h	Correctivo
7	Clasificadora	2	5 t/h	Correctivo
8	Selectora	1	4 t/h	Correctivo
9	Elevador de cangilones	16	4-10 t/h	Correctivo
10	Balanza	2	200 kg	Correctivo

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC.

Anexo 4. Balance de materia del proceso de pilado de arroz.



Fuente: AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC. Elaboración Propia.

Anexo 5. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (min)	Nº de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	25
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00-más	3

Fuente: General Electric Company

Anexo 6. Muestra de tiempos cronometrados

Tiempos							
Proceso:		Pilado de arroz		Fecha	16/09/2022 - 29/09/22		
Realizado por:		Anne Villafuerte Meza					
Material:		Arroz					
Actividad		Tiempos Cronometrados (min)					
		1	2	3	4	5	Promedio
1	Recepción de la materia prima	7.30	7.50	7.40	7.40	7.20	7.36
2	Arrumado de sacos	10.20	10.25	10.40	10.50	10.10	10.29
3	Tendido de mantos	15.65	15.65	15.65	15.65	15.65	15.65
4	Vaciado y esparcido de arroz cáscara	18.40	18.45	18.60	18.35	18.20	18.40
5	Trazado	6.20	6.60	6.50	6.20	6.30	6.36
6	Secado artesanal	2880.00	2880.00	2880.00	2880.00	2880.00	2880.00
7	Insepección de % de humedad	2.00	2.50	1.99	2.30	2.00	2.16
8	Llenado de sacos	30.50	30.45	30.20	30.30	30.50	30.39
9	Traslado de sacos a la tolva	32.60	32.50	32.60	32.20	32.40	32.46
10	Tolva	20.40	20.20	20.50	20.25	20.50	20.37
11	Elevador	0.25	0.30	0.30	0.40	0.40	0.33
12	Pre limpia	1.00	1.05	1.10	1.05	1.10	1.06
13	Elevador	0.35	0.40	0.30	0.30	0.35	0.34
14	Descascarado	1.60	1.75	1.40	1.45	1.55	1.55
15	Separación	1.10	1.20	1.20	1.35	1.15	1.20
16	Elevador	0.25	0.30	0.32	0.30	0.30	0.29
17	Pulido	2.20	2.40	2.10	2.00	2.00	2.14
18	Elevador	0.40	0.35	0.35	0.30	0.35	0.35
19	Zarandeado	1.00	1.20	1.10	1.20	1.00	1.10
20	Elevador	0.20	0.25	0.30	0.30	0.29	0.27
21	Clasificación	1.00	1.50	1.20	1.30	1.00	1.20
22	Elevador	0.35	0.40	0.25	0.30	0.30	0.32
23	Selección	7.25	7.30	7.10	7.00	7.00	7.13
24	Insepección	0.30	0.25	0.28	0.25	0.30	0.28
25	Elevador	0.28	0.25	0.30	0.29	0.30	0.28
26	Envasado	1.60	1.50	1.40	1.50	1.55	1.51
27	Traslado de sacos a almacen	2.80	2.50	2.45	2.60	2.75	2.62

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 7. Costos asociados a la producción

	COSTO ANUAL	
Personal	S/.	270 360
Energía eléctrica	S/.	96 000
Insumos	S/.	150 150
Mantenimiento correctivo	S/.	40 896
TOTAL	S/.	557 406

Fuente: AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 8. Secado artesanal de SANFABRI SAC



Fuente: AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 9. AMEF de descascaradora

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA		Área	Producción	Máquina	Descascaradora								
Equipo	Función que desempeña	Falla funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Severidad	Situación actual				NPR		
							Ocurrencia	Detección					
Descascaradora	1	Separar la cáscara del arroz integral	A	Selección incorrecta del grano	1	Desgaste en los rodamientos	El desgaste en los rodamientos de la descascaradora puede afectar el movimiento suave y eficiente de los componentes, además puede crear un incremento en el flujo del arroz paddy, por ende, disminución en el flujo de arroz descascarado	Mantenimiento correctivo	7	6	5	210	Inaceptable
			A	Selección incorrecta del grano	2	Desgaste excesivo de la rejilla del descascarado	Un desgaste excesivo de la rejilla del descascarado ocasionaria una pérdida de capacidad de producción ya que ocasiona una interrupción del proceso	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable
			A	Selección incorrecta del grano	3	Falla de porta rodajes	Por falla de porta rodajes la máquina deja de funcionar	Mantenimiento correctivo	7	4	5	140	Reducción deseable
			A	Selección incorrecta del grano	4	Desgaste excesivo de la rejilla del descascarado	Un desgaste excesivo de la rejilla del descascarado ocasiona pérdida de capacidad de producción ya que ocasiona una interrupción del proceso	Mantenimiento correctivo	7	6	3	126	Reducción deseable
			A	Selección incorrecta del grano	5	Desgaste de mallas	El desgaste de las mallas de la descascaradora puede afectar la eficiencia del proceso de separación de la cáscara. Esto puede resultar en una separación inadecuada de los residuos y una disminución en la calidad del producto final.	Mantenimiento correctivo	7	4	6	168	Reducción deseable
			A	Selección incorrecta del grano	6	Desajuste en la velocidad de alimentación	Un desajuste en la velocidad de alimentación del material puede afectar la eficiencia y la calidad del proceso de separación. Esto puede resultar en una mayor carga en los componentes, una menor precisión en la separación y una mayor probabilidad de bloqueos o atascos en el sistema.	Mantenimiento correctivo	6	5	7	210	Inaceptable

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 10. AMEF de clasificadora

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA		Área	Producción	Máquina	Clasificadora							
Equipo	Función que desempeña	Falla funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Severidad	Situación actual		NPR			
							Ocurrencia	Detección				
		A	Selección incorrecta del grano	1	Filtros de aire obstruidos	La obstrucción de los ductos del clasificador puede dificultar o bloquear el flujo de grano a través del sistema. Esto puede causar una separación desigual de los tamaños de grano y una disminución en la calidad del producto final.	Mantenimiento correctivo	6	4	7	168	Reducción deseable
		A	Selección incorrecta del grano	2	Ruptura de fajas	La rotura de la faja del clasificador puede interrumpir completamente el proceso de separación. Esto puede detener la producción y requerir tiempo y recursos adicionales para reparar o reemplazar la faja.	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable
Clasificadora	1 Separar el grano por tamaños	A	Selección incorrecta del grano	3	Tensión inadecuada de la faja	Una tensión insuficiente puede provocar un deslizamiento de la faja, lo que resulta en una separación deficiente y una disminución en la calidad del grano clasificado.	Mantenimiento correctivo	7	4	5	140	Reducción deseable
		A	Selección incorrecta del grano	4	Desgaste de mallas	El desgaste de la malla utilizada en el clasificador puede resultar en aberturas o deformaciones en la superficie de separación. Esto puede afectar la precisión de la separación por tamaño y permitir el paso de grano indeseado.	Mantenimiento correctivo	3	2	5	30	Aceptable
		A	Selección incorrecta del grano	5	Desgaste rodamientos	El desgaste de los rodamientos del clasificador puede provocar un mal funcionamiento del equipo, generando ruidos anormales, vibraciones y un mayor consumo de energía.	Mantenimiento correctivo	2	4	6	48	Aceptable

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 11. AMEF de selectora

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA		Área	Producción	Máquina	Selectora								
Equipo	Función que desempeña	Falla funcional FF		Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Situación actual		
Selectora	1	Transportar verticalmente el material	A	Selección incorrecta del grano	1	Obstrucción en tolvas de entrada	Una obstrucción en las tolvas de entrada puede limitar o bloquear el flujo de grano hacia la selectora. Esto puede resultar en una interrupción del proceso de selección, una disminución en la eficiencia de la separación y posiblemente un atasco del grano. Además, la obstrucción puede generar un respaldo de grano en las áreas de alimentación, lo que podría llevar a una sobrecarga del equipo y daños en los componentes.	Mantenimiento correctivo	3	4	7	84	Aceptable
			A	Selección incorrecta del grano	2	Obstrucción en filtros de aire	Una obstrucción en los filtros de aire puede reducir el flujo de aire y provocar una acumulación de polvo, suciedad u otros contaminantes en el sistema. Esto puede afectar negativamente la calidad del aire dentro de la selectora, disminuir la eficiencia de separación y potencialmente dañar los componentes internos sensibles.	Mantenimiento correctivo	7	4	8	224	Inaceptable
			A	Selección incorrecta del grano	3	Desgaste de tarjetas electrónicas	El desgaste de las tarjetas electrónicas puede resultar en fallos en el sistema de control, mal funcionamiento de los sensores o pérdida de comunicación con otros componentes. Esto puede provocar una operación incorrecta de la selectora, errores en la selección del grano por color y posibles interrupciones en el proceso de producción.	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable
			A	Selección incorrecta del grano	4	Desgaste de eyectores	El desgaste de los eyectores puede resultar en una disminución de la fuerza de expulsión, lo que afecta la capacidad de separación adecuada. Esto puede ocasionar una menor eficiencia en la selección por color y una mayor cantidad de grano indeseado que pasa a través del sistema de salida. Además, el desgaste de los eyectores puede generar fugas de aire no controladas, lo que afecta la precisión y la consistencia del proceso de selección.	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Aceptable

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 12. AMEF de elevador de cangilones

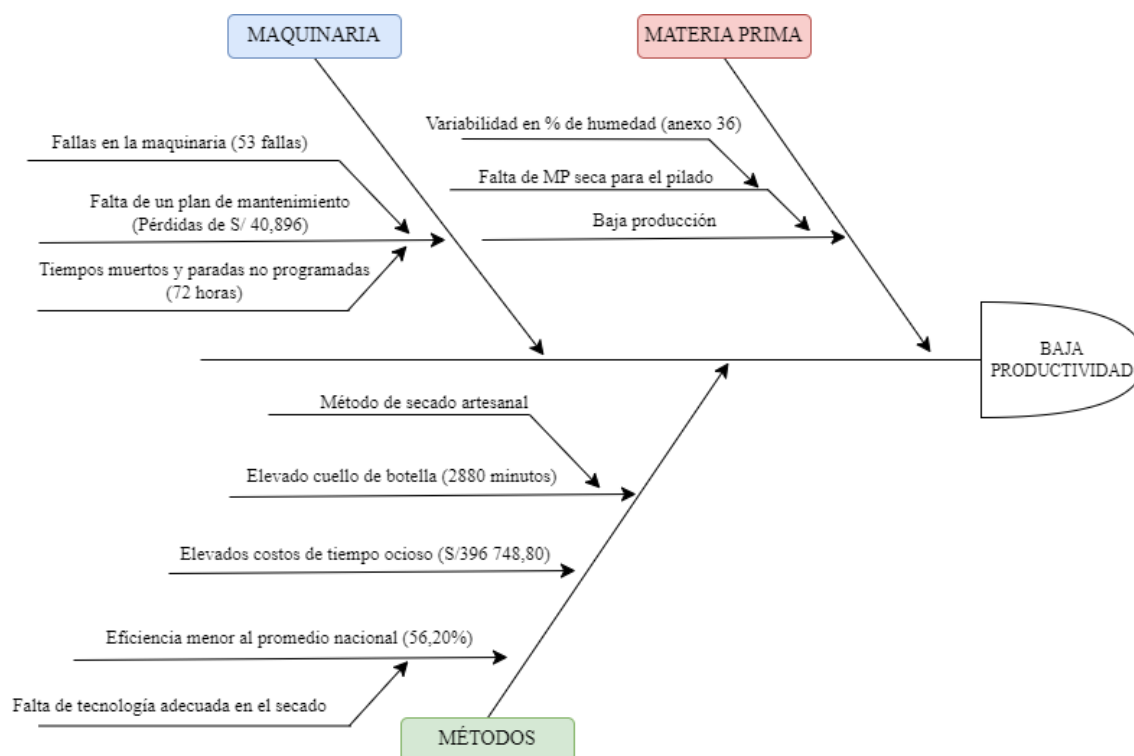
ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA		Área	Producción	Máquina	Elevador de cangilones								
Equipo	Función que desempeña	Falla funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Severidad	Situación actual		NPR				
							Ocurrencia	Detección					
		A	Selección incorrecta del grano	1	Rotura de la faja	La rotura de la faja del elevador de cangilones puede detener por completo el transporte de arrocillo. Esto puede generar una interrupción en la cadena de producción, lo que resulta en una disminución en la eficiencia y una posible acumulación de material en el sistema, así como el derrame del material, daños en la maquinaria, así como interrupciones en el proceso de producción	Mantenimiento correctivo	7	3	7	147	Reducción deseable	
		A	Selección incorrecta del grano	2	Sobre carga del motor eléctrico	La sobrecarga del motor eléctrico puede causar un aumento de temperatura y disminución en la vida útil del equipo. Ocasiona a su vez una interrupción del proceso y aumento en el consumo de energía	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable	
Elevador de cangilones	1	Transportar verticalmente el material	A	Selección incorrecta del grano	3	Desgaste de chumaceras	El desgaste de las chumaceras en el elevador de cangilones puede afectar la estabilidad y el rendimiento del sistema. Además, puede provocar una alineación incorrecta, vibraciones excesivas y un mayor desgaste de otros componentes.	Mantenimiento correctivo	2	4	6	48	Reducción deseable
		A	Selección incorrecta del grano	4	Rotura de los selladores	La rotura de los selladores en el elevador de cangilones puede permitir fugas de aceite y contaminación del sistema. Esto puede afectar el rendimiento del equipo y provocar un mayor desgaste de los componentes internos. Además, una rotura de los selladores puede permitir la entrada de polvo, suciedad u otros contaminantes al sistema, lo que puede afectar la calidad del arrocillo transportado.	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable	
		A	Selección incorrecta del grano	5	Desgaste de rodamientos	El desgaste de los rodamientos del elevador de cangilones puede provocar un mal funcionamiento del equipo. Esto puede manifestarse en forma de ruidos anormales, vibraciones excesivas y un mayor consumo de energía.	Mantenimiento correctivo	2	4	6	48	Aceptable	

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC.

Anexo 13. Evaluación de metodología de mantenimiento

<https://drive.google.com/file/d/1nVrc-vqvZzLuQJn4xkZ5eXcWOZGjrcl/view?usp=sharing>

Anexo 14. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 15. Costo promedio de tiempo ocioso

Número de operarios	Tiempo ocioso promedio al día	Costo por hora	Costo de tiempo ocioso promedio al día	Costo de tiempo ocioso promedio al año
7	48	4,10	S/1 377,60	S/396 748,80

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 16. Pérdida económica por fallas en la maquinaria

Maquinaria	N° de fallas	Pérdida económica	Porcentaje	Clasificación
Descascaradora	16	S/ 10 885,00	26,62%	26,62%
Clasificadora	21	S/ 15 251,00	37,29%	63,91%
Selectora	4	S/ 5 672,00	13,87%	77,78%
Elevador	12	S/ 9 088,00	22,22%	100,00%
Total	53	S/ 40 896,00	100,00%	

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 17. Ingresos no percibidos por baja eficiencia

Diario	Mensual	Anual
S/1 478,50	S/38 440,98	S/461 291,78

Fuente: Elaboración Propia. AGRONEGOCIOS SANFABRI SAC

Anexo 18. Ficha técnica Secadora Mega

MEGA SERIE BETA

MEGA BETA SERIES



Datos generales: MEGA Serie Beta | General data: MEGA Beta Series

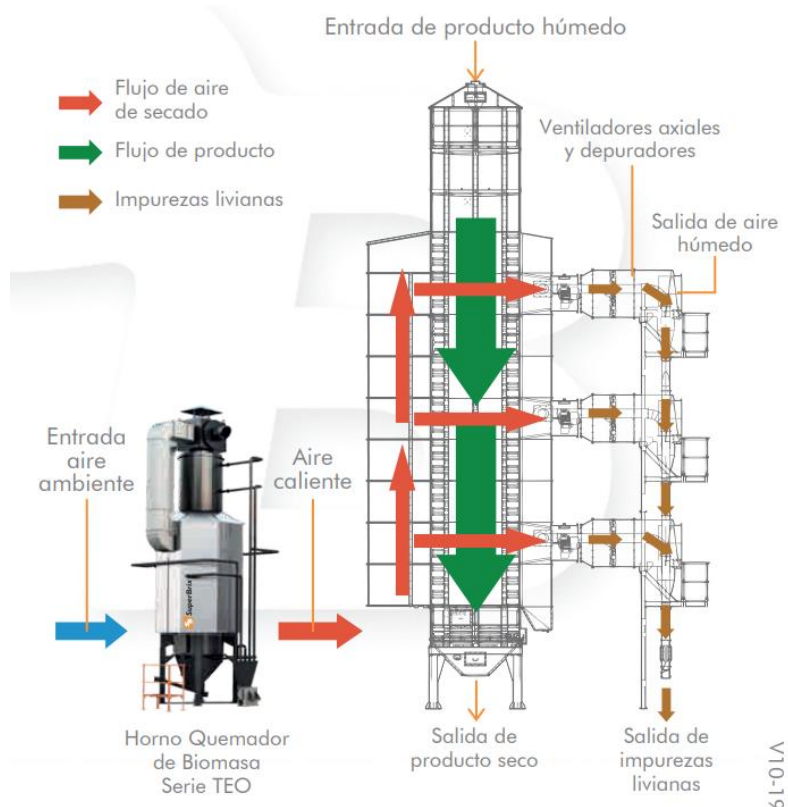
Modelo Model		ST 0035B	ST 0070B	ST 0100B	ST 0150B	ST 0200B	ST 0250B	ST 0300B	ST 0350B	ST 0400B	
Modulos Modules	un.	1	2	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	
Altura Height	[m]	6,18	8,42	6,76	7,90	8,98	10,12	11,20	12,34	13,42	
	[ft]	20,27	27,62	22,17	25,91	29,45	33,20	36,74	40,48	44,02	
Ancho Width	[m]	1,96	1,96	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	
	[ft]	6,44	6,44	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	
Largo [Con Separadores de Polvo] Length [With Dust Collectors]	[m]	6,22	6,22	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	
	[ft]	20,42	20,42	28,68	28,68	28,68	28,68	28,68	28,68	28,68	
Capacidad de Carga Loading Capacity	Maiz Corn	[m³]	6,5	9,5	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
		[Bu]	192	281	591	738	886	1033	1181	1329	1476
Potencia Eléctrica * Electric Power	[HP]	3,33	5,83	8	13	15,5	20,5	25,5	30,5	30,5	
Rendimiento Drying Capacity	Maiz Corn ** 19 % -> 14%	[TPH]	6	12	20	30	40	50	60	70	80
		[BPH]	236	472	787	1181	1575	1969	2362	2756	3150

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso. I * Potencia sin Separadores de Polvo; f = 50 Hz. I ** El grano caliente descargado de la secadora con 16% de humedad debería resultar en una humedad final de 14% luego de enfriado (Dryeration) | Condiciones normales ambientales durante el proceso de secado: 25 °C y 50 % RH / 77 °F y 50 % RH | Todos los datos son aproximados y varían con la variedad, impurezas, condiciones ambientales, maduración, etc.

Specifications are subject to change without notice. I * Electric power without Dust Collectors; f = 50 Hz. I ** Grain discharged hot from the dryer at 16% moisture should result in a final moisture content of 14% after cooling (Dryeration). I Normal weather conditions during drying process: 25 °C and 50 % RH / 77 °F and 50 % RH | All data are approximate and vary with variety, contamination, weather conditions, maturity, etc.

Fuente: Mega

Anexo 19. Ficha técnica Secadora de Torre



	*Capacidad (MTH)		Capacidad de retención (m ³)	Dimensiones A x L x H (m)	Potencia instalada (kW - hp)	Flujo de aire (CFM - m ³ /h)
	Arroz	Maíz				
ST-10AX	12,2	15,2	21,1	3 x 8.96 x 9.15	16,1 - 21,5	24000 - 40776
ST-20AX	22,0	27,3	37,9	3 x 8.96 x 13.18	31,1 - 41,5	48000 - 81552
ST-30AX	28,5	35,4	49,2	3 x 8.96 x 16.48	46,1 - 61,5	72000 - 122328
ST-40AX	37,5	46,6	64,7	3 x 8.96 x 19.78	61,1 - 81,5	96000 - 163104
ST-50AX	44,1	54,8	76,1	3 x 8.96 x 25.28	76,1 - 101,5	120000 - 203880

*La capacidad está calculada en un pase (Flujo continuo con atemperos) a través de la secadora, reduciendo un 3% de humedad en arroz paddy @0,58 Ton/m³ ó 5% en maíz @0,72 Ton/m³.

	Dimensiones A x H (m)	Energía (kW)	Alimentación de cascarilla (kg/h)	Potencia (HP)
TEO IV 1000	1,8 x 7,1	1000	100 - 200	2 x 5 + 3 x 0.5
TEO IV 1500	2,9 x 8,3	1500	170 - 300	2 x 5 + 3 x 0.5
TEO IV 2000	3,2 x 9,2	2000	250 - 450	2 x 5 + 3 x 0.5
TEO IV 3000	3,6 x 10,2	3000	400 - 800	2 x 5 + 3 x 0.5
TEO IV 4000	3,8 x 11,4	4000	500 - 1050	2 x 7.5 + 3 x 0.5
TEO IV 5000	3,8 x 11,9	5000	650 - 1300	2 x 7.5 + 3 x 0.5
TEO IV 6000	3,8 x 12,3	6000	780 - 1550	2 x 7.5 + 3 x 0.5

Fuente: SuperBrix

Anexo 20. Plan de mantenimiento descascaradora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA DESCASCARADORA							
Equipo	Actividad	Descripción	Materiales	Heramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal
Descascaradora	Limpieza y lubricación	Limpieza y lubricación de los rodamientos	Lubricante industrial	Cepillo, paño, aceitera, llave inglesa, guantes de protección	Mensual	60 min	Técnico mecánico
	Limpieza y ajuste	Limpieza y ajuste de mallas	-	Cepillo, paño, llave inglesa, guantes de protección	Quincenal	40 min	Técnico mecánico
	Cambio	Cambio de mallas	Mallas nuevas	Martillo, llave inglesa, guantes de protección	Semestral	35 min	Técnico mecánico
	Ajuste	Ajuste de la velocidad de alimentación	-	Destornillador, llave inglesa, guantes de protección	Mensual	40 min	Técnico mecánico
	Cambio	Cambio de los pernos de anclaje	Pernos de anclaje, tuercas hexagonales	Llave de tubo, llave inglesa, martillo, guantes de protección	Semestral	60 min	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Plan de mantenimiento clasificadora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CLASIFICADORA							
Equipo	Actividad	Descripción	Materiales	Heramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal
Clasificadora	Limpieza y lubricación	Limpieza y lubricación de filtros y ductos	Guantes, escobilla industrial, trapo	-	Mensual	15 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Cambio	Cambio de faja	Faja de goma EP	Llave Stilson	Anual	40 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Limpieza	Limpieza de faja	Guantes, escobilla industrial, trapo	-	Semanal	10 min	Técnico mecánico
	Inspección y limpieza	Inspección visual y limpieza de mallas	Guantes, escobilla industrial, aire comprimido	Soplador de aire comprimido	Semanal	25 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Lubricación	Lubricación de rodamientos	Lubricante industrial	-	Quincenal	30 min	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Plan de mantenimiento selectora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA SELECTORA							
Equipo	Actividad	Descripción	Materiales	Heramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal
Selectora	Limpieza	Limpieza de tolva de alimentación	Cepillo, escobilla, manguera de agua, guantes de protección	-	Quincenal	20 min	Técnico mecánico
	Limpieza e inspección	Limpieza e inspección de filtro de aire	Cepillo, manguera de agua	-	Mensual	15 min	Técnico mecánico
	Limpieza	Limpieza de tarjetas electrónicas	Limpiador de contactos o alcohol isopropílico, cepillo	Pinzas de precisión	Bimestral	30 min	Técnico mecánico
	Verificación y limpieza	Limpier eyectores	Trapo industrial, cepillo suave	-	Mensual	20 min	Técnico mecánico
	Cambio	Hacer prueba de testeo de eyectores	-	Llave #14, #16, #22, destornilladores	Anual	20 min	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Plan de mantenimiento elevador de cangilones

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ELEVADOR DE CANGILONES							
Equipo	Actividad	Descripción	Materiales	Heramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal
Elevador de cangilones	Limpieza	Limpieza de la faja	Guantes, escobilla industrial, aire comprimido	Soplador de aire comprimido	Quincenal	10 min	Técnico mecánico
	Cambio	Cambio de faja	Faja	Llave Stikson	Anual	60 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Inspección	Inspección del funcionamiento del motor	-	-	Mensual	20 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Limpieza	Limpieza del motor	Guantes, escobilla industrial, aire comprimido	Soplador de aire comprimido	Quincenal	30 min	Técnico mecánico
	Engrase	Engrase de chumaceras	Grasa industrial	Jeringuillas	Quincenal	30 min	Técnico mecánico
	Ajuste	Ajuste de prisioneros de chumaceras	Grasa industrial	Jeringuillas	Mensual	30 min	Técnico mecánico
	Cambio	Cambio de selladores	Selladores	Pistolas lubricantes	Semestral	45 min	Técnico mecánico - eléctrico
	Lubricación	Lubricación de rodamientos	Trapo industrial, lubricante	Pistolas lubricantes	Quincenal	30 min	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Cronograma de mantenimiento

<https://drive.google.com/file/d/1RDLDE8WfK-qpJHRtGBM-zJ7OjqI-7gy0/view?usp=sharing>

Anexo 25. Procedimiento de mantenimiento e instructivo de capacitación

<https://drive.google.com/file/d/16XBX1q7zeVBs3nxa11MT-5WNRXCwYNXp/view?usp=sharing>

Anexo 26. Cálculo de nuevos indicadores

$$\text{Producción} = \frac{600 \text{ min/día}}{7,13 \text{ min}/517,5 \text{ kg de arroz pilado}} = 43\,548,39 \text{ kg de arroz pilado/día}$$

$$\text{Producción} = \frac{43\,548,39 \text{ kg de arroz pilado/día}}{50 \text{ kg}} = 870 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

$$\text{P. Materia Prima} = \frac{870 \text{ sacos de arroz pilado}}{63\,113,604 \text{ kg arroz cáscara}} = 0,01378 \frac{\text{sacos de arroz pilado}}{\text{kg arroz cáscara}}$$

$$\text{P. Mano de Obra} = \frac{870 \text{ sacos de arroz pilado}}{14 \text{ operarios}} = 62,14 \frac{\text{sacos de arroz pilado diario}}{\text{operario}}$$

$$\text{P. Maquinaria} = \frac{870 \text{ sacos de arroz pilado}}{13 \text{ máquinas}} = 66,92 \frac{\text{sacos de arroz pilado diario}}{\text{máquina}}$$

$$\text{Productividad Total} = \frac{313\,200}{\text{S/ } 468\,211,32} = 0,66 \frac{\text{sacos de arroz pilado}}{\text{soles}}$$

$$\text{Capacidad diseñada} = 110 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

$$\text{Capacidad real} = 870 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

$$\text{Utilización} = \frac{870 \text{ sacos de arroz pilado}}{1\,100 \text{ sacos de arroz pilado}} \times 100 = 79,09\%$$

$$\text{Capacidad ociosa} = 1\,100 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} - 870 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} = 230 \text{ sacos de arroz pilado/día}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{517,5 \text{ kg de arroz pilado}}{750 \text{ kg de arroz cáscara}} \times 100 = 69\%$$

$$\text{Cuello de botella} = 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = 225,4 \text{ minutos}$$

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27. Datos históricos y demanda pronosticada

https://drive.google.com/file/d/1rchgFq_ds-m3agdi75-XbJRSE0Bd27ET/view?usp=sharing

Anexo 28. Error MAPE

Año	Periodo	MP	Pronóstico	Error abs	Error abs %	Σ Error abs	MAD	Error Normal	Σ Error Nor.	TS
2018	1	19 749	18 446	1 302,6	6,60%	1 302,6	1302,6	1 303	1 303	1,0
2019	2	19 915	20 112	197,2	0,99%	1 500	749,9	-197	1 105	1,5
2020	3	19 698	21 778	2 080,0	10,56%	3 580	1193,3	-2 080	-975	-0,8
2021	4	22 985	23 444	458,8	2,00%	4 039	1009,7	-459	-1 433	-1,4
2022	5	26 543	25 110	1 433,4	5,40%	5 472	1094,4	1 433	0	0,0
				Σ de Error %	25,5%					
				n	5					
				MAPE	5%					

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 29. Venta de arroz pilado y subproductos

<https://drive.google.com/file/d/1Jd0sTumCTQ3LpzwcazBOSEup1fwvVi5/view?usp=sharing>

Anexo 30. Inversión total

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total (dólares)
Secadora de Torre y Horno	1	\$ 54 389	\$ 54 389,00
Silos de almacenamiento	3	\$ 5 000	\$ 15 000,00
Elevador de cangilones	3	\$ 4 000	\$ 12 000,00
Faja transportadora	1	\$ 5 000	\$ 5 000,00
Flete			\$ 5 000,00
Impuestos			\$ 21 933,36
Flete (Callao-Chiclayo)			\$ 2 000,00
Instalación y montaje			\$ 5 000,00
TOTAL			\$ 120 322,36

Fuente: Elaboración propia

Anexo 31. Cotización Secadora de Torre

Proforma No. 5946 Rev0



Señores:

AGRONEGOCIOS SAN FABRI SAC

Anne Villafuerte -

Chiclayo, Perú

Teléfono: +57 986059642

Chiclayo, Perú

Proforma No. 5946 Rev0 Fecha: 27-09-2023



DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Item	Cant	Descripción	Valor Unit.	Valor Total
1	1	SECADORA DE TORRE ST-10AX	US\$ 54.389	US\$ 54.389

Motores (UndxkW): 1x15 + 1x1,5 - Capacidad (t/h): 10

DESCRIPCIÓN GENERAL:

La Secadora de Torre SuperBrix ST AX está diseñada para secar granos homogéneamente en flujo continuo con silos de atempero o por tandas y proporcionarle una larga vida de almacenamiento al producto, preservando su integridad y calidad.

El proceso de secamiento del grano se obtiene mediante un gran flujo de aire, producido por uno o más ventiladores axiales con capacidad de 7.08 m³/s (24.000CFM) a 63.5 mm WC (2.5"WC), impulsado por un motor eléctrico de 15 KW (20 H.P).

Fuente: Superbrix.

Anexo 32. Costo de plan de mantenimiento

<https://drive.google.com/file/d/1YJcsr-flIrcXMgQK85LCMIFz-oRK-VKX/view?usp=sharing>

Anexo 33. Utilidades perdidas antes de la mejora por mantenimiento correctivo y preventivo

Máquina	Tiempo promedio de parada no programada (hora/año)	Capacidad real (sacos/día)	Utilidad por sacco (soles/sacco)	Utilidad perdida por mantenimiento correctivo (soles/año)
Descascaradora	425	710	8	S/ 241 400,00
Clasificadora	52	710	8	S/ 29 536,00
Selectora	11	710	8	S/ 6 248,00
Elevador	25	710	8	S/ 14 200,00
TOTAL				S/ 291 384,00
Máquina	Tiempo promedio de parada no programada (hora/año)	Capacidad real (sacos/día)	Utilidad por sacco (soles/sacco)	Utilidad perdida por mantenimiento preventivo (soles/año)
Descascaradora	39,17	710	8	S/ 22 246,67
Clasificadora	46,00	710	8	S/ 26 128,00
Selectora	18,33	710	8	S/ 10 413,33
Elevador	52,50	710	8	S/ 29 820,00
TOTAL				S/ 88 608,00
Beneficio Económico				S/ 202 776,00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 34. Utilidades perdidas con la mejora por mantenimiento correctivo y preventivo

Máquina	Tiempo promedio de parada no programada (hora/año)	Capacidad real (sacos/día)	Utilidad por sacco (soles/sacco)	Utilidad perdida por mantenimiento correctivo (soles/año)
Descascaradora	425	870	8	S/ 295 800,00
Clasificadora	52	870	8	S/ 36 192,00
Selectora	11	870	8	S/ 7 656,00
Elevador	25	870	8	S/ 17 400,00
TOTAL				S/ 357 048,00
Máquina	Tiempo promedio de parada no programada (hora/año)	Capacidad real (sacos/día)	Utilidad por sacco (soles/sacco)	Utilidad perdida por mantenimiento preventivo (soles/año)
Descascaradora	39,17	870	8	S/ 27 260,00
Clasificadora	46,00	870	8	S/ 32 016,00
Selectora	18,33	870	8	S/ 12 760,00
Elevador	52,50	870	8	S/ 36 540,00
TOTAL				S/ 108 576,00
Beneficio Económico				S/ 248 472,00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 35. Resumen de costos de inversión y beneficios

<https://drive.google.com/file/d/1Fqy5MPRAF2LDabsQ3teKPHWf-D7e1CO/view?usp=sharing>

Anexo 36. Variabilidad del % de arroz cáscara y eficiencia

<https://drive.google.com/file/d/1chGaapaeZc-mwsoEtoMYHhi8n0LssupM/view?usp=sharing>