

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



Propuesta de mejora en el proceso de pilado de arroz en la piladora El Misti SAC para incrementar su productividad

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

AUTOR

Ruth Marbelly Olivera Davila

ASESOR

Abel Enrique Gonzalez Wong

<https://orcid.org/0000-0001-5575-2398>

Chiclayo, 2022

**Propuesta de mejora en el proceso de pilado de arroz en la
piladora El Misti SAC para incrementar su productividad**

PRESENTADA POR

Ruth Marbelly Olivera Davila

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

María Raquel Maxe Malca

PRESIDENTE

William Enrique Escribano Siesquen

SECRETARIO

Abel Enrique Gonzalez Wong

VOCAL

Dedicatoria

A Dios ante todo por conservarme con vida y permitirme culminar mis estudios. Éste logro lo dedico a mis padres por estar presentes y apoyarme incondicionalmente en el cumplimiento de esta meta. A mi hermana por sus buenos deseos. A las personas de mi alrededor que confiaron en mí y que forman parte de mi vida. A los Ingenieros de la universidad por sus conocimientos brindados que contribuyeron en mi formación profesional.

Agradecimientos

A mis padres, por ser en mi vida el motivo de seguir adelante. A mi asesor: Magister Abel Enrique González Wong, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación. A la Piladora El Misti SAC por darme la oportunidad de realizar el trabajo de pre grado. A la casa de estudio Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo porque me brindaron la oportunidad de formarme profesionalmente.

TESIS FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%
INDICE DE SIMILITUD

27%
FUENTES DE INTERNET

1%
PUBLICACIONES

6%
TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net Fuente de Internet **15%**

2 tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet **4%**

3 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet **1%**

4 repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet **1%**

5 creativecommons.org Fuente de Internet **1%**

6 repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet **1%**

7 repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet **<1%**

8 www.regulacionelectrica.gob.ec Fuente de Internet **<1%**

9 byronruizco.blogspot.com Fuente de Internet **<1%**

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	8
Materiales y métodos	11
Resultados y discusión	12
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Referencias.....	37
Anexos	39

Resumen

En el presente trabajo de investigación se analizó el proceso de pilado de arroz de la empresa Piladora El Misti SAC, cuyo objetivo es incrementar la productividad. Éste análisis implicó el diagnóstico de la situación actual de la empresa, identificando los indicadores de producción, productividad, eficiencia y capacidad. Siendo la productividad global de 0,15 sacos de arroz pilado/S/. Se determinó las actividades del proceso, mediante un cursograma analítico para el estudio de métodos; conociendo que el principal limitante es la etapa de secado, ya que lo realizan de manera artesanal, con una duración de 949,60 min; una eficiencia del proceso de 57%. Además, la falta de mantenimiento preventivo, ocasionó en el 2019 un total de 62 fallas con un tiempo de parada de 144,5 min. Conociendo las causas se propuso un nuevo método de secado que implicará adquirir nueva tecnología; proponiendo la implementación de una máquina de secado, lo que permitirá aumentar la eficiencia del proceso, reducir el cuello de botella y eliminar el tiempo ocioso. También se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para prever fallas a lo largo de su operación. Se obtuvo como resultado un incremento de la productividad global en 66%, la eficiencia del proceso en 15,7%, se redujo en 88,7% el número de las fallas, se disminuyó la capacidad ociosa en 44%, y mediante la capacitación a los colaboradores se incrementó la MO en 25%. En cuanto al costo-beneficio, se obtuvo que por cada sol invertido la empresa obtendrá una ganancia de S/. 0,94.

Palabras Claves: Pilado de arroz, productividad, eficiencia.

Abstract

In this research work, the rice grinding process of the Piladora El Misti SAC company was analyzed, the objective of which is to increase productivity. This analysis implied the diagnosis of the current situation of the company, identifying the indicators of production, productivity, efficiency and capacity. The global productivity being 0,15 bags of milled rice / S /. The activities of the process were determined by means of an analytical course for the study of methods; knowing that the main limitation is the drying stage, since they do it in an artisanal way, with a duration of 949,60 min; a process efficiency of 57%. In addition, the lack of preventive maintenance caused a total of 62 failures in 2019 with a downtime of 144,5 min. Knowing the causes, a new drying method was proposed that will involve acquiring new technology; proposing the implementation of a drying machine, which will increase the efficiency of the process, reduce the bottleneck and eliminate idle time. A preventive maintenance plan was also developed to foresee failures throughout its operation. The result was an increase in global productivity by 66%, the efficiency of the process by 15,7%, the number of failures was reduced by 88,7%, idle capacity was reduced by 44%, and through training for collaborators the OM was increased by 25%. Regarding the cost-benefit, it was obtained that for each sol invested the company will obtain a profit of S /. 0,94.

Keywords: Rice milling, productivity, efficiency

Introducción

El arroz es un cereal muy requerido en el ámbito culinario, siendo muy demandado en Perú como también en el mercado exterior.

El mercado nacional presentó un crecimiento notable de la producción de arroz cáscara en junio del 2020 que fue 8,6% con relación al mes del año anterior. [1]

Según el Censo Nacional de arroz en abril del año 2019, indicó que existe 569 molinos de los cuales 73 se encuentran inactivos; las regiones con mayor número de molinos es Arequipa con 95, seguido Lambayeque con 72, y La Libertad con 70. [2]

Por otro lado, el índice promedio nacional de conversión del arroz cáscara a pilado es 66%, San Martín presenta el índice más bajo con 60% y Arequipa, Ucayali y Junín se encuentra en 70% siendo los más altos. Lambayeque manifiesta un 65%, y esto depende del secado, la humedad, la tecnología. [2]

El presente trabajo, se realizó en la Piladora El MISTI SAC, su instalación se encuentra ubicada en la carretera Lambayeque, Mochumí km 1 Mocce. Actualmente la empresa presenta una baja productividad global de 0,15 sacos de arroz pilado/S/.; siendo las posibles causas al problema: la baja eficiencia del proceso de pilado con un 57%, es por ello que se requiere establecer una meta para lograr un 66% de conversión y así estar al nivel del promedio nacional, tiempo ocioso presente en la etapa de secado es de 891,6 minutos con un costo mensual relacionado a dicho tiempo ocioso es de S/. 6 333,6 y en cuanto a las paradas de maquinaria se tuvo 55 fallas generando una pérdida económica de S/. 36 739,13. Además, presentó una productividad de materia prima de 0,011 sacos de arroz pilado/ kg de arroz cáscara, mano de obra promedio 37,67 sacos de arroz pilado diario/operario, la productividad de maquinaria es 41,1%.

Con respecto a lo antes mencionado se genera la interrogante ¿De qué manera la mejora del proceso del pilado arroz permitirá incrementar la productividad en la Piladora El Misti SAC? A partir de ello se planteó como objetivo general proponer la mejora en el proceso de pilado de arroz para incrementar la productividad en la Piladora El Misti SAC. Y como objetivos específicos tenemos: diagnosticar la situación actual del proceso productivo de la Piladora El Misti SAC, elaborar la propuesta de mejora en el proceso de pilado de arroz en la Piladora El Misti SAC y finalmente, realizar la evaluación económica de la propuesta.

La presente investigación busca dar solución a problemas suscitados en las empresas en función a su productividad, ya que el mercado cada vez presenta mayores exigencias y estar a la medida de la competencia; y por otro lado obtener beneficios económicos.

Revisión de literatura

Según Najar y Álvarez el proceso de pilado es la transformación de arroz cáscara en limpio, blanco, mediante el uso de equipos, en las etapas de secado, procesamiento, selección y almacenamiento [3].

La etapa de secado de arroz cáscara se puede realizar de manera natural es decir expuesto al sol que incide sobre los granos y de manera industrial que corresponde al empleo de tecnología [4]. Existen tipos de secadores como: secador intermitente es aquel que seca a elevadas temperaturas el tiempo de 10% y el 90% de reposo, secador de flujo concorrente comprende estadios de temperaturas que son 120 °C, 80 °C, 60 °C y el flujo mixto combinación de los flujos concorrentes y contracorrientes entre los granos y el aire del secado este flujo garantiza un secado homogéneo, con menos choque térmico y menor quiebra técnica del grano [5].

Los indicadores de productividad calculados en la presente investigación determinarán cuánto se están aprovechando los recursos disponibles para producir las salidas y así determinar las mejoras correspondientes. Carro y Gonzáles [6] 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. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

La productividad se puede expresar de distintas maneras tenemos:

Productividad total. Involucra todos los recursos utilizados entre lo obtenido.

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

Productividad parcial. Relaciona la cantidad obtenida con uno de los recursos utilizados.

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

Méndez [7] define que las fuentes y técnicas empleadas son medios de recolección de la información; asimismo, manifiesta que existen: fuentes primarias que implica información oral o escrita que ha sido recopilada directamente por el investigador y las fuentes secundarias es la información escrita que ha sido recopilada y transcrita por terceras personas.

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 [7].

En lo que respecta al tratamiento de la información Méndez [7] menciona que es proceso en el que se lleva a cabo el recuento, clasificación y ordenación en tablas o cuadros y que estos procedimientos dependiendo del tipo de investigación.

Según Botero [8] el mantenimiento preventivo se lleva a cabo mediante actividades programadas para la corrección de puntos vulnerables y evitar los tiempos muertos de producción por fallas como también los costos de las mismas; se tiene como ventajas: una producción en flujo normal libre de paradas y no se tiene un deterioro mayor de las maquinarias y equipos involucrados en el proceso productivo.

Algunas de las investigaciones que aportan valor son las siguientes:

Muñoz [9], en su trabajo de investigación “*Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa molino Chiclayo S.A.C. para incrementar su productividad*”, tuvo como objetivo incrementar la productividad del proceso. Cuya metodología empleada fue realizar un diagnóstico de la situación actual del pilado, calculando los indicadores de producción, productividad, eficiencia y capacidad; se analizó las diferentes etapas, mediante el cursograma analítico identificando el cuello de botella en la etapa de secado. Asimismo, se analizaron las paradas de la maquinaria; por ende, se realizó las propuestas de mejora que implicaría la implementación de nueva tecnología y un plan de mantenimiento preventivo. Se obtuvo como resultado un incremento de la eficiencia en 12,78%, la productividad de materia prima 0,011 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara a 0,014 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara, se disminuyó la capacidad ociosa de 320 a 142 sacos de arroz pilado/día, mediante la propuesta de mejora de mantenimiento preventivo se redujo el tiempo en un 55,6%, generando un ingreso extra anual de S/. 162 409,89; cuyo costo-beneficio obtenido es de S/. 3,43.

Reaño [10], en su investigación “*Propuesta de Mejora de la productividad en el proceso de pilado de arroz en el molino Latino S.A.C.*” tuvo como objetivo incrementar la productividad del proceso en el molino. La metodología empleada fue tomar muestras de tiempo logrando identificar el cuello de botella en la etapa de secado natural debido que tiene el tiempo más extenso lo cual genera baja disponibilidad de materia prima seca; ante ello la propuesta de mejora es la implementación de un nuevo método, haciendo uso de nueva tecnología; con una máquina de secado: Secador Rotativo Continuo – SRCZ-1, permitiendo reducir el cuello de botella y lograr tener una producción más ajustada, otra de las propuestas es realizar el mantenimiento preventivo para reducir el número de fallas en la maquinaria. Finalmente, como resultado se obtuvo un incremento en la productividad de 59,95%; logrando una producción de 6 500 kg/h y eficiencia de 96,15%; se obtuvo como beneficio – costo que por cada S/. 1,00 invertido la empresa ganaría S/. 3,03; asimismo, mediante el mantenimiento preventivo se reducirá el número de paros, logrando un ahorro para el molino de S/. 225,00/días

Hidayah y Jidon [11], en su investigación *“Drying of Paddy in a Laterally Aerated Moving Bed Dryer at Ambient Temperature”*, realizada en un molino de arroz local de Kota Belud, Sabah, Malasia, la metodología está en base a la experimentación para conocer el funcionamiento de un secador de lecho móvil para reducir el contenido de humedad del arroz recién cosechado a un nivel deseado. El secado del arroz en el secador se vio afectado por la aireación ambiental, temperatura, caudal de aireación y tiempo de residencia; durante 6 horas mostró resultados prometedores. El análisis de uniformidad de secado mostró que la desviación estándar porcentual para el secado vertical y horizontal tuvo una desviación estándar del 16,94% y 2,93%. La capacidad del secador era 2 t/lote. Los resultados mostraron que el arrozal podía llegar a la humedad deseada usando aire ambiente (30 -35 °C), a un caudal de aire fijo de (530 m³/ h), 5 h de soplado de aire y 1 h de revenido. El contenido de humedad fue reducido de 17,87% a 13,04% en 5 h, y reducido aún más al 12,04%, después de someterse al revenido durante 1 h. El rendimiento del secador de cordero indicó una menor duración de secado en comparación con el secado convencional utilizada por el molino de arroz local.

Monsalve [12] en su investigación *“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino El Chamesino S. A. C. para incrementar su productividad”*, tuvo como objetivo reducir el número de fallas en las máquinas de la línea de producción para incrementar la productividad. Como metodología empleada se realizó el diagnóstico del mantenimiento actual de Setiembre 2016 – Agosto 2017, mediante las herramientas: AMEF, árbol de Fallas y análisis de criticidad; obteniendo un total de 161 fallas equivalentes a 459,08 horas, siendo las máquinas Descascaradora y Pulidora que generan 101,5 y 63,58 horas de paro. Asimismo, se calculó los indicadores para conocer la confiabilidad, mantenibilidad y la disponibilidad de la línea de producción. En base a los indicadores, se propuso el plan de mantenimiento preventivo con el siguiente lineamiento: una nueva jerarquización organizacional, un plan de capacitaciones, un plan y un cronograma de actividades de mantenimiento, y un nuevo procedimiento de mantenimiento con el objetivo de reducir la ocurrencia de fallas y alcanzar la productividad deseada que es de 68 sacos/hora. Finalmente, se obtuvo como costo-beneficio S/. 8,57 lo que indica que el proyecto es beneficioso económicamente ya que por cada sol invertido la empresa obtendrá un beneficio adicional de S/. 7,57.

Cuzquen [13] en su investigación titulada *“Plan de mejora en el proceso de producción para incrementar la productividad de la piladora “El Marañón” Chiclayo – 2019”*, teniendo como objetivo mejorar el proceso de pilado de arroz cáscara para incrementar la productividad de la empresa. La metodología empleada fue realizar un diagnóstico del proceso mediante una encuesta tomando como muestra a doce colaboradores del molino; para validar el nivel de

fiabilidad de la encuesta se realizó mediante el Alfa de Cronbach, obteniendo como resultado aceptable de 0,866. Asimismo, se aplicó la Matriz de Vester para analizar y determinar el problema principal obteniéndose que son las paradas no programadas de las máquinas debido a las fallas y la falta de materia prima por humedad del arroz. Además, se determinó la capacidad productiva de la planta que es de 395,3 sacos por turno, la productividad actual es de 1.409 y una eficiencia del sistema del 78,5%. Se obtuvo como resultado un incremento de la productividad de 1,28%, en lo que respecta al beneficio - costo es de S/. 1,11 lo que indica que la empresa tendrá una ganancia de S/. 0,11.

Materiales y métodos

Para el diagnóstico de la situación actual de la empresa se realizó una revisión bibliográfica [2], [6], [10], se realizó una medición de tiempos durante 5 días consecutivos, utilizando un cronómetro, se determinó el promedio de tiempo de cada actividad y se elaboró el un cursograma analítico, para la validación de dicha muestra se tomó en cuenta la información de los autores Niebel & Freivalds [10]. Se recopiló información del área de producción del año 2019 y se calculó actividades productivas e improductivas, los indicadores de productividad, capacidad, eficiencia, cuello y el tiempo ocioso de la etapa de secado en base a la investigación realizada por Muñoz [9] . Además, se obtuvo información sobre las paradas de la maquinaria del proceso productivo teniendo en consideración la investigación de Monsalve [12]. Para determinar las causas de una baja productividad en el proceso de pilado se realizó un diagrama de Ishikawa, además se realizó una entrevista al personal de producción con la finalidad de establecer las propuestas de mejora; la confiabilidad de la encuesta se realizó mediante el método de Cronbach [14], [13].

Para elaborar las propuestas de mejora del proceso productivo que consiste en la implementación de una nueva tecnología mediante un cuadro comparativo para determinar cuál es la secadora industrial más adecuada. Luego se elaboró un plan de mantenimiento para la descascaradora, pulidora y elevador[12]. Además, se realizó un programa de capacitación a los colaboradores de la empresa considerando su aporte de acuerdo a la investigación de Saenz [15]. Seguidamente se calcularon los nuevos indicadores para determinar la variación antes y después de las mejoras.

Para realizar la evaluación económica del proyecto se determinó la inversión parcial y total de las propuestas, se realizó una proyección de producción para el periodo 2022-2026 mediante el método de regresión lineal, luego se calcularon los beneficios s obtenidos antes y después de la mejora del arroz pilado y subproductos, seguidamente se realizó el estado resultados y flujo de caja determinado el TMAR [16], TIR, VAN y el costo beneficio.

Resultados

Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de la Piladora El Misti SAC

La Piladora El Misti SAC pertenece al sector agroindustrial, dedicada al servicio de pilado y comercialización de arroz. La cual inició sus actividades oficialmente el 24 de junio de 1998 con Registro Único del Contribuyente (RUC) 20395132696, ubicada en la Carretera Lambayeque, Mochumí Km. 1 Mocce.

Descripción del producto: La investigación está enfocada en Arroz Nir de 49 kg debido que presenta una mayor demanda en la Región. Teniendo como características principales un grano largo, delgado y blanco; cuya cocción presenta un buen graneado y suave.

Materia prima: Durante el año 2019 los meses que tuvieron mayor disponibilidad de materia prima en toneladas fue febrero, mayo, setiembre y octubre con 1 718,52, 1 667,00, 1 682,84 y 1 671,02 respectivamente (ver anexo 1).

Sub productos. Descarte, arrocillo $\frac{1}{2}$, ñelen $\frac{1}{4}$, polvillo.

Residuos: Pajilla, piedras.

Los recursos de la empresa se mencionan a continuación:

Materiales directos. La materia prima requerida es el arroz Nir en cáscara.

Materiales indirectos. Sacos: son utilizados para envasar el producto final, cuya presentación es de 49 kg de arroz pilado, carpas: se emplean para realizar el secado del arroz cascara, pabilo: sirve para coser los sacos del producto final.

Recurso Humano. La Piladora El Misti SAC dispone de 8 personas encargadas en el área de secado y del transporte de la materia prima hasta la tolva para dar inicio al proceso de pilado, 1 operario de máquina, 3 operarios encargados del envasado del producto final.

Recurso Tecnológico. La empresa cuenta con una variedad de maquinaria como la descascaradora, mesa paddy, pulidoras, selectora, entre otros (Ver anexo 2).

Descripción del proceso productivo: Dicho proceso sigue una secuencia de actividades que se describen a continuación:

Recepción. El arroz cáscara ingresa en sacos de 90 kg aproximadamente. Con una humedad promedio de 22% - 30%.

Secado artesanal. Se realiza de manera natural en carpas hasta lograr la humedad de 13%.

Llenado. El arroz seco se llena en sacos con peso aproximado de 90 kg y posteriormente es llevado a tolva.

Pre limpia. Separar la basura, piedras u objetos extraños contenidos en el arroz cáscara.

Descascarillado. En esta etapa el arroz es descascarado por fricción para obtener un arroz integral de color marrón; para ser llevado a las pulidoras mediante los elevadores.

Pulido

Pulidora de piedra (Primer pulido). El arroz integral es sometido a fricción para remover gran parte de las capas externas y obtener un arroz más blanco, con un nivel de pulido al 30%. Obteniéndose como subproducto al polvillo.

Pulidora de piedra (Segundo pulido). Llega mediante un elevador, se logra un pulido del arroz a un nivel de 60%.

Pulidora de piedra (Tercer pulido). Llega mediante un elevador, lográndose obtener un pulido del arroz del 90%.

Pulidora de agua. Conducido por un elevador, obteniendo un pulido al 100% del proceso.

Lustrado. Se realiza por fricción para limpiar el arroz procedente de la etapa anterior.

Escogido o zarandeado. Se realiza con la finalidad de separar granos enteros de los quebrados; obteniéndose aproximadamente 70% de granos enteros, 20% de granos de $\frac{1}{2}$ y 10% de granos de $\frac{1}{4}$.

Selección. Se realiza por el tipo de color, la máquina cuenta con 3 fases y un rechazo, esto quiere decir que los granos que no clasificaron pasan otra vez por una cuarta fase en donde si es el caso que haya pasado algún grano de buen color por casualidad o error se pueda aprovechar, el resto regresa hacia los pulidores por medio de mangas. Además, se obtiene como subproducto un 0,98% de arroz descarte.

Envasado. El arroz en tolva es vaciado en sacos de 49 kg.

Almacenamiento. Los sacos de arroz son almacenados en un lugar seco y fresco para después ser comercializado.

Análisis del proceso de producción

En la figura 1 se detalla el cursograma analítico donde se observan las actividades y tiempo promedio registrado de las 5 muestras (ver anexo 3) en la jornada laboral diaria, obteniendo el tiempo promedio desde pre limpia hasta almacenaje un total de 34,89 minutos, cuyo resultado obtenido está dentro del rango de 20 - 40 minutos (ver anexo 4) teniendo en cuenta la información de los autores Niebel y Freivalds [15]. Concluyendo que el estudio preliminar de 5 muestras es el adecuado.

Cursograma analítico del proceso							
Proceso: Pilado de arroz		Resumen					
Analista: Ruth Olivera Davila		Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo(min)		
Observación:		Operación	●	18	1 110,63		
		Inspección	■	2	6,99		
		Trasporte	➔	10	8,40		
		Demora	◐	0	0		
		Almacenamiento	▼	1	3,812		
		Total					
N°	Descripción de actividad	●	■	➔	◐	▼	Tiempo promedio (min)
1	Recepción de M.P	●					30,02
2	Tender mantas	●					15,53
3	Vaciar sacos	●					15,89
4	Esparcimiento del arroz	●					26,21
5	Inspección del porcentaje de humedad	●	■				3,40
6	Secado	●					949,60
7	Inspección del porcentaje de humedad	●	■				3,59
8	Llenado de sacos	●					12,37
9	Llevado a tolva	●		➔			6,60
10	Tolveado	●		➔			31,54
11	Desplazamiento 1	●		➔			0,20
12	Pre limpiado	●		➔			1,05
13	Desplazamiento 2	●		➔			0,20
14	Descascarillado	●		➔			0,71
15	Separación de cáscara	●		➔			10,03
16	Desplazamiento 3	●		➔			0,20
17	Pulido 1	●		➔			1,50
18	Desplazamiento 4	●		➔			0,20
19	Pulido 2	●		➔			1,49
20	Pulido 3	●		➔			1,54
21	Desplazamiento 5	●		➔			0,20
22	Pulido al agua	●		➔			1,52
23	Desplazamiento 6	●		➔			0,20
24	Lustrado	●		➔			1,36
25	Desplazamiento 7	●		➔			0,20
26	Escogido	●		➔			1,00
27	Desplazamiento 8	●		➔			0,20
28	Selección	●		➔			8,42
29	Desplazamiento 9	●		➔			0,20
30	Envasado	●		➔			0,87
31	Almacenaje	●				▼	3,812
	Total						1 129,83

Figura 1: Cursograma analítico del proceso de pilado de arroz

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Mediante el cursograma analítico 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 949,60 min.

Diagrama de Flujo del proceso de pilado de arroz: Comprende una producción continua, logrando obtener productos y subproductos, los cuales son salidas en una actividad específica como se muestra a continuación.

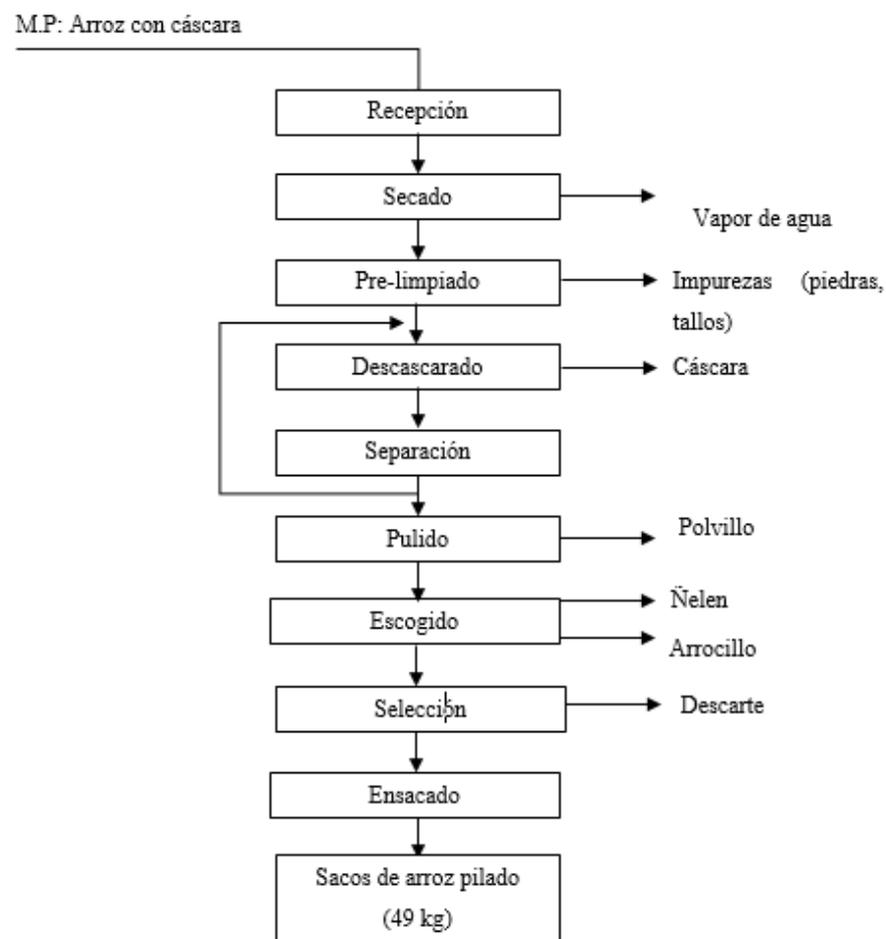


Figura 2: Salidas de producto y subproducto del proceso

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

En la figura 4, se muestra el balance de materia del proceso de pilado de arroz.

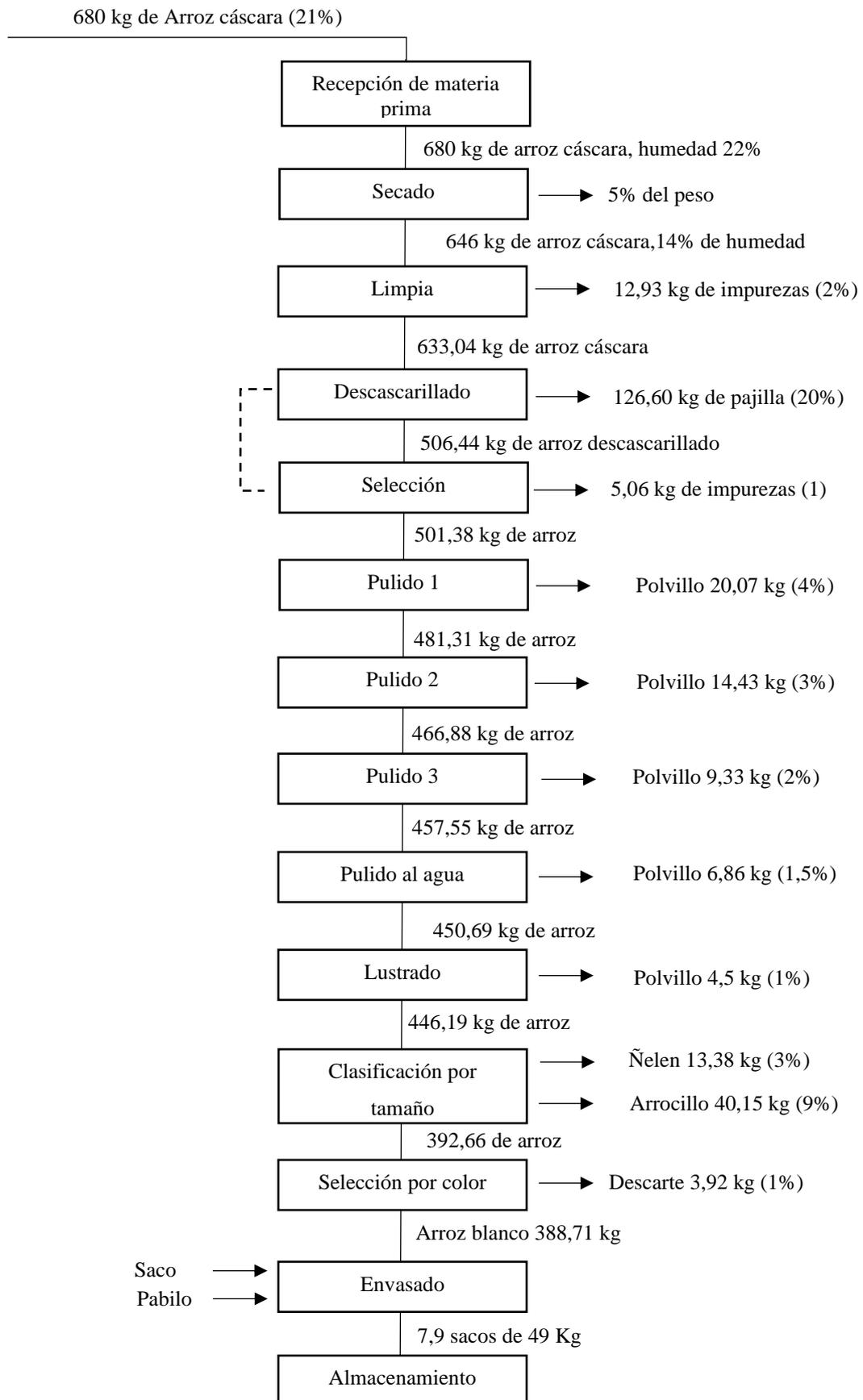


Figura 3: Balance de materia del lote de 680 kg de arroz cáscara

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

En la tabla 1, muestra la pérdida de materia prima en porcentaje de las actividades que conforman el proceso. Se obtuvo que el descascarado genera mayor pérdida con 20,06%, seguido el pulido con 12,87% y en clasificación con 15,93%.

Tabla 1: Balance de materia prima

Actividad	M.P. Ingresada (kg)	M.P. salida (kg)	%Pérdida del producto principal.
Recepción	750	750	0,00%
Secado	750	742,58	0,99%
Prelimpia	742,58	727,1	2,08%
Descascarillado	727,1	581,26	20,06%
Pulido	581,26	506,43	12,87%
Escogido	506,43	425,77	15,93%
Selección	425,77	421,61	0,98%
Envasado	421,61	421,61	0,00%

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

A continuación, se muestran los indicadores actuales de producción, productividad, capacidad y eficiencia:

Producción. La empresa cuenta con una jornada laboral de 8 horas al día, 26 días al mes cuyo tiempo base se calculó a continuación:

$$\text{Tiempo base (Tb)} = 8 \text{ horas/día} = 480 \text{ min/día}$$

El cuello de botella está dado por la selectora a color, con un 8,42 min, además la cantidad de arroz pilado que se obtiene en este ciclo es de 388,71 kg (Ver figura 3).

$$\text{Ciclo (C)} = 8,42 \text{ min}/388,71 \text{ kg}$$

Producción diaria:

$$\text{Producción} = \frac{480 \text{ min/día}}{8,42 \text{ min}/388,71 \text{ kg}} = 22 \ 159,23 \text{ kg arroz pilado/día}$$

Considerando que cada saco de arroz pesa 49 kg se obtiene que la producción diaria sería de 452 sacos.

Indicadores de productividad. En la piladora al día se procesa 38 400 kg de arroz cáscara.

$$\text{Materia prima} = \frac{480}{8,5/680} = 38 \ 400 \text{ kg}$$

La productividad de materia prima: Se obtuvo que se produce 0,011 sacos de arroz pilado por cada kilogramo de arroz cáscara que ingresa.

$$\text{Productividad M. P} = \frac{452 \text{ sacos}}{38400 \text{ kg}} = 0,011 \frac{\text{Sacos}}{\text{kg}}$$

Productividad de mano de obra: La empresa produce 452 sacos de arroz pilado al día y cuenta con 12 operarios:

$$\text{Productividad de M.O} = \frac{452 \text{ sacos de arroz pilado}}{12 \text{ operarios}} = 37,67 \frac{\text{Sacos de arroz}}{\text{Operario}}$$

Se obtuvo como resultado que se produce 37,67 sacos de arroz pilado por cada operario.

Productividad de maquinaria: Se consideró la maquinaria que genera valor al producto siendo las siguientes: pre limpiadora 1, descascaradora 2, cámara de circuito succión de cascarilla de arroz, mesa paddy 1, pulidoras 4, lustradora 1, selectora 1 siendo un total de 11 máquinas (Ver anexo 2).

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{452 \text{ sacos de arroz pilado}}{11 \text{ máquinas}} = 41,1 \frac{\text{sacos de arroz}}{\text{Máquina}}$$

Se obtuvo como resultado que se procesa 41,1 sacos de arroz pilado por máquina.

Productividad global: Se calculó en base a los siguientes costos:

Costos de personal: Considerando los 16 operarios y colaboradores de la empresa, se obtuvo un monto total de S/. 301 949,14.

Costo de energía eléctrica: Éste costo involucra la maquinaria necesaria para el proceso siendo de S/. 13 000,00 a S/. 14 000,00 al mes. En este caso se trabajó con el promedio mensual (S/. 13 500,00); siendo un total de S/. 162 000,00 al año.

Costo de insumos: está dado por la compra de sacos de polipropileno, cada millar con un costo de S/. 1 700,00, la piladora emplea alrededor de 135 millares lo que asciende a un monto de S/. 229 500,00. Asimismo, se emplean 27 conos de hilo para coser los sacos siendo S/. 270,00 al año; sumando un total de S/. 229 270,00.

Costo de mantenimiento correctivo: asciende a un monto total de S/. 207 323,28 al año.

$$\begin{aligned} \text{Costo total (2019)} &= S/. 301 949,14 + S/. 162 000,00 + S/. 229 270,00 + \\ &S/. 207 323,28 = S/. 900 542,42 \end{aligned}$$

La producción obtenida al año es de 134 122,31 sacos por ende la productividad global se define de la siguiente manera:

$$\text{Productividad global (2019)} = \frac{134 122,31 \text{ sacos/año}}{S/. 900 542,42} = 0,15 \frac{\text{sacos de arroz}}{\text{soles}}$$

Se obtuvo como resultado 0,15 sacos de arroz pilado, lo que indica que por cada sol invertido se obtiene 7,35 kg de arroz pilado.

Capacidad diseñada: La piladora fue diseñada para una capacidad máxima teórica de 600 sacos teniendo en cuenta la máquina de menor capacidad que es la selectora, asimismo considerando el turno de 8 horas al día.

Capacidad real: Se consideró la cantidad máxima de producción que fue de 452 sacos diarios.

Capacidad ociosa: Teniendo la capacidad diseñada y real se realizó la determinación de la capacidad ociosa, como se muestra a continuación.

$$\text{Cap. ociosa} = 600 \text{ sacos/día} - 452 \text{ sacos/día} = 148 \text{ sacos/día}$$

Utilización: Determinada la capacidad real y conociendo la capacidad diseñada se calculó la utilización obtiene como resultado 75%.

$$\text{Utilización} = \frac{452 \text{ sacos/día}}{600 \text{ sacos/día}} * 100 = 75\%$$

Eficiencia física: Se determinó teniendo en cuenta las salidas con respecto a las entradas (Ver figura 2).

$$\text{Eficiencia física} = \frac{388,71 \text{ kg de arroz pilado}}{680 \text{ kg de arroz cáscara}} = 57\%$$

El 57% se aprovecha de las entradas de materia prima, indicando que por cada 100 kg se tiene una salida de 56,22 kg de arroz pilado y 43,78 kg que corresponde a los subproductos y desechos.

Se determinó la eficiencia del proceso de pilado mensual del año 2019 como se observa en la tabla 2.

Tabla 2: Eficiencia del proceso del año 2019

MESES	Materia prima (t)	Arroz pilado (t)	Eficiencia
Enero	783,25	470,81	60%
Febrero	828,34	530,01	64%
Marzo	794,86	495,37	62%
Abril	813,36	500,88	62%
Mayo	833,81	514,13	62%
Junio	906,79	506,63	56%
Julio	816,03	470,23	58%
Agosto	788,68	470,81	60%
Setiembre	801,35	499,01	62%
Octubre	785,73	435,37	55%
Noviembre	763,36	420,88	55%
Diciembre	791,06	491,35	62%

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora Misti SAC

Analizando la eficiencia del proceso la empresa se encuentra en un promedio de 60% comparando con la eficiencia nacional según el censo nacional [2] se encuentra por debajo al 66%. Con respecto a los subproductos que se detallan (ver anexo 5).

La eficiencia calculada de 57% utilizaremos para comparar con la eficiencia a nivel nacional, existiendo una diferencia de 9%, es decir la piladora por cada 100 kg de arroz cáscara produce 9% de kg más de subproductos que el promedio nacional. Por ende, se concluye que la empresa tiene una baja eficiencia del pilado de arroz conllevando a una baja productividad.

Cuello de botella y tiempo total de ciclo:

Cuello de botella= 949,60min = 15,82 horas

Tiempo total de ciclo= 1 129,83 min

Análisis del tiempo ocioso

El cuello de botella del proceso de pilado de arroz es el secado artesanal (ver anexo 6) con un tiempo promedio de 949,60 minutos.

La principal causa del elevado tiempo es la falta de tecnología. Según Reaño [10], en su entrevista a La Asociación Peruana de Molineros de Arroz (APEMA), expresa que las empresas que poseen tecnología en la etapa del secado, su tiempo de operación es de 180 minutos; la empresa tiene en su proceso un tiempo de secado de 769,6 minutos más que las empresas que poseen tecnología en esta etapa.

Además, se identificó que la actividad de secado se considera tiempos ociosos debido a que en esta etapa no interviene la mano de obra, ya que una vez rayado el arroz en forma de surco, se deja reposar por 891,6 minutos (ver anexo 7).

En total la etapa de secado posee un tiempo ocioso promedio 7 horas al día, el número de colaboradores en esa etapa es de 8, el costo por hora es de S/. 4,35 y el costo mensual relacionado a dicho tiempo ocioso es de S/. 6 333,6.

La tabla 3 muestra el resumen de los indicadores de producción, productividad, capacidad, eficiencia y cuello de botella:

Tabla 3: Resumen de indicadores de producción y productividad

Producción	
Producción diaria	452 sacos de arroz pilado
Productividad	
Productividad de Materia Prima	0,011 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara
Productividad de Mano de Obra	37,67 sacos de arroz pilado diario/operario
Productividad de Maquinaria	41,1 sacos de arroz pilado diario/máquina
Productividad Total	0,15 sacos de arroz pilado/soles.
Capacidad	
Capacidad diseñada	600 sacos de arroz pilado/día
Capacidad efectiva o real	452 sacos de arroz pilado/día
Utilización	75%
Capacidad Ociosa	148 sacos de arroz pilado/día
Eficiencia	
Eficiencia física	57%
Cuello De Botella	
Cuello de botella	949,60 minutos
Tiempo de ciclo	1 129,83 minutos

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Maquinaria y equipos

Durante el periodo de enero-diciembre del 2019 se registraron 62 fallas en la maquinaria utilizada en el proceso de pilado de arroz como se observa en la tabla 4.

Tabla 4: Número de fallas de maquinaria del proceso de pilado

Maquinaria	Función	Número de fallas	Parada de la maquinaria (horas)	Especificaciones		Tipo de mantenimiento
Pre limpia	Eliminar objetos extraños de la MP	3	3	Marca	Zaccaria	Mantenimiento correctivo
				Años de antigüedad	10	
Descascaradora	Quitar la cáscara a la materia prima	18	54	Marca	Hechiza	Mantenimiento correctivo
				Años de antigüedad	10	
Pulidora de piedra	Pulir el grano de arroz	21	52	Marca	Zaccaria	Mantenimiento correctivo
				Años de antigüedad	9	
Elevador	Transportar los granos de arroz	16	31	Marca	Hechizo	Mantenimiento correctivo
				Años de antigüedad	7	
Selectora	Seleccionar los granos de arroz	4	4,5	Marca	Hons	Mantenimiento correctivo
				Años de antigüedad	5	

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Una vez realizado el diagnóstico de la maquinaria/equipos en cada etapa del proceso de pilado de arroz, se procedió a determinar el área crítica del proceso de pilado, para ello se basará en la frecuencia de la cantidad de fallas y los tiempos de paradas de las máquinas, en el año 2019. Donde se obtuvo que las máquinas con mayor frecuencia suma un 88,7% del total, siendo la descascaradora, pulidora de piedra, elevador con respectivos porcentajes de 29, 33,9, 25,8 (ver anexo 8).

Con respecto a las pérdidas económicas durante el año 2019 la Piladora Misti SAC presentó una pérdida económica de S/. 61 231,88 (ver anexo 9). Por lo que es importante hacer mención que la empresa tiene una capacidad real de 452 sacos de arroz pilado por día y el ingreso por el servicio de pilado de arroz es de 4,5 soles por saco.

Identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas

Para realizar el análisis y evaluación de la información del diagnóstico de la situación actual se utilizó el diagrama de Ishikawa que se muestra en la figura 4:

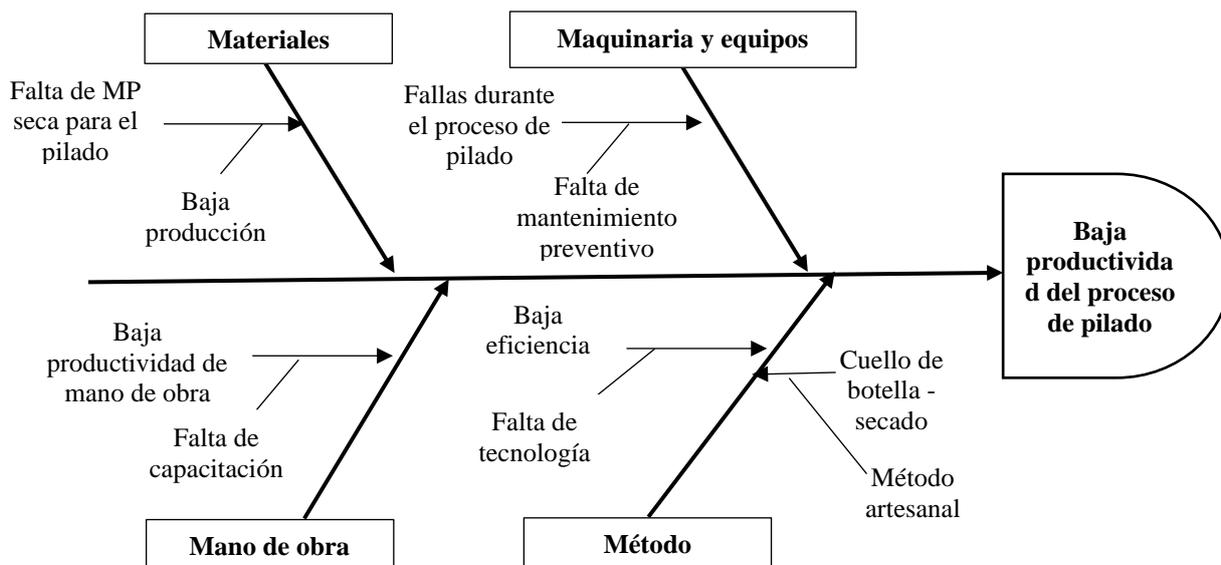


Figura 4: Ishikawa

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Identificación de las causas de la baja productividad en el sistema de producción, y propuestas de mejora:

Causa 1: Baja eficiencia del proceso de pilado encontrándose inferior al promedio nacional.

Ante el problema identificado se propone la implementación y uso de tecnología en la etapa de secado.

Causa 2: Existencia de tiempo ocioso en la etapa de secado

Este problema genera a la empresa desperdicios, tiempo, mano de obra y dinero; por lo tanto, se propone la implementación de una secadora industrial.

Causa 3: Falla y paradas de maquinaria en el proceso de pilado

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, por lo que genera paradas no programadas en el proceso; ante ello se propone un plan de mantenimiento preventivo.

Considerando las posibles causas del Ishikawa se realizó una encuesta online (ver anexo 10) a 10 operarios de la empresa con la finalidad de reforzar las causas ya mencionadas.

Para demostrar calidad y confianza del instrumento se utilizó el alfa de Cronbach, donde se obtuvo un α (alfa) de 0,844 cercano a la unidad lo que se considera aceptable.

Mediante el diagrama de Pareto se determinó las causas con mayor frecuencia y porcentaje se ubican en primer lugar el método de secado empleado no es adecuado, luego paradas de maquinaria y equipos, seguido falta de capacitación de los operarios y finalmente variación de humedad del arroz seco. Obtenido estos resultados se dará paso a las mejoras.

Propuesta de mejora para el proceso productivo de la Piladora El Misti SAC

Ante la problemática diagnosticada se proponen las siguientes mejoras:

Propuesta 1: Implementación de una secadora industrial

Para determinar la maquinaria se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

Tipo de proceso: Es ideal que la maquinaria este a favor del grano que se va a secar y la capacidad que se va a realizar.

Instalación: Disponer de espacio, herramientas necesarias y el costo de instalación.

Especificaciones técnicas: Se especifica el tipo de combustible a usar, reducción de humedad.

Capacidad: La secadora tiene que estar relacionada con la disposición de la materia prima y opción a una ampliación.

Costo de inversión: Valor económico de la maquinaria.

Tipo de combustible: Carbón, cáscara de arroz, virutas de madera, Gas, diésel, etc.

La primera alternativa se considera un secador rotativo continuo – SRCZ-1. utilizado para el secado del grano de arroz; para que esto ocurra, el grano húmedo ingresa en la cámara rotativa, permaneciendo en proceso de agitación por algunos minutos, tiempo necesario para la pérdida excesiva de humedad. Se dispone de ficha técnica (ver anexo 11).

La opción 2 es una secadora Mega modelo ST 015B, los secadores de granos utilizan un método único de admisión de aire caliente para permitir el aire se distribuya uniformemente en cada esquina, asegurando la calidad del grano seco. Cuenta con ficha técnica (ver anexo 12).

Tabla 5: Secador rotatorio vs Secadora Mega ST 015B

Descripción	Secador rotatorio	Secadora Mega
Modelo	SRCZ-1	ST 015B
Marca	Zaccaria	Mega
Capacidad de secado	1,5 t/h	2,5 t/h
Combustible	GLP	Biomasa y energía eléctrica
Inversión total	\$/ 85 700 dólares	\$/ 103 000
Costo de montaje	\$/ 2 000 dólares	\$/ 10,000
Costo de operación	- Uso de combustible (consumo medio de gas 5,4 L) - Mano de obra (4 operarios)	- Uso de combustible (100 kg/h de biomasa) - Mano de obra (3 operarios)
Espacio utilizado	16,5 m ³	34 m ³
Beneficios	- Control de la operación. - Estabilidad en la temperatura de secado. - Fácil operación y bajo coste de mantenimiento.	- Secado uniforme. - Bajo coste de mantenimiento, aproximadamente S/ 2,000 al año. - Se tiene opción de ampliar su capacidad.

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

Realizada la comparación se tiene que la mejor opción es la secadora Mega ST 015B, ya que se adapta más a las necesidades de la piladora cuyas ventajas principales son: cuenta con un costo de operación bajo ya que el combustible que usa es biomasa y menor número de colaboradores, secado uniforme, bajo coste de mantenimiento y opción de ampliar su capacidad. Asimismo, la empresa dispone del espacio necesario para la implementación de la secadora industrial en el área del secado artesanal.

Propuesta 2: Plan de mantenimiento preventivo

Objetivo general: Lograr un buen funcionamiento de la maquinaria en el proceso de pilado.
Objetivos específicos: Reducir las paradas innecesarias de la maquinaria/equipos que suma el 88,7% del total, eliminar las pérdidas económicas por paradas no programadas de maquinaria/equipos.

Ubicación: Las actividades de mantenimiento se llevarán a cabo en La Piladora El Misti SAC.

Alcance: Dentro del diagnóstico se identificó que existen ciertas maquinarias/equipos que manifiestan constante paradas y por lo que es necesario mantener un mantenimiento preventivo en las pulidoras, descascaradora y elevador.

Desarrollo: Elaborar el cronograma anual y las horas que se requerirá cada actividad, luego presentar el cronograma al jefe de planta y el administrador, teniendo la aceptación se procede

a realizar las actividades y para tener un control adecuado de cumplimiento se llenará una hoja con detalles a lo que se va a realizar.

Actividades de mantenimiento: Las actividades de mantenimiento destinado a la pulidora, descascaradora y elevador de cangilones, se realizarán en distintos periodos según la naturaleza de la actividad, pueden ser: diario, semanal, semestral, mensual, trimestral y anual.

Responsable: El encargado de mantenimiento y 2 técnicos serán los responsables de llevar a cabo las actividades del mantenimiento según lo especificado.

Cronograma de actividades: Que se desarrollaran en la pulidora, descascaradora y elevador de cangilones es de mucha importancia para tener una mayor seguridad, reducción de paradas innecesarias y un aumento en la vida útil del equipo.

Se debe considerar lo siguiente para un buen funcionamiento en máquinas y equipos:

Tabla 6: Actividades de mantenimiento

Actividad de mantenimiento	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Periodo	N° de veces a realizar	Tiempo anual de mantenimiento (min)
Pulidora				
Cambios de faja	45	semestral	2	90
Revisar el sistema eléctrico	15	Trimestral	4	60
Calibración de las pulidoras	10	Semanal	52	520
Lubricación de rodajes	90	Mensual	12	1 080
Limpieza superficial	12	Mensual	12	144
Cambiar el cilindro pulidor y las rejillas de criba	30	Trimestral	4	120
Descascaradora				
Revisar el conector neumático	10	Semanal	52	520
Cambiar fajas	30	Trimestral	4	120
Revisar alineación de poleas	13	Trimestral	4	52
Cambiar los pernos de los porta rodillos	30	Quincenal	24	720
Lubricación de rodajes	40	Mensual	12	480
Ajustar los pernos del guarda motor y contactor	10	Mensual	12	120
Ajustar o tensar las fajas	15	Mensual	12	180
Revisar las fajas	8	Semanal	52	416
Elevadores				
Lubricación de cojinetes de cabeza y cojinetes de arranque	40	Semanal	52	2 080
Inspeccionar la alineación de la banda	10	Diario	312	3 120
Revisar la bota	15	Diario	312	4 680
Revisar y apretar los tornillos de los cangilones	30	Mensual	12	360
Actividad de mantenimiento	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Periodo	N° de veces a realizar	Tiempo anual de mantenimiento
Inspección semanal de los tornillos o elementos de sujeción	15	Semanal	52	780
Cambio de fajas	30	Semestral	2	60
Inspeccionar el nivel de aceite	20	Trimestral	4	80
Lubricación de catalina	25	Semanal	52	1 300
Lubricación de cadena	25	Semanal	52	1 300
Lubricación de piñones	25	Semanal	52	1 300
Cambio de lona	60	Anual	1	60
Total (min)				19 742
Total (horas)				329,03

Fuente: Elaboración propia. En base a [16], Valle [17] y Muñoz [9]

Estas actividades de las tres máquinas se detallan en el cronograma como se muestra en los anexos 13,14 y 15.

Propuesta 3: Programa de capacitación a los trabajadores de la Piladora el Misti SAC

El Plan de Capacitación constituye un instrumento que determina las prioridades del personal que labora en la empresa, fortalece el funcionamiento de la empresa para el mejor aporte en el desempeño de las actividades, elevando la calidad en el proceso de pilado.

Objetivo general: Capacitar a los colaboradores, mejorando sus actitudes para crear un ambiente laboral satisfactorio.

Ubicación: Las capacitaciones se desarrollarán en los ambientes de la Piladora El Misti SAC.

Temas: Los temas a tratar en la capacitación serán los siguientes:

MODULO I: UNMSM.

Importancia de la Ingeniería de Métodos.

Productividad y su importancia en la industria.

MODULO II: Ingeniero industrial

Parámetros de control de calidad del arroz

Importancia del secado industrial

MODULO III: TECSUP

Correcta Preparación de los Trabajos de Mantenimiento.

Planificación y Programación del Mantenimiento.

Importancia del mantenimiento preventivo

Frecuencia: Para el desarrollo de las actividades se disponen de siete temas los cuales durante cada mes se llevará a cabo una o dos capacitaciones con una duración de 4 horas como se muestra a continuación el cronograma se especifica (ver anexo 16).

Control: Para el control de asistencia a la capacitación se utilizará el siguiente documento que muestra los puntos a considerar (ver anexo 17).

Impacto sobre el problema: Por medio de las capacitaciones se busca mejorar el desempeño, adquirir conocimientos, habilidades, actitudes y conductas de los trabajadores en sus puestos de trabajo. Cabe mencionar que mediante esta propuesta hará más eficiente el uso de los recursos.

Análisis de los tiempos después de la mejora:

Verificación de la muestra: Para validar la muestra, se procederá a dividir el proceso en dos etapas, como se realizó en el diagnóstico.

Secado: Abarca las operaciones desde la recepción y pesado, hasta el desplazamiento a prelimpia.

Circuito de pilado: Abarca las operaciones desde la prelimpia, hasta el almacenamiento de los sacos de arroz pilado de 49 kg.

El que se usará para determinar el número real de ciclos necesarios es el circuito de pilado. El cual sigue manteniendo sus tiempos promedios (ver anexo 3), considerándose la muestra adecuada como hace mención Niebel & Freivalds [15].

Cabe resaltar que con la implementación de la secadora industrial se reduce el tiempo de secado a 180 minutos (ver anexo 18) y se aumenta la eficiencia de pilado a 66 % tomando como referencia el promedio de la eficiencia nacional según lo manifiesta el Ministerio de Agricultura [18]. Se considerará los datos del balance de materia que se realizó en el diagnóstico, se muestra en la figura 4.

Nuevos indicadores de producción, productividad, capacidad, utilización y eficiencia:

Producción: La piladora posee una jornada laboral diaria de 8 horas, teniendo el siguiente tiempo base:

$$\text{Tiempo base (Tb)} = 8 \text{ horas/día} = 480 \text{ min}$$

El cuello de botella está dado por la selectora a color, con tiempo de 8,42 min (Ver figura 1).

$$\text{Ciclo (c)} = 8,42 / 448,8 \text{ kg de arroz pilado}$$

Producción diaria:

$$\text{Producción} = \frac{480}{8,5/448,8} = 25\,344 \text{ kg de arroz pilado/día}$$

El producto final se envasa en sacos de 49 kg, por ende, se tiene una producción diaria de 517,22 sacos pilado/día.

Productividad: Relación de la cantidad de producto terminado y la cantidad de recursos empleados en el proceso.

Productividad de Materia Prima: El ingreso de materia prima al día es de 38 400 kg:

$$\text{Materia prima} = \frac{480}{8,5/680} = 38\,400 \text{ kg}$$

La productividad de materia prima, indica que la empresa produce 0,013 sacos de arroz pilado por cada kilogramo de arroz cáscara que ingresa al proceso de pilado.

$$Productividad\ M.P = \frac{517,22}{38\ 400} = 0,013$$

Productividad de mano de obra: La empresa produce 517,22 sacos de arroz pilado y cuenta con 7 operarios:

$$Productividad\ M.O = \frac{517,22 \text{ sacos de arroz pilado}}{7 \text{ operarios}} = 73,89 \frac{\text{Sacos de arroz}}{\text{Operario}}$$

Se obtuvo como resultado que se produce 73,89 sacos de arroz pilado por cada operario.

Productividad de maquinaria: Se tomó en cuenta la maquinaria que agrega valor al producto que son las siguientes: pre limpiadora 1, descascaradora 2, cámara de circuito succión de cascarilla de arroz, mesa paddy 1, pulidoras 4, lustradora 1, selectora 1 siendo un total de 11 máquinas (Ver anexo 2).

$$Productividad\ de\ maquinaria = \frac{517,22 \text{ sacos de arroz pilado}}{11 \text{ máquinas}} = 47,02$$

Productividad global: Para el cálculo de este indicador se tomó en cuenta los costos asociados a la producción de arroz pilado que son los siguiente:

Costos de personal: está representado por los 11 operarios y colaboradores, ascendiendo a un monto total S/. 222 389,14.

Costo de energía eléctrica: éste costo involucra la maquinaria necesaria durante el proceso de pilado de arroz que es de S/. 13 000,00 a S/. 14 000,00 al mes. En este caso se trabajó con el promedio mensual que es S/. 13 500,00; siendo un total de S/. 162 000,00 al año.

Costo de insumos: está dado por la compra de sacos de polipropileno, cada millar con un costo de S/. 1 700,00, la piladora emplea alrededor de 135 millares lo que asciende a un monto de S/. 229 500,00. Asimismo, se emplean 27 conos de hilo para coser los sacos siendo S/. 270,00 al año; Siendo un total de S/. 229 270,00.

Costo de mantenimiento preventivo: asciende a un monto total de S/ 12 421,8 al año (ver anexo 19).

$$Costo\ total\ (2019) = 222\ 389,14 + 162\ 000,00 + 229\ 270,00 + 12\ 421,8 = 626\ 080,94$$

La producción promedio de sacos de arroz pilado al año es de 161 372,64, entonces la productividad económica de la empresa se define de la siguiente manera:

$$Productividad\ global\ (2019) = \frac{161\ 372,64 \text{ sacos/año}}{S/626\ 080,94} = 0,25 \text{ sacos de arroz pilado/S/}$$

Se obtuvo como resultado 0,25 sacos de arroz pilado, lo que indica que por cada sol invertido se obtiene 12,25 kg de arroz pilado.

Capacidad:

Capacidad diseñada: La piladora fue diseñada para una capacidad máxima teórica de 600 sacos en turno laboral diario de 8 horas, teniendo en cuenta la máquina de menor capacidad.

Capacidad real: Se consideró producción máxima de 517,22 sacos al día.

Capacidad ociosa: Teniendo la capacidad diseñada y real se realizó la determinación de la capacidad ociosa, como se muestra a continuación.

$$\text{Cap. ociosa} = 600 \text{ sacos/día} - 517,22 \text{ sacos/día} = 82,78 \text{ sacos/día}$$

Utilización: La empresa tiene una utilización de la capacidad de 86%.

$$\text{Utilización} = \frac{517,22 \text{ sacos/día}}{600 \text{ sacos/día}} * 100 = 86\%$$

Eficiencia:

Eficiencia física: Para determinar la eficiencia física se procedió a calcular las salidas, que viene a ser el producto terminado en kilogramos y las entradas, que viene a ser la materia prima que ingresó para realizar el producto final.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{448,8 \text{ kg de arroz pilado}}{680 \text{ de arroz cascara}} = 66\%$$

De la cantidad de arroz cáscara que ingresa al proceso de pilado de arroz se aprovecha el 66%, es decir que por cada 100 Kg de arroz cáscara se obtiene 66 kg de arroz pilado y 34 kg de subproductos y desechos.

Cuello de botella y tiempo ciclo:

$$\text{Cuello de botella} = 180 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de ciclo total} = 305,51 \text{ min}$$

Cuadro comparativo de indicadores

La tabla 7, muestra la comparación de los indicadores antes y después de la mejora; aumentando la producción diaria en 14,4%, la productividad de materia prima en 18,18%, la capacidad ociosa disminuyó en un 44%; la eficiencia física aumentó en un 17,79%, el cuello de botella y el tiempo de ciclo disminuyó en un 87,4% y 82,44%. Asimismo, las propuestas de mejoras en la Piladora El Misti SAC permitió incrementar su productividad total en un 46,67%.

Tabla 7: Resumen de indicadores de producción, capacidad, eficiencia y productividad

Indicadores			Variación
	PRODUCCIÓN		
Producción diaria	452 SACOS	517,22 sacos de arroz pilado	14,42%
	PRODUCTIVIDAD		
Productividad de Materia Prima	0,011 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara	0,015 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara	36,36%
Productividad de Mano de Obra	37,67 sacos de arroz pilado diario/operario	73,89 sacos de arroz pilado diario/operario	96,1%
Productividad de Maquinaria	41,1 sacos de arroz pilado diario/máquina	47,02 sacos de arroz pilado diario/máquina	14,4%
Productividad Total	0,15 sacos de arroz pilado/soles.	0,25 sacos de arroz pilado/soles.	66%
	CAPACIDAD		
Capacidad diseñada	600 sacos de arroz pilado/día	600 sacos de arroz pilado/día	-
Capacidad efectiva o real	452 sacos de arroz pilado/día	517,22 sacos de arroz pilado/día	14,42%
Utilización	75%	86%	14,6%
Capacidad Ociosa	148 sacos de arroz pilado/día	82,78 sacos de arroz pilado/día	-44%
	EFICIENCIA		
Eficiencia física	57%	66%	15,7%
	CUELLO DE BOTELLA		
Cuello de botella	949,60 minutos	180 minutos	-81%
Tiempo de ciclo	1 129,83 minutos	305,51 minutos	-72,9%

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Evaluación económica de la propuesta de mejora

Incluirá los beneficios económicos de las propuestas para la Piladora El Misti SAC y los costos de cada propuesta. A continuación, se detalla el listado de costos y/o gastos tangibles del proyecto

Adquisición de maquinaria: La adquisición de tecnología para la etapa del secado, incluye: Secadora, Horno quemador de biomasa, silos de almacenamiento, elevadores de cangilones y faja transportadora; con ello se reduce el tiempo de cuello de botella, los costos por tiempo ocioso y disponibilidad de materia prima seca. La inversión total es de 145 920 dólares (ver anexo 20).

Plan de mantenimiento: Es importante realizar un mantenimiento preventivo para reducir el número de fallas; siendo un total de S/. 12 421,8 (ver anexo 21)

Plan de capacitaciones: Para que las propuestas de mejora tengan éxito es necesario contar con personal calificado y listo para realizar sus tareas asignadas, por ello se propone la realización de programas de capacitación al personal. El costo del plan de capacitaciones es de 8 720 soles anuales (ver anexo 22).

Pronóstico de disponibilidad de materia prima

El pronóstico de disponibilidad de materia prima del periodo 2022-2026, se tiene en cuenta datos históricos (ver anexo 23) y se realizó la proyección mediante el método de regresión lineal obteniéndose los resultados aceptables ya que se tiene un R2 igual a 1, la proyección se detalla (ver anexo 24).

Beneficios obtenidos antes y después de la mejora

Para determinar el beneficio es importante hacer mención que la utilidad es de S/. 4,5 por saco por pilado de arroz blanco y subproductos.

Tabla 8: Beneficios antes y después de la mejora

Utilidad (S/) por arroz pilado			
Periodo	Venta de arroz antes de la mejora	Venta de arroz después de la mejora	Utilidad (S/)
2022	1 045 058,47	4 702 763,13	3 657 704,66
2023	1 059 218,22	4 766 481,97	3 707 263,76
2024	1 073 377,96	4 830 200,81	3 756 822,85
2025	1 087 537,70	4 893 919,65	3 806 381,95
2026	1 101 697,44	4 957 638,49	3 855 941,05
Total	5 366 889,79	24 151 004,05	18 784 114,26
Utilidad (S/) por subproductos			
2022	305 572,65	763 931,63	132 414,82
2023	309 712,93	774 282,32	134 208,94
2024	313 853,20	784 633,01	136 003,06
2025	317 993,48	794 983,70	137 797,17
2026	322 133,76	805 334,39	139 591,29
Total	1 569 266,02	3 923 165,05	680 015,28

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

La tabla 9 nos muestra el resumen de los costos de inversión y beneficio obtenido, cuyos datos se utilizarán para realizar el estado resultados y flujo de caja. Además, se considera el promedio de la proyección de demanda por su utilidad siendo de S/92,272.84 y por subproductos S/125,541.28

Tabla 9: Resumen de los costos de inversión y beneficios

Propuestas	Inversión (S/)	Impacto	Beneficio (S/)
Implementación de secadora industrial	573 465,60	- Incremento de producción. - reducción de operarios en la etapa secado	160 737,72 81 120
Programa de mantenimiento	-	Ahorro por evitar fallas en el proceso	34 832,25
Capacitación de operarios	8 720	Incremento del 25 % en la productividad de MO	-
Total			276 689,97

Fuente: Elaboración propia

Según la SUNAT [19] el porcentaje de depreciación que le corresponde a la maquinaria encontrándose dentro de la clasificación de bienes de maquinaria y equipos el 20%.

Para determinar la tasa mínima atractiva de retorno % TMAR se consideró la tasa inflacionaria de 5,23% y riesgo país de 7,4% [20]. Utilizando la siguiente formula [21]

$$\text{TMAR} = \text{Tasa de inflación} + \text{premio al riesgo}$$

Realizado el cálculo el TMAR es 12,63%

Tabla 10: Estado resultado y Flujo de caja

Estado de resultados					
Año	0	1	2	3	4
Ingresos		S/494,504.09	S/519,229.30	S/545,190.76	S/572,450.30
costos operativos		S/21,141.80	S/22,198.89	S/23,308.83	S/24,474.28
depreciación		S/17,783.25	S/17,783.25	S/17,783.25	S/17,783.25
GAV		S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
utilidad antes de impuestos		S/455,579.04	S/479,247.16	S/504,098.68	S/530,192.78
Impuestos (29%)		S/54,669.49	S/57,509.66	S/60,491.84	S/63,623.13
utilidad después de impuestos		S/400,909.56	S/421,737.50	S/443,606.84	S/466,569.64
Flujo de caja					
Año	0	1	2	3	4
utilidad después de impuestos		S/400,909.56	S/421,737.50	S/443,606.84	S/466,569.64
Inversión	S/573,465.60	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Año	0	1	2	3	4
FNE	-S/573,465.60	S/418,692.81	S/439,520.75	S/461,390.09	S/484,352.89
VAN	S/768,664.38				
TIR	66%		TMAR	12.63%	
Año	0	1	2	3	4
Ingresos		S/494,504.09	S/519,229.30	S/545,190.76	S/572,450.30
Egresos	S/573,465.60	S/75,811.29	S/79,708.55	S/83,800.68	S/88,097.41
VAN Ingresos	S/1,585,671.93				
VAN Egresos	S/817,007.55				
B/C	1.94				

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como resultado un VAN de S/. 768,664.38 el TIR de 66% y un costo beneficio de S/. 1,94 lo que indica que por cada sol invertido se obtendrá una ganancia de S/ 0,94.

Discusión

Mediante el diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de Piladora se obtuvo como resultado que la productividad global es de 0,15 sacos de arroz pilado/soles, la eficiencia del proceso de 57%, asimismo se determinó a la etapa de secado como cuello de botella con un tiempo de 949,60 min, además se determinó que en el cuello de botella existe un tiempo ocioso de 891,6 min ; en cuanto al número de paradas las máquinas con mayor frecuencia suma un 88,7% del total, siendo la descascaradora, pulidora de piedra, elevador. Dichos resultados obtenidos son comparables con la investigación realizada por Muñoz [9] para el análisis del proceso en donde se consideró la misma metodología, obteniendo una productividad de 0,32 sacos de arroz pilado/soles, eficiencia de 56,22%, el cuello de botella la etapa de secado con un tiempo de 586 min, un tiempo ocioso de 480 min al día; asimismo 67% de los números de fallas radica en el área de descascarado y pulido; con lo que se evidencia también una baja productividad de la Piladora El Misti SAC con valores inferiores a los resultados obtenidos en el diagnóstico comparando con la investigación realizada por Muñoz; con respecto al resultado de la eficiencia es comparable con MINAGRI [2] donde hace mención que el promedio nacional de eficiencia del proceso es de 66% con lo que se evidencia que el valor obtenido está por debajo al valor óptimo.

En lo que respecta a las propuestas de mejora se obtuvo como resultado que la máquina secadora más óptima es la secadora Mega teniendo en cuenta criterios como el empleo de biomasa en este caso la pajilla de arroz como hace mención Muñoz en su investigación, seguidamente el plan de mantenimiento preventivo y la capacitación logró incrementar la productividad en 60%, la eficiencia del proceso aumentó en 66%, el tiempo de cuello de botella se disminuyó a 180 min y el tiempo ocioso se eliminó. Estos resultados son comparados con la investigación realizada por Reaño [9] en donde mediante las propuestas de mejora se logró incrementar la productividad en 46,48%, la eficiencia en 66% como menciona el MINAGRI [2] evidenciando tener el valor deseado, el tiempo considerable con el empleo de tecnología en la etapa de secado es de 180 minutos como lo expresa la entrevista realizada al APEMA en la investigación de Reaño [10]. Cabe mencionar que con el plan de mantenimiento preventivo genera impacto en el incremento de la productividad de 1,28 % en productividad total como hace mención Cuzquen [13] en su investigación. Asimismo, con la capacitación a los colaboradores tuvo un impacto de incremento en la productividad de MO de 25% como hace mención Saenz en su investigación realizada [22]. Concluyendo que con las propuestas de mejora se logra incrementar la productividad del proceso de pilado en la Piladora El Misti SAC.

Se obtuvo como costo beneficio S/. 1,94 lo que indica que por cada sol invertido se genera un beneficio adicional de S/. 0,94; dicho resultado es comparable con las investigaciones de Reaño [10] y Muñoz [9] en donde obtuvieron una ganancia por cada sol invertido de S/. 3,03 y S/. 2,43 respectivamente. Evidenciando la viabilidad económica del proyecto.

Conclusiones

Mediante la mejora en el proceso de pilado se logró incrementar la productividad en 66%.

Con el diagnóstico realizado se evidenció que la piladora presenta una producción de 452 sacos, una productividad de 0,15 sacos de arroz pilado/ soles, una utilización de capacidad de 75% y un cuello de botella en la etapa de secado de 949,60 minutos. Asimismo, presentó una eficiencia del proceso de 57%, comparando la eficiencia promedio nacional, 66%, las paradas del proceso por fallas de maquinaria y equipos fue 55, generando pérdidas a la empresa de S/. 36 739,13 y el tiempo ocioso 891,6 minutos, siendo el costo mensual relacionado a dicho tiempo ocioso de S/. 6 333,6.

Con respecto a las propuestas de mejora para los problemas identificados en el diagnóstico se propuso la implementación de tecnología optando por la secadora Mega en la etapa del secado que es la mejor se adecua a las necesidades de la empresa obteniendo un incremento en la producción a 517,22 sacos pilados, la productividad global a 0,24 sacos de arroz pilado/soles, materia prima de 0,013 sacos de arroz pilado/kg arroz cáscara, productividad de mano de obra de 73,89 sacos de arroz pilado diario/operario y una productividad de maquinaria de 47,02 sacos de arroz pilado diario/máquina. La eficiencia alcanzó un 66% evidenciando que se encuentra en el valor promedio de la eficiencia nacional. Además, se propuso un plan de mantenimiento preventivo se logró reducir en 88,7%. Asimismo, se propuso una capacitación a los colaboradores para lograr el éxito de las mejoras.

La inversión de las propuestas es de S/. 573 465,60, determinando la evaluación económica se tiene un VAN es de S/. S/768,664.38, TIR 66%, siendo menor el TMAR (12,63%); Además, la Piladora El Misti SAC, obtiene como costo-beneficio S/. 1,94 lo que indica que obtendrá una ganancia de S/. 0,94, por ende, el proyecto es económicamente viable.

Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones evaluar nuevas tecnologías para el secado de arroz cáscara.

Realizar una redistribución de las áreas que conforman la empresa para evitar recorridos innecesarios.

Trabajar con una planificación basada en el mejoramiento continuo, mediante la implementación de la Filosofía 5S, logrando mejorar y mantener las condiciones del lugar de trabajo, con mayor orden y limpieza.

Referencias

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, «Producción de arroz cáscara se incrementó 8,6% en junio del presente año,» Lima, 2020.
- [2] Ministerio de Agricultura y Riego, «IV CENSO NACIONAL DE ARROZ en molinos, almacenes, mayoristas 2019,» 2019.
- [3] C. Najar y J. Álvarez, «Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz,» *Industrial data*, 2007.
- [4] C. Arias, «Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural,» OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, Santiago, 1993.
- [5] Grupo Kepler Weber, *Almacenaje y secado de arroz*, Brazil, 2011.
- [6] R. Carro y D. Gonzáles, «Productividad y Competitividad,» 2012. [En línea]. Available: http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf?fbclid=IwAR06-ZXrbB2hHho_635oMwCI7OReT4aH4KpF0RNyDn4fK29U0tUOfXITXvo. [Último acceso: 28 Mayo 2020].
- [7] C. Méndez, Metodología: Guía para elaborar de Diseños de investigación en ciencias economicas, contables y administrativas, segunda ed., Bogotá, 1995.
- [8] B. Camilo, «Manual de mantenimiento,» Bogotá, 1991.
- [9] M. Juan Jose, «PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PILADO DE ARROZ DE LA EMPRESA MOLINO CHICLAYO S.A.C. PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD,» Chiclayo, 2019.
- [10] R. Reaño, «PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PILADO DE ARROZ EN EL MOLINO LATINO S.A.C.,» Chiclayo, 2015.
- [11] J. J. Hidayah Nor, «Drying of Paddy in a Laterally Aerated Moving Bed Dryer at Ambient Temperature,» *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, vol. 56, 2017.
- [12] C. Monsalve, «Propuesta de una plan de mantenimiento preventivo en el molino El Chamesino S. A. C. para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2020.
- [13] E. Cuzquen, «Plan de mejora en el proceso de producción para incrementar la productividad de la piladora “El Marañón” Chiclayo - 2019,» Chiclayo, 2019.
- [14] H. Hernández y P. Alina, «Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental,» *Revisasta de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. IV, nº 1, 2017.
- [15] L. Montero, C. Erick, L. Roxana, M. Jhonatan, R. Muro, S. Pedro, J. Arias y J. Gutiérrez, «Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de,» *Revista Científica EPigmalión*, p. 82, 2018.

- [16] MEPROSA, 2020. [En línea]. Available: <https://meprosa.mx/mantenimiento-del-elevador-cangilones/>. [Último acceso: 5 Diciembre 2020].
- [17] P. Valle, *Programa de maantenimiento preventivo*, Tujillo, 2014.
- [18] Ministerio de Agricultura y Riego, «IV CENSO NACIONAL DE ARROZ En molinos, almacenes y comercios mayoristas 2019,» Lima, 2019.
- [19] La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, «INFORME N.º 057-2020-SUNAT/7T0000,» Lima, 2020.
- [20] Alerta Finaciera, «Riesgo país de Perú subió 7 puntos básicos,» Lima, 2021.
- [21] M. Navarro, «Library,» [En línea]. Available: <https://1library.co/document/dy44715y-tasa-minima-acceptable-rendimiento-tmar-unidad-iii-tmar.html>. [Último acceso: 26 Setiembre 2021].

Anexos

Anexo 1:Data de materia prima

Meses	Materia Prima
Enero	1 623,82
Febrero	1 718,52
Marzo	1 606,17
Abril	1 624,05
Mayo	1 667,00
Junio	1 610,26
Julio	1 524,67
Agosto	1 656,24
Setiembre	1 682,84
Octubre	1 671,02
Noviembre	1 624,05
Diciembre	1 661,23

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 2:Maquinaria y Equipos de la Piladora El Misti

N°	Máquina / equipo	Marca	Capacidad	Cantidad
1	Pre limpiadora	Hechiza	5 t/h	1
2	Descascaradora	Zaccaria	5 t/h	2
3	Cámara de circuito succión de cascarilla de arroz	Zaccaria	5 t/h	1
4	Mesa Paddy	Zacarría	5 t/h	1
5	Pulidoras	Zaccaria, Gime	5 t/h	4
6	Lustradora	Zaccaria	5 t/h	1
7	Selectora	Hons	4 t/h	1
8	Elevadores	Hechizos	5 t/h	14
9	Balanzas	Alexander Moba Excell	0 – 200 kg	2
10	Elevadores			9

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 3: Ciclos de muestras del proceso productivo

Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Tiempo promedio (min)
Recepción	30,87	30,58	27,55	29,73	31,35	30,02
Tender mantas	15,38	16,68	18,95	14,03	12,6	15,53
Vaciar sacos	17,1	19,28	14,083	13,2	15,77	15,89
Esparcir arroz	26,10	25,67	27,35	26,30	25,62	26,21
Inspección de % humedad	4,00	2,00	4,00	4,00	3,00	3,40
Secado	950,00	940,00	960,00	946,00	952,00	949,60
Inspección de % humedad	3,54	4,00	4,10	3,20	3,10	3,59
Llenar de sacos	12,00	13,00	13,83	12,00	11,00	12,37
Llevar a tolva	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	6,60
Tolveado	32,55	31,50	31,25	31,63	30,77	31,54
Elevador 1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Pre limpiado	1,08	1,02	1,05	1,03	1,05	1,05
Elevador 2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Descascarillado	0,75	0,68	0,70	0,73	0,67	0,71
Separación de cáscara	23,00	26,00	0,38	0,37	0,40	10,03
Elevador 3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Pulido 1	1,47	1,52	1,48	1,50	1,52	1,50
Elevador 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Pulido 2	1,45	1,47	1,53	1,52	1,50	1,49
Pulido 3	1,55	1,50	1,57	1,55	1,53	1,54
Elevador 5	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Pulido al agua	1,50	1,53	1,50	1,55	1,52	1,52
Elevador 6	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Lustrado	1,35	1,42	1,40	1,33	1,32	1,36
Elevador 7	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Escogido	0,97	1,02	0,98	1,03	0,98	1,00
Elevador 8	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Selección	8,10	8,46	8,41	8,94	8,20	8,42
Elevador 9	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Envasado	0,88	0,80	0,85	0,93	0,87	0,87
Almacenaje	3,89	3,96	3,75	3,84	3,62	3,812
Total						1 129.83

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 4: Número recomendado de ciclos

Tiempo de ciclos (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	49
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 0 más	3

Fuente: Niebel & Freivalds (2009)

Anexo 5: Subproductos en toneladas del año 2019

MESES	Ñelen (t)	Arrocillo (t)	Polvillo (t)	Descarte (t)
Enero	38,66	7,73	154,65	115,99
Febrero	41,42	8,28	165,67	124,25
Marzo	39,74	7,95	158,97	119,23
Abril	40,17	8,03	160,67	120,50
Mayo	41,19	8,24	164,76	123,57
Junio	38,34	7,67	153,36	115,02
Julio	39,80	7,96	159,21	119,41
Agosto	39,43	7,89	157,74	118,30
Setiembre	40,07	8,01	160,27	120,20
Octubre	39,29	7,86	157,15	117,86
Noviembre	38,17	7,63	152,67	114,50
Diciembre	39,55	7,91	158,21	118,66

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 6: Estado Actual del ambiente de secado de arroz cáscara de la Piladora El Misti SAC



Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 7: Actividades del secado de arroz cáscara

Cursograma analítico del proceso							
Proceso: Pilado de arroz		Resumen					
Analista: Ruth Olivera Davila		Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo(min)		
Observación:		Operación	●	18	1 110,63		
		Inspección	■	2	6,99		
		Trasporte	➔	10	8,40		
		Demora	◐	0	0		
		Almacenamiento	▼	1	3,812		
		Total					
N°	Descripción de actividad	●	■	➔	◐	▼	Tiempo promedio (min)
1	Recepción de M.P	●					30,02
2	Tender mantas	●					15,53
3	Vaciar sacos	●					15,89
4	Esparcimiento del arroz	●					26,21
5	Inspección del porcentaje de humedad		■				3,40
	Rayado del arroz en forma de surco	●					30
6	Secado	●					891,6
	Rayado del arroz en forma de surco	●					28
7	Inspección del porcentaje de humedad		■				3,59
8	Llenado de sacos	●					12,37

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 8:Maquinaria, función, número de fallas, frecuencia relativa y frecuencia acumulada

Maquinaria	Función	Número de fallas	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Pre limpia	Eliminar impurezas del arroz cáscara	3	4,8%	4,8%
Descascaradora	Quitar la cáscara a la materia prima	18	29,0%	33,9%
Pulidora de piedra	Pulir el grano de arroz	21	33,9%	67,7%
Elevador	Transportar los granos de arroz	16	25,8%	93,5%
Selectora	Seleccionar los granos	4	6,5%	100,0%
	Total	62		

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 9: Pérdida económicas por fallas de maquinaria/equipos

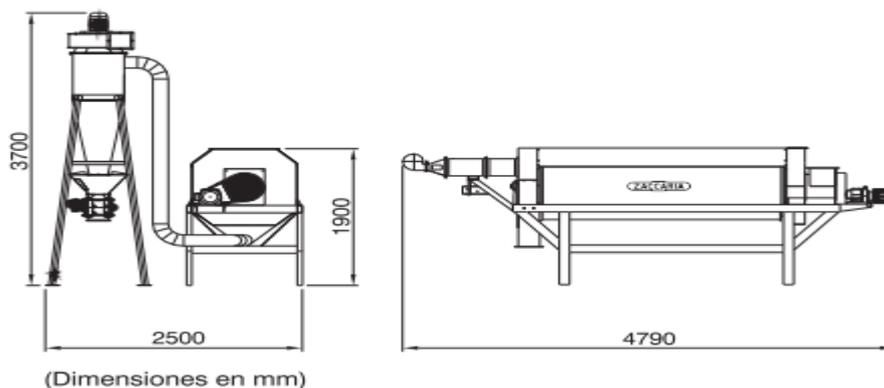
Maquinaria	Tiempo de parada de la maquinaria (horas)	Pérdida económica	Porcentaje	Clasificación
Pre limpia	3	762,75	2,1%	2,1%
Descascaradora	54	13 729,50	37,4%	39,4%
Pulidora de piedra	52	13 221,00	36,0%	75,4%
Elevador	31	7 881,75	21,5%	96,9%
Selectora	4,5	1 144,13	3,1%	100,0%
Total	144,5	36 739,13	100,0%	

Fuente: Elaboración propia. En base a la Piladora El Misti SAC

Anexo 10: Cuestionario de preguntas de encuesta online

- ¿Cumplen con el plan de producción diario de pilado de arroz?
Sí No
- ¿Considera usted que se utilice al máximo la capacidad de la planta?
Sí No
- ¿Disponen de materia prima seca en el momento adecuado para el proceso de pilado?
Sí No
- ¿Considera usted que el método de secado sea el ideal?
Sí No
- ¿Cuentan con capacitaciones frecuentes al personal en la empresa?
Sí No
- ¿Qué tipo de mantenimiento realizan a la maquinaria y equipos que comprende el proceso de pilado? Marca con una "X".
Correctivo Preventivo
- ¿Consideran que la baja eficiencia del proceso de pilado y fallas de la maquinaria/equipos afecta en una baja productividad de la empresa?
Sí No
- ¿Estarían de acuerdo que se realicen mejoras en el proceso de pilado de arroz?
Sí No

Anexo 11: Ficha técnica del secador rotatorio



Capacidad de secado del germen (kg/h):

500 hasta 1500

.....

Presión de gas necesaria para el quemador (kgf/cm²):

1,5

.....

Consumo medio de gas para secado del germen (kg/h):

5,4

.....

Volumen aproximado empaquetado (m³):

16,5

.....

Peso aproximado empaquetado (kg):

1050

.....

Modelo:

SRCZ-1

.....

Potencia / Polos:

Ventilador del quemador

0,75 kW / II

1,0 cv / II

Ventilador Ciclón

3 kW / II

4 cv / II

Válvula rotativa

0,55 kW / IV

0,75 cv / IV

Secador

1,5 kW / IV

2 cv / IV



Panel de comando

Fuente: Zaccaria

Anexo 12: Ficha técnica de la secadora Mega ST 015B



Nombre del producto	Secadora Industrial Mega
Modelo	ST 015B
Capacidad	30 000 t/lote
Tipo de flujo	Flujo mixto
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> - Las secadoras de granos MEGA permiten un - secado uniforme con un consumo mínimo de energía - Mínimo manteniendo - Alta eficiencia - Secado uniforme

Fuente: Ingeniería Mega

Anexo 14: Cronograma de actividades de mantenimiento - Descascaradora

N° Actividad		Enero - Diciembre 2022																																													
		MES																																													
		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Revisar el conector neumático	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2	Cambiar fajas	x												x												x																					
3	Ajustar o tensar las fajas	x												x												x																					
4	Revisar las fajas	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x			
5	Revisar alineación de polea	x												x												x																					
6	Cambiar pernos del porta rodillos	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x			
7	Lubricación de rodajes	x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x					
8	Ajustar los pernos del guarda motor y contactor	x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x					
Fecha de ejecución																																															
Observaciones:																		Frecuencia:																													
																		° = Inspección								M=Mensual																					
																		D = Diaria								S=Semestral																					
																		S = Semanal								A=Anual																					
																		Q = Quincenal																													

Fuente: Elaboración propia

N° Actividad		Enero - Diciembre 2022																																																							
		MES																																																							
		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC											
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
1	Lubricación de cojinetes de cabeza y cojinetes de arranque	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
2	Inspeccionar la alineación de la banda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
3	Revisar la bota	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
4	Revisar y apretar los tornillos de los cangilones	x					x																																																		
5	Inspección de los elementos de sujeción	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
6	Cambio de fajas	x																																																							
7	Inspeccionar el nivel de aceite	x																																																							
8	Lubricación de catalina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
9	Lubricación de cadena	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
10	Lubricación de piñones	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
11	Cambio de lona	x																																																							
Fecha de ejecución																																																									
Observaciones:																										Frecuencia:																															
																										° = Inspección																															
																										D = Diaria																															

	S = Semanal
	Q = Quincenal
	M = Mensual
	Sm= Semestral
	A= Anual

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Cronograma de capacitaciones

Temas a desarrollar	Dirigido a	Inicio	Fin	Duración
Importancia de la ingeniería de métodos	Todo el personal	10/01/2022	10/01/2022	4 horas
Productividad y su importancia en la industria	Personal de producción	22/01/2022	22/01/2022	4 horas
Parámetros de control de calidad del arroz.	Todo el personal	16/02/2022	16/02/2022	4 horas
Correcta preparación de los trabajos de mantenimiento	Todo el personal	23/03/2022	23/03/2022	4 horas
Planificación y programación del mantenimiento	Personal técnico	18/04/2022	18/04/2022	4 horas
Importancia del mantenimiento preventivo	Personal técnico	20/05/2022	20/05/2022	4 horas
Importancia del secado industrial	Personal técnico y producción	19/06/2022	19/06/2022	4 horas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Formato de control de asistencia de capacitación

Control de asistencia capacitación	Responsable:
Pilado de Arroz	

Temas:	Hora	
	Fecha	
	Lugar	

N°	Nombre y Apellidos	N° identificación	Cargo	Firma	Observaciones

Evaluación de la eficacia de la capacitación	FECHA:

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Tiempos después de la mejora

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Tiempo promedio (min)
Recepción y pesado	30,87	30,58	27,55	29,73	31,35	30,02
Desplazamiento a secado	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20
Secado	180,00	180,0	180,00	180,00	180,00	180,00
Desplazamiento a silos de reposo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20
Reposo	60	60	60	60	60	60,00
Desplazamiento a prelimpia	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20

Fuente: Elaboración propia**Anexo 19: Costo de mantenimiento preventivo**

Maquinaria	Costo de mantenimiento
Descascaradora	10 000
Pulidora de piedra	10 000
Elevador	8 000
Selectora	6 000
Total	40 000

Fuente: Elaboración propia**Anexo 20: Inversión total de maquinaria**

Equipo	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Costo total (dólares)
Torre de Secado	1	40 000	40 000
Horno	1	30 000	30 000
Separador	1	2 500	2 500
Silos de almacenamiento	3	5 000	15 000
Elevador de cangilones	3	4 000	12 000
Faja transportadora	1	6 000	3 500
Flete			5 000
Impuestos (24%)			25 920
Flete(Callao- Chiclayo)			2 000
Instalación y puesta en marcha			10 000
TOTAL			145 920

Fuente: Ingeniería Mega

Anexo 21: Costos de mantenimiento

A1: Costos de mantenimiento - pulidora

Costo de mano de obra			
Tiempo total de manteniendo	Número de técnicos	Costo por hora de mantenimiento (S/.)	Costo anual (S/.)
33.56	2	10	671,2
Componentes			
Componentes de la pulidora	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Fajas	1	150	150
Lubricante	1	30	30
Escobilla	1	15	180
Manguera de aire	1	450	450
Cilindro pulidor	2	900	3600
Rejillas de criba	2	75	150
Total			4560
TOTAL			5231,2

Fuente: Elaboración propia

A2: Costos de mantenimiento - Descascaradora

Costo de mano de obra			
Tiempo total de mantenimiento	Número de técnicos	Costo por hora de mantenimiento	Costo anual
43.47	2	10	869.4
Componentes			
Componentes de la descascaradora	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Fajas	4	150	600
Pernos	3	30	90
Lubricante	52	30	1560
Stilson	2	200	400
Total			2650
TOTAL			3519,4

Fuente: Elaboración propia

A3: Costos de mantenimiento - Elevador

Costo de mano de obra			
Tiempo total de mantenimiento	Número de técnicos	Costo por hora de mantenimiento (S/.)	Costo anual (S/.)
33.56	2	10	671,2
Componentes			
Componentes del elevador	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Lubricante	52	30	1560
Stilson	1	100	100
Aceite	3	80	240
Fajas	2	150	300
Lona	1	800	800
Total			3000
TOTAL			3671,2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22: Costo del plan de capacitaciones

Item	Descripción	Cantidad	Número de Capacitaciones	Precio (S/)	Parcial (S/)
1	Ponente	1	8	850	6 800
2	Ayudantes	1	8	100	800
3	Folletos	16	8	2.5	320
4	Coffe Break	20	8	5	800
Total					8 720

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Demanda histórico de arroz cáscara 2015-2019

Año	Demanda histórica de arroz cáscara (t)
2015	18 765,67
2016	18 867,90
2017	18 695,00
2018	19 764,50
2019	19 669,86

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24: Proyección de arroz cáscara 2022-2026

Año	Proyección de la Demanda de arroz cáscara (t)
2022	19 964,08
2023	20 234,58
2024	20 505,08
2025	20 775,57
2026	21 046,07

Fuente: Elaboración propia