

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en  
un molino para reducir sus costos energéticos**

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

**AUTOR**

**Leonardo Ruben Nuñez Solis**

**ASESOR**

**Carla Mercy Flores Sanchez**

<https://orcid.org/0000-0003-2331-3571>

**Chiclayo, 2024**

**Propuesta de producción de electricidad a partir de cascarilla de  
arroz en un molino para reducir sus costos energéticos**

PRESENTADA POR  
**Leonardo Ruben Nuñez Solis**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Evans Nielander Llontop Salcedo  
PRESIDENTE

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas  
SECRETARIO

Carla Mercy Flores Sanchez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedicado a mi familia, mis seres queridos y familiares que me apoyaron para cumplir con este trabajo de investigación, especialmente a mi madre que siempre confió en mi y me ha dado el apoyo necesario para superar las adversidades

## **Agradecimientos**

Agradezco especialmente a mis docentes, que me ayudaron a completar la investigación y guiarme siempre en todo momento, también agradezco a Dios por esta oportunidad que se me ha dado

# TESIS NUÑEZ SOLIS-FINAL.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>21</b> %	<b>20</b> %	<b>6</b> %	<b>8</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>creativecommons.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.unibague.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería &amp; Tecnología</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>documents.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>9</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>10</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>18</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>19</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>33</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>34</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>39</b>

## Resumen

La Piladora El Misti SAC está teniendo altos costos energéticos en promedio S/ 12 894,95 mensual, el problema radica en que la empresa tiene una disposición simple de vender la cascarilla ganando en promedio al año S/ 114 655,74, por lo que se decidió aprovechar mejor la cascarilla. La investigación tiene como objetivo general proponer la producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en un molino para reducir sus costos energéticos mediante el sistema de combustión, donde se aplicó una metodología no experimental de carácter transversal con un alcance descriptivo, donde se utilizaron las herramientas como la recolección de datos a partir de la misma empresa, fuentes bibliográficas y luego con los antecedentes determinar el proceso productivo para la generación de energía a partir de la combustión. En el diagnóstico de la empresa se pudo identificar que la empresa consume una potencia eléctrica de 176,18 kW y el costo de kWh es de S/ 1,76, el periodo 2017-2021 se tuvo una producción promedio de cascarilla de 716 598,37 kg, con respecto al estudio técnico-tecnológico se utilizó la combustión porque se decidió aprovechar la máxima capacidad calorífica de la cascarilla donde se pudo evidenciar que se puede cubrir más del 100% de requerimiento de kWh, donde se tiene un ahorro promedio anual de S/ 417 247,42 y finalmente se realizó la viabilidad económica de la propuesta, es conveniente realizar porque se obtuvo un VAN, TIR de S/ 164 749,24 y 57,2% respectivamente y un B/C de 1,13.

**Palabras clave:** Cascarilla de arroz, energía eléctrica, combustión, costo energético

### Abstract

La Piladora El Misti SAC is having high energy costs on average S/S/ 12,894.95 per month, the problem is that the company has a simple disposition to sell the husk, earning an average of S/ 114,655.74 per year, for what took better advantage of the husk. The general objective of the research is to propose the production of electricity from rice husk in a mill to reduce its energy costs through the combustion system, where a non-experimental methodology of a transversal nature was applied with a descriptive scope, where the tools such as data collection from the same company, bibliographic sources and then with the background to determine the production process for the generation of energy from combustion. In the diagnosis of the company it was possible to identify that the company consumes an electrical power of 176.18 kW and the cost of kWh is S / 1.76, the period 2017-2021 had an average production of husk of 716 598.37 kg, with respect to the technical-technological study, combustion occurred because the maximum heat capacity of the husk was used, where it was possible to show that more than 100% of the kWh requirement can be covered, where there is an average annual saving of S / 417,247.42 and finally the economic viability of the proposal is used, it is convenient to carry out because a VAN, IRR of S/ 164,749.24 and 57.2% respectively and a B/C of 1.13 were obtained.

**Keywords:** Rice husk, electric power, combustion, energy cost

## Introducción

De acuerdo con [1] la energía permite al ser humano perfeccionar la calidad de vida de manera relevante, afectando directamente todos los aspectos de su vida diaria, uno de los problemas originado por el uso excesivo de la energía fósil es la contaminación del medio ambiente. Dado que la mayoría de las actividades humanas generan residuos, según [2].

Según [3] las energías no renovables siguen siendo las principales energías que se utilizan a nivel mundial con un 87% del consumo mundial. Apenas el uso de energía renovable a nivel mundial representa un 0,7%, debido a las dificultades tecnológicas que supone utilizar dichas energías, sin contar que son mucho más costosas.

Como afirma [4] el panorama en Latinoamérica en el año 2017 dependió y seguirá dependiendo con una proyección al año 2040, los combustibles fósiles siguen dominando, especialmente el petróleo con un 35% en el 2017 y un 32% al 2040, mientras que el gas le sigue con un 22% en el 2017 y para el año 2040 con un 27%.

Sin embargo, la matriz energética de acuerdo con [4] se dio una transición siguiendo el mismo a escala global, presenta una matriz energética dual, debido a la incorporación de fuentes energéticas renovables, la eólica que paso del 3% al 12%, la solar del 0% al 3%, por lo tanto, la energía hidroeléctrica pasaría del 44% en el 2016 al 37% según la proyección a 2040. El gas sigue siendo un componente importante que aumenta la participación del 26,5% en el 2017 al 34,3% para el año 2040 según la proyección.

Como señala [5] en el año 2019 el Perú tuvo una producción de 1 114 349,3 TJ, lo que se evidenció un incremento del 6,2% respecto al año previo. La fuente de energía primaria se divide en fuentes fósiles con el gas natural a la cabeza con un 64,4% y le sigue el petróleo con un 10%, de fuentes renovables se tiene que el país tiene un uso de la hidroenergía notable y se evidencia con un 12,7% del total.

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [6] el arroz es uno de los cultivos más importantes a nivel país, no solo para para el consumo interno, también para las exportaciones. Se ha presentado una leve paralización en los últimos años, el crecimiento anual es de 1,2%, en el año 2020 se tuvo una producción de 3 437 mil toneladas de arroz cáscara, lo que significó un crecimiento del 7,7% con respecto al año 2019.

En el departamento de Lambayeque de acuerdo con [7] es de los primeros productos que se cultiva en la región junto con la caña de azúcar, en el periodo comprendido entre enero y junio del 2021 se obtuvo una cosecha que equivale a 45 mil hectáreas aproximadamente, en comparación al periodo 2019-2020 se ha evidenciado una leve caída de 2,7%.

La piladora el Misti SAC es una empresa dedicada a la producción de arroz y otros productos de molinería, brinda los servicios de maquilado, seleccionado y envasado para los agricultores que desean procesar el arroz cascara que tienen, la empresa en el año 2021 ha generado 5 503 622kg de arroz de los cuales el 20% es cascarilla que se genera con una cantidad de 1 100 724,4 kg de este residuo. Actualmente dicho residuo solo se vende, pero a un bajo precio aproximadamente a S/ 0,16 por kilogramo.

La energía eléctrica en la empresa es abastecida por ENSA mediante la tarifa MT2, a través de una medición doble de energía activa y reactiva. Esta empresa cuenta con un total de 38 máquinas teniendo teóricamente una potencia de 213,44 kW, pero obteniendo una potencia aproximada útil de 176,18 kW. La empresa tiene un importe por costos energéticos entre S/6 500 a S/16 000, mientras más arroz se produce, más energía se consume pagando en tarifas eléctricas aproximadamente un 31% cada mes.

De acuerdo con [8] la cascarilla es un producto secundario que se obtiene en el descascarado del arroz, este representa el 20 y 25% de la producción de arroz, pero la cascarilla es considerada una de las tantas energías alternativas, para generar calor, vapor y electricidad, entre las formas más notables de aprovechamiento está la combustión, pirólisis, gasificación y fermentación anaeróbica. La combustión es una solución básica, económica debido a los implementos que se requieren para dicho proceso; en la pirólisis se transforma térmicamente mediante un catalizador en ausencia de oxígeno obteniendo aceite o biocarbón; la gasificación se enfoca en procesos termoquímicos donde hay poco oxígeno, produciéndose gas de síntesis y la fermentación anaeróbica que origina biogás en ausencia de oxígeno debido a la acción de microorganismos casi toda la materia se descompone. En este contexto se plantea la siguiente interrogante ¿En qué medida la producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en el molino permitirá reducir sus costos energéticos?

El objetivo general de la investigación es proponer la producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en un molino para reducir sus costos energéticos, teniendo como objetivos específicos diagnosticar la situación actual de la cascarilla de arroz y costos energéticos en el proceso productivo del molino, realizar el estudio técnico-tecnológico para la producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en un molino y evaluar la viabilidad económico-ambiental de la propuesta de producción de electricidad planteada.

El desarrollo de esta investigación permitirá obtener menores costos energéticos para la empresa, darle un uso mayor aprovechado a la cascarilla de arroz y reducir sus costos, en base las investigaciones de Echevarría [9], López [10] y Salazar [11], donde se ha evidenciado el uso de la cascarilla para generar energía y siendo tomado como base

## Revisión de literatura

La cascarilla de arroz según [8] es un producto que se origina después del proceso de descascarado para la obtención del arroz, este elemento representa entre el 20-25% de la producción de total de arroz y su cantidad anual se estima en 123 millones toneladas en el mundo, su composición es de celulosa en un 50%, lignina de 25%-30%, sílice de 15%-20% y humedad de 10%-15%. Por su alto índice de sílice no es para consumo humano y es resistente a la degradación.

Debido a esta característica que tiene en su composición, la sílice y la lignina son los principales elementos que pueden afectar, al momento de querer aprovechar la cascarilla. Especialmente la lignina que de acuerdo con [12] se encuentra unida junto a la celulosa y hemicelulosa, su heterogeneidad química complica la biodigestibilidad, impidiendo la degradación microbiana de la celulosa y hemicelulosa, por lo tanto, requiere de un pretratamiento para facilitar la biodegradación.

Las características fisicoquímicas [13] son principales de identificar para cualquier método a emplear en aprovechar su capacidad especialmente el contenido de humedad, composición química, el poder calorífico y los volátiles, que al momento de la combustión tienen un papel fundamental. La cascarilla de arroz según el análisis realizado presenta un porcentaje de carbono fijo del 16,67%, cenizas 17,89% y volátiles con 65,47%.

Una de las características fisicoquímicas de la cascarilla es el poder calorífico [14] es de 3 281,6 kcal/kg, la temperatura máxima que se obtiene al ser quemada varía por la condición: 970°C si se encuentra seca, 650°C con algún grado de humedad y hasta los 1000°C si se mezcla con combustible, dicha combustión se realiza a una temperatura promedio de 784°C, con una humedad media de 7,94% en un tiempo de 140 min.

Las formas para aprovechar la cascarilla de arroz se pueden resumir en las siguientes técnicas: combustión, pirólisis, gasificación y la fermentación anaeróbica que se obtiene biogás. Cada método presenta una característica única que lo diferencia de la otra.

La pirólisis de la cascarilla de arroz afirma [8] que es un proceso donde la materia orgánica mediante un catalizador en ausencia de oxígeno, se pone a altas temperaturas entre 400 y 1000°C, a partir de dicho proceso se obtienen generalmente aceite y biocarbón. De acuerdo con [15] la pirólisis de la cascarilla entre 420-450°C con una velocidad de calentamiento de 7°C min<sup>-1</sup> da el mayor rendimiento en producción de bioaceite a una temperatura promedio de 435°C origina 55%p/p y biocarbón en 32%p/p. Como afirma [15] la pirólisis es la más rápida para el tratamiento de la cascarilla, pero también debemos tener en cuenta a [16] la gasificación es más eficiente que la pirólisis debido al alto contenido de carbono fijo al 22,78% y lignina de 58,30%.

Siguiendo con los métodos para aprovechar la cascarilla, la gasificación según [8] es un proceso que está conformado por varias reacciones termoquímicas, ocurren a una baja presencia de oxígeno, donde se da la transformación de compuesto sólido a un gas de síntesis, que contiene monóxido de carbono, hidrógeno y metano. Desde el punto de vista de [17] para que la gasificación de la cascarilla sea adecuada, es necesario contar con gasificadores con lecho fluidizado. En dicho proceso se consume aproximadamente 1600 kg/h de cascarilla, obteniendo así 3200 Nm<sup>3</sup>/h de gas de síntesis, presentando un poder calorífico de 5,12 MJ/m<sup>3</sup>, mientras que los motores consumen aproximadamente 2 304 Nm<sup>3</sup>/h para la generación de 1 MWe. Con un sistema de generación distribuida de 1 MWe se produce electricidad con un costo de 59 dólares/MWh, dicho funcionamiento requiere de 8 767 toneladas de cascarilla /año, junto con un espacio para albergar 56 toneladas por día, lo que permite obtener una autonomía de 48 horas.

A continuación, la digestión anaeróbica de acuerdo con [18] es un tipo de proceso biológico donde los elementos orgánicos de un substrato que puede ser residuos animales o vegetales se convierten en biogás, una mezcla que contiene generalmente dióxido de carbono y metano con otros elementos en menor cantidad, todo este proceso es generado por un conjunto de bacterias que son completamente inhibidas por el oxígeno. Durante dicho proceso más del 90% de energía disponible mediante oxidación directa se obtiene metano, solo consumiendo un 10% de energía en el crecimiento bacteriano en comparación al 50% consumido en un sistema aeróbico. La digestión anaerobia de la biomasa según [19] permite la degradación de la parte orgánica presente en los residuos orgánicos, transformándola en biogás, con un alto contenido de metano y susceptible, teniendo un gran aprovechamiento energético y un residuo final estabilizado, presentando también una alta destrucción de microorganismos patógenos e infecciosos. El biogás se produce [20] en ausencia de oxígeno (método anaeróbico), la materia orgánica se descompone para formar un gas mixto llamado biogás, debido a la acción de muchos microorganismos diferentes, casi toda la materia orgánica se convierte en biogás, la mezcla de gases resultante está compuesta principalmente de metano 50-75 % y dióxido de carbono 25-50 %, como afirma [21] presenta una capacidad calorífica de 9,97 kW/m<sup>3</sup> es utilizable como combustible para vehículos, motores generados de electricidad, un metro cubico de biogás al 60% de metano es equivalente a 0,7 litros de gasolina o 2,4 kW-h.

La gasificación de biomasa de acuerdo con [22] es un tipo de combustión en atmosfera donde hay poco oxígeno, donde se genera una corriente gaseosa y también un residuo solido con características combustibles, este proceso se compone de varias etapas entre ellas: secado, descomposición térmica o pirolisis, combustión parcial, craqueo de gases y gasificación de

producto final. El producto más importante es el gas de gasificación que se conoce como gas pobre, el esquema más común y general es el que contiene un gasificador el cual permite la limpieza de gases y aplicación final para quemadores, turbinas, entre otros. Las etapas de la fermentación anaeróbica [18] empieza con la hidrólisis donde la materia orgánica, no se puede utilizar directamente a menos que se hidrolicen, este proporciona sustratos orgánicos para que inicie la digestión anaeróbica, se da mediante enzimas extracelulares producto de microorganismos hidrolíticos. En la etapa acidogénica se da la fermentación de las moléculas orgánicas que son solubles en compuestos pudiendo ser utilizados por bacterias metanogénicas y compuestos orgánicos más reducidos, es importante la presencia del grupo de bacterias porque produce alimento para las bacterias que intervienen después además de eliminar trazas de oxígeno disuelto. La etapa acetogénica, algunos productos deben ser directamente metabolizados por agentes metanogénicos para obtener productos más sencillos como el acetato o hidrógeno a través de las bacterias acetogénicas, finalmente la última etapa, metanogénica, se obtiene el metano a partir de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, intervienen los microorganismos metanogénicos a partir de los sustratos monocarbonados o que tienen dos átomos de carbono que se encuentran unidos por un enlace covalente. La generación de electricidad a través de biogás según [18] se da a través de sistemas combinados de calor y electricidad, se utilizan turbina de gas que produce desde 25 a 100kW si son microturbinas y más de 100kW si son turbinas grandes, produciendo calor y energía comparable a los motores de encendido de chispa, sin embargo los motores de combustión interna son la ampliación más común, pero requiere la remoción de  $H_2S$ , bajo 100 ppm, teniendo un eficiencia superior al 60% y bajas emisiones.

El proceso de gasificación según [23] empieza con el secado para evitar afectar el poder calorífico, luego ingresa al gasificador, el agua que resta se elimina, después se da una degradación térmica donde los compuestos orgánicos se rompe en pequeñas moléculas gaseosa donde no afecta al agente gasificante, donde también se forma el alquitrán, dicho compuesto llega a dañar las maquinas después se da la etapa de degradación térmica donde se produce reacciones químicas entre los hidrocarburos recién formado y también vapor de agua,  $CO_2$ ,  $O_2$  e  $H_2$ . Si se utiliza aire como oxidante a temperaturas menores a  $1000^\circ C$  se obtiene el compuesto gaseoso que contiene principalmente  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ , pero si se emplea temperaturas mayores a  $1000^\circ C$  se obtiene solo el gas de síntesis ( $CO+H_2$ ). Para la generación de electricidad en base a la gasificación de biomasa de acuerdo con [23] la temperatura de operación es  $1000^\circ C$  o superior, dicho calor que obtienen los productos terminados permite que el proceso se pueda incorporar a la generación de electricidad, el gas de síntesis es el principal agente participan

donde se envía a una turbina de gas, este proceso de generación tiene una eficiencia termina de 40-50%, a partir de un 1kg de biomasa se obtiene 2,5-3 Nm<sup>3</sup> de gas o un poder calorífico de 1000-1300 Kcal/Nm<sup>3</sup>.

El método de la pirolisis de biomasa de acuerdo con [23] es la descomposición térmica que se da en ausencia de aire u oxígeno, donde se transforma la biomasa en aceites, carbón vegetal, combustibles (alquitranes, hidrocarburos pesados) y gases entre ellos CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. Todo dependerá de las características física y químicas de la biomasa, temperatura final del proceso, tasa de calentamiento, tiempo de residencia en la cámara y el diseño del reactor. Para iniciar un proceso de pirolisis de acuerdo con la composición de la biomasa es la siguiente: hemicelulosa 150-300°C, celulosa 275-350°C y lignina 250-500°C. El proceso de pirolisis como afirma [23] se inicia con la etapa pre-pirolisis, donde se produce entre 120-200°C con una pérdida de peso ligera, debido a que suceden reordenamientos internos como la rotura de enlaces, aparición de radicales libres, formación de grupo carbonilo y la liberación mínima de H<sub>2</sub>O, CO y CO<sub>2</sub>, la segunda etapa es el proceso en si donde se descompone los sólidos que se acompaña con una pérdida de masa notable a su valor inicial y en la última etapa se da la desvolatilización del carbono por la ruptura continua de enlaces C-H y C-O. En palabras de [23] la tasa de calentamiento, la pirolisis puede clasificarse en lenta o rápida. Es lenta si el tiempo que se requiere para calentar la biomasa hasta la temperatura de pirolisis es más largo que el de reacción pirolítico, mientras tanto es rápida si se cumple lo inverso. Según su tipo estos pueden ser implementados en un sistema de generación de electricidad, con generación de vapor en el ciclo Rankine donde se acopla a un generador para los sólidos y una planta termoeléctrica con un motor de combustión para los líquidos.

Finalmente, el método de aprovechamiento, se tiene la combustión de biomasa de acuerdo con [23] es un proceso que está conformado por diferentes reacciones químicas de carácter exotérmico, entre los que participan un combustible y un oxidante, donde se generan gases de combustión entre ellos CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Se denomina completa si el único producto de oxidación del carbono es el dióxido de carbono, mientras que la incompleta se obtiene monóxido de carbono, esta técnica de generación contribuye con más del 97% de producción de bioenergía a nivel mundial. La generación de electricidad por el método del lecho fluidizado según [24] se utiliza los gases de combustión que se originaron previamente con ayuda de una caldera, salen a una alta temperatura, donde se dirigen a una turbina de gas para lograr obtener energía mecánica y posteriormente generar energía eléctrica, los gases tienen una presión de 1-1,5 MPa y los gases de combustión a una temperatura entre 814 a 870°C.

Luego se establece la definición del costo energético, que de acuerdo con [25] es considerado la suma de dos términos, amortización de equipos e instalaciones y el gasto en energía consumida, este último está constituido por el consumo energético y el precio de la energía, se debe tener en cuenta las inversiones, consumos. Se tiene que mejorar el compromiso entre las inversiones y el consumo para tener un balance energético óptimo.

Luego de definir los principales conceptos, se ha establecido los principales antecedentes, para la elaboración del proyecto, entre ellos se tiene los siguientes.

Como afirma Matin *et al.* [26] tiene como objetivo principal estudiar el efecto que tiene el pretratamiento con enzimas en la cascarilla y la relación de C/N durante el proceso de digestión anaeróbica. La metodología empleada fue a nivel laboratorio, lo que permitió tener resultados mucho más precisos, donde el sólido total se fijó al 21%, la enzima utilizada fue la lignasa, donde la relación de carbono/nitrógeno vario de 20,25,30 y 35, esto debido a la urea técnica que se agrega. Los resultados fueron positivos, el pretratamiento con enzimas permitió aumentar la producción del biogás entre un rango de 30-35%, la producción de biogás dependiendo de su relación C/N de 20,25,30 y 35 fueron de 12, 12,6, 13,5 y 18,2 ml con respecto a los gramos de los sólidos totales.

De acuerdo con Araujo *et al.* [27] tiene como objetivo principal presentar un análisis económico y energético sobre la producción de energía de cascarilla de arroz, junto con el análisis de viabilidad que se evaluó en base a diferentes escenarios. La metodología empleada consistió en la recolección de datos de las áreas de cultivo de arroz en el país, incluyendo las ciudades brasileñas, identificando así el área mínima de siembra de arroz, calculando también el potencial energético que sea viable, teniendo en cuenta que la cascarilla de arroz tiene un poder calorífico de 13,39 MJ/kg y de 18,22 MJ/kg en forma de briqueta, puede generar energía entre 1,3 a 1,8 kWh/kg. Como resultado se obtuvo que se necesita una extensión de 700 a 26 700 ha, para asegurar la viabilidad económica, los costos de energía eléctrica varían entre 53,71 a 164 USD/MWh, influenciado por el área de siembra, en escenarios optimista el potencial energético puede superar los 2,5 TWh/año, siendo un recurso importante para la generación de energía.

Según afirma Quispe *et al.* [28] el objetivo del estudio es realizar la evaluación técnica y ambiental de la generación de energía a partir de la cascarilla de arroz como una alternativa energética para sustituir el carbón en el Perú. La metodología empleada es la caracterización de la materia prima, en el caso de evaluación ambiental se utilizó el análisis de ciclo de vida (ACV), mantenido un poder calorífico de 14,6 MJ/kg, las emisiones y cenizas durante la combustión se calcularon entre 0,137 kg de cascarilla con un caudal de aire de 2,3 m<sup>3</sup>/min y

tasa de alimentación de 41,6 kg/h. Los resultados que se dieron de los cuatro escenarios, donde se varía el rendimiento del arroz y la eficiencia del secador, los impactos ambientales para obtener 1 MJ de cascarilla, incluyendo en las etapas de calentamiento global, acidificación y eutrofización son inferiores para obtener lo mismo con el carbón un 97%, 88% y 80% menos, respectivamente, pudiendo utilizarse como reemplazo del carbón.

Desde el punto de vista de Zhang *et al.* [29] los objetivos son detallar la energía y exergía del gas de síntesis durante la gasificación de la cascarilla de arroz en un reactor de flujo arrastrado, estudiar los efectos de la temperatura del reactor y determinar la relación entre la energía y la exergía del gas de síntesis. La metodología empleada es de un sistema de muestreo consta de un filtro de fibra, condensador de agua helada, tres botellas de lavado de gases, una bomba de vacío y analizador de gases en línea, todo esto bajo el principio del muestreo isocinético, la velocidad del flujo de gas varía entre 0,7 y 1,2 L/min, para garantizar que la velocidad del gas en el gasificador. Los resultados obtenidos mostraron los valores de exergía del gas de síntesis fueron más bajos que los valores de su energía también mostraron que la energía y exergía más altas del gas se lograron alrededor de 10°C con una relación equivalencia de 0,25, pudiendo ayudar a comprender la energía y la exergía del gas de síntesis producido a partir de la gasificación.

Como lo hace notar Bazargán *et al.* [30] tiene como objetivo principal el uso de la cascarilla de arroz que es considerado un biorresiduo lignoceluloso, para producir electricidad, que pueden ser en unidades combinadas de calor, electricidad o gasificación. El alto contenido de sílice llega a ser una desventaja para la combustión, dañando no solo los equipos sino el medio ambiente. Para el estudio del pretratamiento alcalino, para la extracción de sílice en forma de silicato de sodio, es la metodología de superficie de respuesta y el análisis de varianza. Considerando las tres variables independientes, temperatura de reacción, duración y concentración alcalina. La prueba se realizó en diferentes escenarios que fueron optimizados, la primera se enfoca en eliminar la ceniza y el alto rendimiento sólido, los otros escenarios utilizan NaOH. Los resultados mostraron que en condiciones operativas óptimas alrededor del 80% de la cascarilla puede retenerse en fase sólida y el 90% de ceniza se elimina.

Según afirma Quiñones *et al.* [31] tiene como objetivo detallar la cantidad de dióxido de silicio que se genera a partir de la ceniza de la cascarilla de arroz producido por la combustión, en la provincia de Mayabeque, donde se caracterizó la cascarilla y al mismo tiempo la ceniza. Para la caracterización de la cascarilla de arroz se realizó dos ensayos donde se determinó la humedad, lo que permitió hallar la humedad y la composición de minerales, se debe controlar la humedad debido a que este factor reduce la eficiencia del proceso de combustión, la humedad

debe ser inferior al 15% lo que evita exceso de gases contaminantes, se utilizó un horno mufla eléctrico que soporta una temperatura máxima de 1000°C, se seleccionaron muestras de 11g de cascarilla para realizar quemas con temperaturas de 550, 600, 650 y 700°C con intervalos de tiempo de 30 min a 2 horas. En conclusión, se afirma que el porcentaje de SiO<sub>2</sub> estaba por encima del 85% con valores de muestras entre 87,15 y 91,46%, fue en la prueba con mayor tiempo y mayor temperatura, 2h y 700°C respectivamente, esto da una oportunidad para generar otra fuente de ingresos adicionales.

De acuerdo con Echevarría *et al* [9] tiene como objetivo general la utilización de la cascarilla de arroz para generar energía termoeléctrica. Para ello se ha aplicado método de recolecta información, donde se detalla la disponibilidad de la cascarilla y su potencial al ser utilizado como combustible en Ecuador, además de realizar pruebas para obtener sus propiedades físicas y químicas, dando como resultado un combustible renovable, luego se detalla el proceso de combustión mediante un balance de energía y materia. Fue necesario proyectar la cantidad de cascarilla donde se obtiene 249 Tn, en el proceso se mantiene un consumo de cascarilla de 1 800 kg/h y produce 8,3 Tn/h de vapor, por lo que al año se debe emplear 13 200 Tn de cascarilla. En conclusión, se tiene que la zona donde tiene una mayor producción es Guayas y Los Ríos representando un 88%, donde según también el análisis en el laboratorio dio como resultado que la humedad está relativamente relacionada con el poder calorífico por lo que es necesario mantenerlo en el intervalo de 5-15% para que también se minimice la contaminación y por ende se habla de una mezcla estequiométrica aire-combustible necesaria mantener los parámetros para mantener los indicadores para minimizar los residuos.

Según afirma Thiedeitz *et al* [32] de acuerdo con los últimos años se han buscado materiales de construcción más baratos y amigables con el medio ambiente, por lo tanto, se enfoca dicho documento en los morteros hechos a base de ceniza de la cascarilla de arroz como material cementicio suplementario. El sector de la construcción es responsable del 38% de emisiones de gases de efecto de invernadero, por cada tonelada de Clinker de cemento portland se emite 600-900 kg de CO<sub>2</sub>, se evidencio que las cenizas de la cascarilla de arroz contienen un alto índice de sílice amorfa que sirven como aditivo puzolánico. Las temperaturas de combustión apropiadas están entre 500-800°C, por debajo de los 500°C la materia orgánica permanece en cenizas, mientras que a temperaturas altas la sílice amorfa se vuelve cristalina. la mejor forma de utilizar es cuando la combustión es controlada, las tasas de reemplazo óptimas para el hormigón están entre el 5% y el 30%. La metodología empleada se tomó una muestra pequeña de ceniza de cascarilla de arroz quemada a 650°C durante 30 min en condiciones controladas, después se pulverizo para posteriormente realizar las pruebas correspondientes. En conclusión,

los morteros con una sustitución de cemento por 25% de ceniza originada por la combustión de cascarilla de arroz, se evidencia una resistencia mayor resistencia a las que muestran edades de hidratación de 7 a 90 días, se evidencio también una mayor densidad microestructura, debido a que la hidratación temprana durante las primeras horas.

De acuerdo con Salazar [11] en el trabajo de investigación tiene como objetivo principal aprovechar energéticamente la cascarilla de arroz para aumentar la utilidad, debido a que la energía eléctrica en hora punta desde las 18:00 a 23:00 horas suele costar más, por ende el molino deja de producir los meses de enero, febrero y marzo, donde no se pila 5 horas al día durante 24 días al mes, se pila en promedio 63 sacos/hora y un costo de pilado de S/ 6 se pierde en promedio S/ 136 080. Lo primero que se realizo fue el diagnóstico de la empresa, donde tiene un consumo aproximado por hora de 169 kW, donde la cascarilla que se genera puede atender de forma satisfactoria la demanda, para ello se planeó utilizar el gasificador tipo downdraft como el más indicado para obtener el mayor aprovechamiento de cascarilla, se realizó el sistema de gasificación, que dio resultado donde 324kg/h de cascarilla generan 245 kW/h. En conclusión, se pudo ver mejoras correspondientes con el nuevo sistema de obteniendo una utilidad neta de S/ 404 844 más, lo que se traduce en un incremento de utilidades en un 24,20%. Obteniendo así un beneficio/costo de 1,53 con un margen de utilidad de 0,38 este incremento se dio debido a que se el sistema de gasificación se pudo atender la demanda insatisfecha y lograr así una mayor participación en el mercado con un TMAR de 12,4% indica que la propuesta es viable del lado financiero, lo que permite que la compañía pueda crecer y mejorar sus procesos y productos.

De acuerdo con la investigación de Blissett *et al* [33] tiene como objetivo general utilizar la cascarilla de arroz como una fuente renovable y sostenible de energía, debido a que estos planes se ven obstaculizados por la falta de interés o capital, por lo que se elige tecnologías obsoletas que genera desechos considerables de sílice cristalina, cada tonelada de cascarilla de arroz puede producir 800 kWh aproximadamente, debido a que la cascarilla es fácil de combustionar, algunas tecnologías no controlan la temperatura durante el proceso y por esto surge la tendencia a formar sílice cristalina que es dañina. Para esto se utilizó un reactor tipo Torbed que permite carbono bajo residual sin llegar a producir sílice cristalina, es quemado a temperaturas entre 700-950°C, obteniendo así sílice amorfa al 95% para luego realizar pruebas de carácter alcalina donde se obtuvo que la conversión completa de sílice fue posible gracia a la proporción de  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ . En conclusión, la combustión en el reactor Torbed a temperaturas de 700-900°C se pudo obtener sílice cristalina, incluso a 950°C se pudo evidenciar que una mínima parte se

vuelve cristalina, los rectores Torbed permiten la combustión flexible y generan productos que podrían utilizarse para sustituir otros, por lo que se tiene un valor agregado adicional.

De acuerdo con la investigación de López [10] tiene como objetivo general la investigación de información para la generación de energía eléctrica en el molino La Guaira, donde se puede generar en promedio 574,62 kWh a partir del trabajo de la turbina, teniendo especial control en las características que posee la cascarilla de arroz que tiene una humedad del 10%, donde se genera ceniza entre 18-20%. Para la investigación se ha realizado la recolección de datos de fuentes primarias como desde la misma empresa y también de fuentes secundarias como la bibliografía, para luego esta información permitir identificar la cantidad de cascarilla necesaria y que sea utilizada en dicho proceso de combustión, teniendo un flujo masico de ese elemento de 244 kg/h teniendo una producción promedio anual de 1 018 915 kg. Como conclusiones se tiene que con la propuesta en el molino La Guaira presenta un TIR de 7,17% a 9 años y un VAN de \$10 226 289, siendo este un indicador aceptable para implantar la mejora, con esta investigación se espera ser autosostenible la empresa y poder ayudar también a las zonas aledañas.

### **Materiales y métodos**

La investigación presente es de tipo no experimental de carácter transversal con un alcance descriptivo, donde se utilizaron diferentes instrumentos de investigación entre los cuales se destacan: cuestionario, la observación dentro de la empresa, fichas bibliográficas y herramientas digitales.

Para diagnosticar la situación actual con respecto a su disponibilidad, características y capacidad energética de la cascarilla de arroz se ha utilizado la bibliografía respectiva [34] y [35] para obtener la cantidad de cascarilla, debido a que la empresa no contabiliza la cantidad de cascarilla que genera, permitió identificar que el 20% del peso del grano de arroz es cascarilla, de acuerdo con [36] se ha tomado el poder calorífico en 12,89 MJ/kg y de acuerdo con [13] el porcentaje de carbón fijo es de 12,40 a 25,10%, ceniza de 16,92 a 24,6% y volátil de 51,98 a 67,7%, entre otras características. Donde previamente lo primero que se hizo fue realizar una entrevista al encargado del molino, específicamente al dueño, se utilizó la técnica de la entrevista y con un cuestionario se permitió obtener la principal información para este objetivo en cada visita que se realizó a la empresa se pudo conocer el proceso productivo del arroz, además de conocer la distribución de las áreas de la empresa y medir estas para poder realizar el layout de la empresa, debido a que no contaban con un plano en general y finalmente también se conoció a través de las visitas la producción de arroz pilado, junto con los reportes de ingresos percibidos por la venta de cascarilla, reporte de costos de producción y hallar así la

proyección de requerimiento a cubrir de consumo eléctrico, mediante el software Microsoft office se ordenó la información para luego realizar tablas y gráficas correspondientes que permitan sintetizar la información recolectada.

Para realizar el estudio técnico-tecnológico para la producción de electricidad a partir de cascarilla de arroz en un molino se utilizó el análisis bibliográfico junto con el instrumento de ficha bibliográfica [37] y citando a diversos autores como , donde se analizó la cascarilla de arroz como residuo, las ventajas y desventajas que tienen las diferentes técnicas de aprovechamiento entre los cuales destacan la combustión, pirolisis, gasificación, fermentación anaerobia y a partir de ello junto con los antecedentes, se elaboró una matriz de enfrentamiento para elegir que método conviene para el desarrollo de esta investigación, se observó que de acuerdo a la bibliografía investigada se determinó que la combustión tenía muchas ventajas a pesar y para lograr minimizar los efectos ambientales se debe tener en cuenta los parámetros en la temperatura 700-900°c y una humedad menor 15%, por último se utilizó el método Guerchet que permitió determinar el área disponible para la propuesta de producción de energía a partir de cascarilla de arroz y finalmente se estableció el proceso productivo junto con el plano de la propuesta.

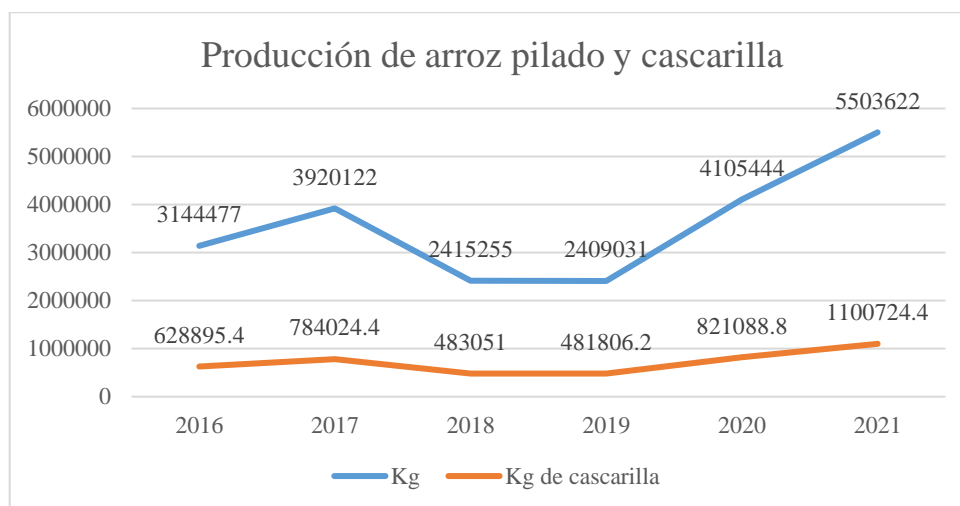
Para evaluar la viabilidad económico-ambiental de la propuesta de producción de electricidad planteada, una vez que fue seleccionada el método de aprovechamiento para generar energía a partir de la cascarilla, se realizó la cotización de las principales maquinas e instrumentos a través de una guía de cotizaciones, esto también incluyo a la mano de obra, materia prima e los insumos con el uso de las fuentes bibliográficas se permitió obtener la inversión total del proyecto junto con los otros indicadores correspondientes como VAN [38], TIR [39] y el costo beneficio [40], lo principal fue el costo de la maquinaria a emplear durante el proceso de combustión, que permitió determinar, la cantidad de operarios, controlando dicha maquinaria y por ultimo los costos también de trabajo del terreno, debido a que la zona que tiene libre es un descampado. Toda esta viabilidad fue realizada con ayuda del software Excel que permitió organizar la información para obtener datos concisos y adecuados en el desarrollo del objetivo.

### **Resultados y discusión**

La piladora el Misti SAC con RUC 20395132696 inició sus actividades el 01 de junio de 1998, está ubicada en la carretera Lambayeque Mochumi, kilómetro 1 Mocce, cuyo fundador es Del Valle Aquisé Andrés Rufino, se dedica a la comercialización y producción de arroz, teniendo una capacidad de procesamiento de nivel medio con el apoyo de los proveedores y un

talento humano competente y comprometido para satisfacer las necesidades del mercado asegurando la calidad del producto.

El principal producto de la empresa es el arroz blanco o pilado, mientras que tiene como subproductos el arrocillo 1/2, ñelen, descarte y polvillo. Estos subproductos se venden en presentaciones de sacos de 49kg a excepción del polvillo que se vende en saco de 30kg.



**Figura 1 Producción de arroz pilado y cascarilla durante los años 2016-2021**

**Fuente: Piladora el Misti SAC**

Como se puede observar en la figura 1 en los 5 últimos años la producción de arroz ha crecido si tomamos en cuenta los años 2020-2021 se puede observar que la producción aumento al 1 100 724,4 kg, manteniendo así un incremento porcentual del 34.06% durante dichos años. La compañía no tiene un manejo claro con respecto a este residuo, debido a esto la investigación bibliográfica permite conocer el porcentaje de composición de la cascarilla con respecto al grano de arroz, según [34], [35] afirma que el grano de arroz está compuesto por cascarilla, la cual representa el 20% de su peso, se debe tener en cuenta los factores climáticos que estos afectan directamente en la cosecha de arroz y por lo tanto la producción se ve afectada, además que la producción también se da por campañas (ver anexo 5,6 y 40).

**Tabla 1 Ingreso percibido por la venta de cascarilla durante 201-2021**

Año	Kg de cascarilla	Ingreso percibido por cascarilla
2016	628 895,40	100 623,26
2017	784 024,40	125 443,90
2018	483 051,00	77 288,16
2019	481 806,20	77 088,99
2020	821 088,80	131 374,21
2021	1 100 724,40	176 115,90

**Fuente: Piladora el Misti SAC**

De acuerdo con la tabla 1, se observan los ingresos correspondientes a la venta de cascarilla esto dependerá directamente de la producción de arroz, teniendo como precio de venta de S/ 0,16 por cada kilogramo se evidencia también un incremento porcentual de 34.06% en los últimos dos años, también se venden los sacos con un peso promedio de 17,5 kg a S/ 3. De acuerdo con la empresa, los principales compradores son las granjas de pollo y las ladrilleras.

**Tabla 2 Proyección de arroz pilado, cascarila e ingresos percibidos por la venta de cascarilla**

<b>Año</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>kg de cascarilla</b>	<b>Ingreso percibido por la venta de cascarilla</b>
2022	3 893 842,00	778 768,40	S/ 124 602,94
2023	5 479 037,70	1 095 807,54	S/ 175 329,21
2024	5 799 397,08	1 159 879,42	S/ 185 580,71
2025	4 515 128,76	903 025,75	S/ 144 484,12
2026	6 309 104,85	1 261 820,97	S/ 201 891,36
2027	6 635 762,18	1 327 152,44	S/ 212 344,39

**Fuente: Piladora el Misti SAC**

De acuerdo con la tabla 2, se realizó la proyección de la producción de arroz por un periodo de 6 años hacia el año 2027, lo que permitirá identificar un aproximado de la cascarilla de arroz que tenemos disponible para la propuesta. Se utilizo el método de pronóstico estacional debido a que la producción de arroz no mantiene una tendencia creciente, sino que se tienen años donde se produce más o menos, debido a factores externos a la compañía, tales como los factores climáticos.

El proceso productivo que maneja es similar a la mayoría de los molinos de arroz, ya que el proceso en si es el mismo pero la variación, dicha variación dependerá de las máquinas y la tecnología tenga la compañía para el proceso.

Este inicia con el ingreso del arroz en sacos de 90 kg una humedad del 28% aproximadamente, luego sigue el secado, donde el arroz se coloca en mantas expuestas al sol y se da un seguimiento hasta que el porcentaje de humedad llega a 14%, el arroz se recoge y se deja reposar un mínimo de 3 días para salvaguardar sus características físicas del grano.

Se inicia la programación de la pila, retirar la cascara del arroz, se alimenta la tolva y pasa por la etapa de limpieza, descascaradora, la cual arroja granos integrales de color marrón. Se da la selección con la ayuda de la mesa Paddy a los granos que han sido retirados la cascarilla un 80%, los granos que se descararon tienen una apariencia marrón.

Estos pasan a la etapa de pulido, para obtener un grano blanco, pero también se obtiene como residuo el polvillo, después suben a las pulidoras de piedra donde un primer y segundo pase donde se van a la pulidora vertical luego pasa por la pulidora de agua para abrillantar el grano

donde generalmente se tiene un 15% de quebrado, entonces pasan por los clasificadores en promedio se retira el 50% del arroz quebrado.

Después se da la selección por color, donde clasifica por colores, cuando el arroz no es blanco totalmente o presenta diferentes manchas, estos van como descarte o rechazo, la maquina es electrónica mediante sensores se realiza dicho proceso.

Finalmente se envasa en sacos de 49 kg, el rendimiento promedio de la pila es entre un 55-60%, de todo saco que ingresa de 90kg se obtiene  $49\text{kg} + 25\% * (49\text{kg})$  por cada saco que ingresa. Presenta una capacidad de pila de 650 sacos por día, el rendimiento es del 65% del total ingresado de los sacos de 90 kg (Ver anexo 4).

La empresa encargada de brindar el servicio eléctrico a la piladora es ENSA, a través de una medición doble de energía activa y reactiva. Esta empresa cuenta con un total de 54 máquinas teniendo teóricamente una potencia de 300,72 kW, pero obteniendo una potencia aproximada útil de 2 532,42 kW (ver anexo 2).

La empresa solo tiene un turno de trabajo, desde las 7:00 am hasta la 1:00pm y después desde las 2:00pm hasta las 6:00 pm, teniendo los operarios el horario de almuerzo de 1:00 pm a 2:00 pm, trabajando de lunes a sábado, se trata de producir más en el día, debido a que el costo de la electricidad es mucho más barato que en la noche, teniendo como meses de campaña desde mayo hasta agosto.

Debido a que la empresa no mantiene registros del consumo eléctrico por los diferentes años, tan solo contaban con el registro del año 2017 los primeros meses, para hallar los demás meses se utilizó el método de pronóstico estacional, en base al consumo eléctrico mensual del año 2017 y junto con la producción de arroz pilado de dicho año, se pudo encontrar el índice de consumo eléctrico que es de 0,016 kWh/kg arroz. (Ver Anexo 11)

**Tabla 3 Proyección de requerimiento de consumo eléctrico**

Año	Cantidad (kg)	Índice de consumo eléctrico requerido	Requerimiento de consumo eléctrico (kWh requerido/año)
2022	3 893 842,00	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	62 301,47
2023	5 479 037,70	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	87 664,60
2024	5 799 397,08	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	92 790,35
2025	4 515 128,76	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	72 242,06
2026	6 309 104,85	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	100 945,68
2027	6 635 762,18	$0,016 \frac{\text{kWh requerido}}{\text{kg arroz pilado}}$	106 172,19

**Fuente: Piladora el Misti SA C**

De acuerdo con la tabla 3, se puede observar que una vez que se tiene el índice que consumo eléctrico que es de 0,016 kWh/kg arroz, junto con la cantidad proyectada de arroz se obtiene el requerimiento de consumo energético, para considerar la capacidad se toma el último año 2027 con un requerimiento de 106 172,19 kWh.

Se realizó una matriz con las diferentes técnicas de aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz entre los cuales destacan, la combustión, gasificación, pirolisis y digestión anaerobia. Se identificó los principales factores entre ellos: eficiencia, impacto ambiental, residuos, disponibilidad de tecnología, costo de instalación, área que se necesita y el consumo de cascarilla de arroz. (Ver Anexo 10).

**Tabla 4 Matriz de enfrentamiento para la selección del método para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz**

Factores	Eficiencia	Impacto ambiental	Residuos	Disponibilidad de tecnología	Costo de instalación	Área que se necesita	Consumo de cascarilla de arroz	Conteo	Ponderación
Eficiencia	1	1	1	1	1	1	1	6	20%
Impacto ambiental	1	1	1	1	0	1	1	5	17%
Residuos	1	1	1	1	0	1	0	4	13%
Disponibilidad de tecnología	0	1	1	1	1	1	0	4	13%
Costo de instalación	0	1	1	0	1	1	0	3	10%
Área que se necesita	0	0	1	1	1	1	1	4	13%
Consumo de cascarilla de arroz	0	1	1	1	1	0	1	4	13%
<b>Total</b>								<b>30</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los factores más destacados de acuerdo con la tabla 4, es la eficiencia (rendimiento) del método con un 20%, seguido por el impacto ambiental con un 17% y los demás factores tienen un 13% a excepción del costo de instalación con un 10%.

De acuerdo con la tabla 5, se observa que el método de combustión resultó adecuado para la utilización en este proyecto con un puntaje de 3,3 seguido por la gasificación que tiene un puntaje de 3,2. Para la columna de conteo se utilizó un sistema de evaluación de excelente es 4, medio es 3, bajo es 2 y malo es 1. El método de generación de energía es elegido con respecto a la investigación y la bibliográfica de acuerdo con Blissett *et al* [33] afirma que es uno de los métodos para aprovechar mejor el poder calorífico de la cascarilla y en condiciones adecuadas

se contamina menos, siendo corroborado por autores como Quiñones *et al.* [31] y Quispe *et al.* [28]

Se debe cumplir con los parámetros adecuados, entre ellos tener una humedad menor al 15%, la disponibilidad de tecnología tiene ese puntaje porque al ser un proceso casi sencillo, es de los más fáciles encontrar, el costo de la instalación va ligado a la disponibilidad de tecnología y es una de las más prácticas al momento de instalar.

**Tabla 5 Factores relacionados con los métodos**

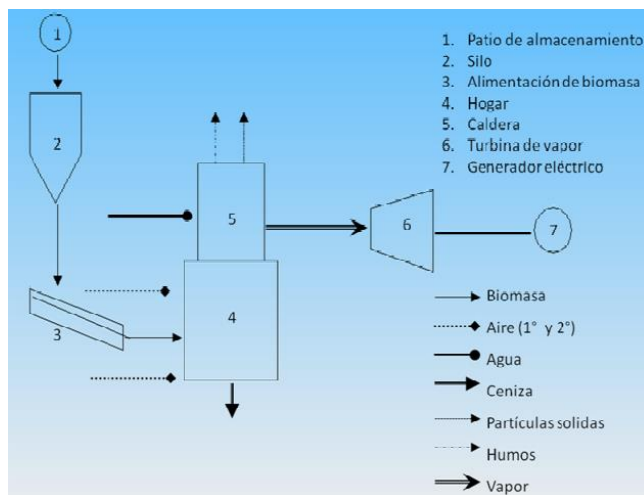
Factores	Peso ponderado	Combustión		Pirolisis		Gasificación		Digestión anaerobia	
		Conte	Ponderado	Conte	Ponderado	Conte	Ponderado	Conte	Ponderado
<b>Eficiencia</b>	20%	4	0.8	2	0.4	3	0.6	3	0.6
<b>Impacto ambiental</b>	17%	3	0.51	3	0.51	3	0.51	4	0.68
<b>Residuos</b>	13%	3	0.39	3	0.39	3	0.39	4	0.52
<b>Disponibilidad de tecnología</b>	13%	3	0.39	3	0.39	3	0.39	4	0.52
<b>Costo de instalación</b>	10%	3	0.3	3	0.3	4	0.4	2	0.2
<b>Área que se necesita</b>	13%	4	0.52	2	0.26	4	0.52	2	0.26
<b>Consumo de cascarilla de arroz</b>	13%	3	0.39	2	0.26	3	0.39	2	0.26
<b>Total</b>			<b>3.3</b>		<b>2.51</b>		<b>3.2</b>		<b>3.04</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El proceso de combustión de la cascarilla es igual al proceso de combustión de la biomasa, aquellos residuos que presentan una parte volátil y no volátil. Según [14] la cascarilla de arroz es un residuo vegetal que sólo hace combustión en condiciones de exceso de oxígeno del aire y niveles bajos de humedad del material.

De acuerdo con [41] para el proceso productivo se utilizarán principalmente las siguientes máquinas: caldera, cinta transportadora, tolva de recibo, sistema de extracción de cenizas, horno, turbina de vapor, generador. El proceso inicia cuando la cascarilla de arroz proveniente del área de cascarilla es recogida y llevada para iniciar el proceso de combustión, se consideró tener una banda transportadora para facilitar el transporte de la cascarilla hasta el horno, en este caso no hay un secado previo, según con los encargados de almacenar la cascarilla la humedad varía entre 11-13%, esto se rectifica según [36] la cascarilla debe tener una humedad inferior

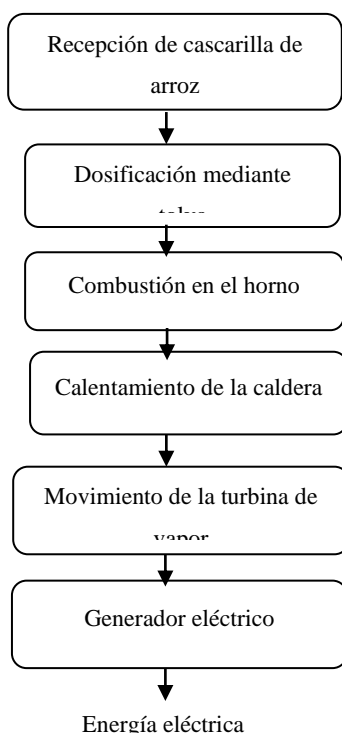
al 15% para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, cenizas y hollín. Luego se alimenta el horno donde se quemará a una temperatura mayor a los 650°C, las cenizas saldrán por la parte inferior del reactor que puede ser utilizado para otro proceso. Por la parte superior saldrá el calor hacia la caldera donde permitirá calentar el agua, para transformarla en vapor, luego el vapor se dirige hacia una turbina que transforma la energía térmica en mecánica, que permitirá accionar un generador de energía eléctrica que producirá energía eléctrica a partir de la energía mecánica.



**Figura 2 Producción de vapor para generar energía eléctrica**

Fuente: Los combustibles [42]

La figura 2, nos detalla el proceso básico para generar energía eléctrica a partir de la combustión de la cascarilla de arroz, para ello es necesario contar con los principales elementos, entre ellos: Silo, faja transportadora, horno, caldera, turbina, de vapor y un generador eléctrico. Mientras la figura 3, muestra el proceso básico de la propuesta.



### Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de combustión de cascarilla de arroz

Fuente: Elaboración propia

La capacidad por producir de energía eléctrica va a depender de la cascarilla de arroz que se tenga disponible y del rendimiento, que se tenga del proceso por cada kilogramo de cascarilla para producir un kW, según [42] la eficiencia de durante la combustión de materia prima va desde el 65-95% para este caso se consideró tomar un valor mínimo de 70% para la eficiencia, de acuerdo con [43]. Según afirma [44] la eficiencia eléctrica es de 0,018 kWh/kg y se obtuvo la potencia eléctrica por cubrir.

**Tabla 6 Requerimiento de consumo eléctrico y capacidad de la propuesta**

Año	kg de cascarilla	Requerimiento de consumo eléctrico kWh	Eficiencia durante la combustión	Cascarilla netamente utilizada-kg
2022	778 768,40	62 301,47	70%	545 137,88
2023	1 095 807,54	87 664,60	70%	767 065,28
2024	1 159 879,42	92 790,35	70%	811 915,59
2025	903 025,75	72 242,06	70%	632 118,03
2026	1 261 820,97	100 945,68	70%	883 274,68
2027	1 327 152,44	106 172,19	70%	929 006,71

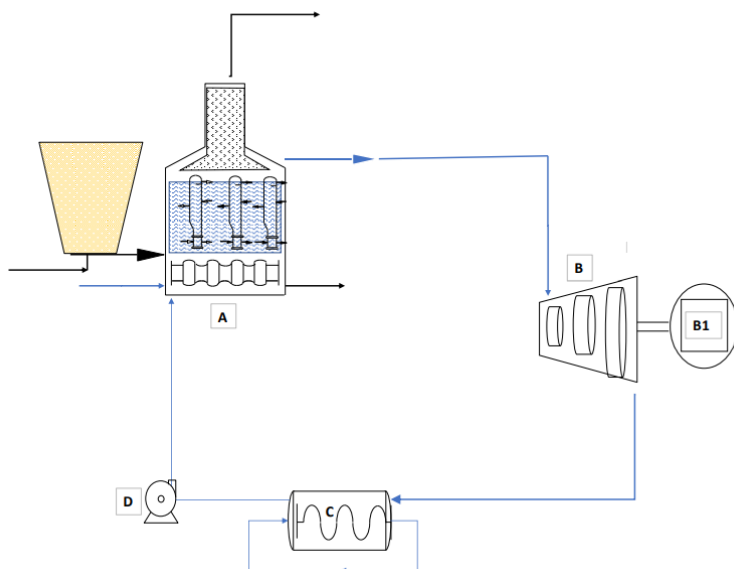
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 6 se observa que para el 2027 el requerimiento de potencia eléctrica es de 106 172,19 kWh, pero de acuerdo con lo investigado y en base a la eficiencia energética que tiene el proceso de combustión.

Debido a que se de acuerdo con la tabla 6, se tiene detallado de forma teórica, se realiza un balance de materia y energía, para hallar la cantidad de kW que se generan y las pérdidas que se generan durante dicho proceso. El flujo masico de arroz será tomado a partir de la proyección en el año 2027 con 1 327 152,44 kg/año de cascarilla donde el 70% será utilizada de acuerdo con [42], luego el valor al ser dividido por 312 días/año y el turno de 10 horas/día se obtiene el valor de 297,76kg/h. De acuerdo con [13] se sabe que la cascarilla está compuesta por los siguientes elementos carbono al 33,4%, hidrogeno al 4,3%, oxígeno al 38,5% y azufre al 0,32%.

Con la ayuda de la siguiente ecuación  $C_a = 11,5C + 34,5 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 4,32S$ , se realiza y halla la cantidad de aire necesaria por cada kilogramo de cascarilla de arroz, la relación es de 3,678 kg aire/ kg de cascarilla de arroz, después se determina el flujo masico del aire, mediante la ecuación  $\dot{m}_a = \dot{m}_c \times C_a$  obteniendo un valor de 1 095,16 kg/h, donde también se determina los compuestos que salen durante la combustión como la ceniza con 247,94 kg/h, el humo con 3,06 kg/h y los gases de combustión con 1 141,92 kg/h (Ver Anexo 28 y 29).

Con respecto al balance de energía, se basa en el funcionamiento de la caldera, la producción de vapor, las pérdidas por radiación y las secciones de las tuberías, que se ignoran por motivos de diseño ya que estas pérdidas pueden reducirse mediante el aislamiento de las tuberías. El diseño de la sección de la tubería debe tener en cuenta el área específica de instalación, el balance de energía y masa se realiza de acuerdo con el ciclo de Rankine simple, de acuerdo con Cengel [45].



**Figura 4 Producción de energía a partir de la combustión de cascarilla**

Fuente: López Acosta, Julián [43]

En la figura 4 se puede observar, el esquema básico de la propuesta de generación de energía a partir de la combustión de cascarilla de arroz está conformado por los siguientes elementos: letra A es la caldera, letra B es la turbina, B1 el generador, C el condensador y D la bomba centrífuga.

Para calcular el calor disponible que ingresa mediante la cascarilla de arroz se emplea la siguiente ecuación en base al poder calorífico que de acuerdo con Moreno [36] es de 12,89 MJ/kg, se obtiene como valor 3 838 107,84kJ/h a partir de la ecuación  $Q_c = \dot{m}_c * Pe_c$ , luego se halla el calor que ingresa junto con el aire con un valor de 334 263,51kJ/h y finalmente la suma de estos dos datos permite obtener el calor disponible total con un valor de 4 172 371,35 kJ/h (ver anexo 30).

Para el flujo masico del agua necesaria será obtenida de la red pública, se emplea una temperatura promedio de 20°C y una presión atmosférica de 1011 hPa que es el valor mínimo en la ciudad de Chiclayo (758,31 mmHg) donde la turbina de vapor requiere una temperatura de 200°C y 1,4 MPa de acuerdo con [43] para obtener vapor sobrecalentado. Para el cambio de

temperatura del agua se utiliza la del calor requerido:  $Q_e = \dot{m}_w * (C_p * \Delta T)$  y para el calor latente la siguiente:  $Q_l = \dot{m}_w * lv$ . Finalmente se tiene que el calor total requerido es la suma del calor latente y específico. De 20°C a 100°C, la temperatura aumenta según el cálculo del calor total y la presión aumenta, para una transición de fase a 100°C, se tiene que el flujo masico del agua es 4 256,83 kg/h para un correcto funcionamiento del proceso y finalmente se halla la capacidad de calorífica de la caldera con un valor de 11 882 932,00 kJ/h (Ver Anexo 31 y 32).

Durante el proceso de combustión de la cascarilla de arroz, en la caldera se realiza el intercambio de calor, para que el agua comience a evaporar y la posterior generación de vapor para la el trabajo de la turbina, en ese punto que el agua empieza a evaporar se ha considerado un porcentaje del 0,07% que no llega evaporarse, por lo que cada hora se tiene una pérdida de 2,98 kg/h de agua, que esa misma cantidad se ha considerado volver a llenar para que el ciclo de trabajo este correctamente funcionando (Ver Anexo 43).

Una vez que se ha obtenido la cantidad de agua que 17 802,12 kg/mensual, considerando el porcentaje de agua que se pierde, se procede a obtener los costos a partir del tarifario de EPSEL [46] lo que se ha obtenido S/1 552,63 al año por el servicio de agua en la propuesta (Ver Anexo 44).

Se tiene en cuenta que, para la caldera, el tipo de agua necesario para el correcto funcionamiento [47] se recomienda que el pH del agua de caldera sea superior a 7 (agua neutra o alcalina) y, en lo posible, superior a 10,5 y menor a 12. La opción más adecuada y rápida para alcalinizar el agua es necesario hervir durante aproximadamente unos 5 minutos, obteniendo un pH de 8.4 lo que se considera como alcalina.

Una vez con las entradas y salidas en la caldera, se pasa a la turbina donde se trabaja con un vapor sobrecalentado a una presión de 1,4 MPa y temperatura de 200°C estas condiciones de acuerdo con [43], se determina la perdida de calor dentro de la turbina misma, se utiliza las entalpias de las tablas de vapor sobrecalentado a condiciones de 200°C para entrada y 102,61°C para salida, se obtiene una pérdida de calor de -524 909,31 kJ/h en la turbina y con un trabajo de 145,81 kW/h lo que equivale al año 454 923,88 kWh (Ver Anexo 34).

Debido a que no se tiene un registro por parte de la empresa en los costos energéticos, se halló un índice de costos energéticos/kg de producción de arroz producidos en el año 2021. Para ello se obtiene el total de costos energéticos en el 2021 que posteriormente se divide entre el consumo de energía eléctrica, se obtiene 1,76 S/kWh, por lo tanto, con la propuesta planteada se tiene un ahorro de S/ 417 247,42 en promedio (Ver Anexo 37).

**Tabla 7 Reporte costos energéticos durante el año 2021**

Mes	Costos energéticos en S/	Índice de consumo eléctrico requerido (kWh/kg de arroz)	Producción de arroz pilado-kg	Consumo de energía eléctrica-kWh
Enero	S/ 10 701,01	0,016	5 503 622	88 057,952
Febrero	S/ 11 343,14			
Marzo	S/ 6 541,30			
Abril	S/ 16 497,50			
Mayo	S/ 13 550,40			
Junio	S/ 6 824,10			
Julio	S/ 11 799,50			
Agosto	S/ 13 767,80			
Setiembre	S/ 17 880,20			
Octubre	S/ 14 750,00			
Noviembre	S/ 16 643,00			
Diciembre	S/ 14 441,50			
Total	S/ 154 739,45			

Fuente: Piladora el Misti SAC

Como se puede observar en la tabla 3, a mayor producción mayor será los costos por el consumo eléctrico, de acuerdo con la información obtenida, la tarifa por el consumo eléctrico representa en promedio mensualmente el 33% de todos los gastos totales mensuales, siendo una cantidad significativa para la empresa (Ver Anexo 7).

Luego de obtener los costos energéticos, se ha realizado una comparación antes y después de la propuesta, donde se evidencia el ahorro tanto en costos energéticos como también en kWh consumidos por la compañía durante el año 2027.

**Tabla 8 Indicadores de costos energéticos antes y después**

Año	kg de arroz pilado	kg de cascarilla	Flujo masico de cascarilla-kg/h	Trabajo generado por la turbina-kWh	Trabajo generado al año- kWh	Requerimiento energético al año-kWh	Ahorro en consumo energético-kWh	Costo de cada kWh (S/kWh)	Ahorro energético (S/)
2016	3 144 477,00	628 895,40	141,10	69,09	215 572,81	50 311,63	165 261,18	1,76	290 859,67
2017	3 920 122,00	784 024,40	175,90	86,14	268 747,94	62 721,95	206 025,99	1,76	362 605,73
2018	2 415 255,00	483 051,00	108,38	53,07	165 580,25	38 644,08	126 936,17	1,76	223 407,67
2019	2 409 031,00	481 806,20	108,10	52,93	165 153,56	38 544,50	126 609,07	1,76	222 831,96
2020	4 105 444,00	821 088,80	184,22	90,21	28 1452,87	65 687,10	215 765,77	1,76	379 747,76
2021	5 503 622,00	1 100 724,40	246,96	120,93	377 306,38	88 057,95	289 248,43	1,76	509 077,24

2022	3 893 842,00	778 768,40	174,72	85,56	266 946,29	62 301,47	204 644,81	1,76	360 174,87
2023	5 479 037,70	1 095 807,54	245,85	120,39	375 620,98	87 664,60	287 956,38	1,76	506 803,23
2024	5 799 397,08	1 159 879,42	260,23	127,43	397 583,55	92 790,35	304 793,19	1,76	536 436,02
2025	4 515 128,76	903 025,75	202,60	99,21	309 539,23	72 242,06	237 297,17	1,76	417 643,02
2026	6 309 104,85	1 261 820,97	283,10	138,63	432 527,08	100 945,68	331 581,40	1,76	583 583,26
2027	6 635 762,18	1 327 152,44	297,76	145,81	454 921,40	106 172,19	348 749,21	1,76	613 798,61

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con la tabla 8, se puede apreciar que con la propuesta de mejora se logra ahorrar aproximadamente en promedio cada año S/ 417 247,42 siendo una propuesta donde se evidencia grandes cambios y donde la cascarilla tiene un mejor uso con respecto a la venta que tiene a compañía en la actualidad, lo cual nos indica que la propuesta si llega a satisfacer la demanda del requerimiento energético anual, incluso se nota que hay un excedente. (Ver Anexo 37)

Luego se utiliza la matriz de Leopold para realizar la evaluación ambiental antes y después de la propuesta de mejora, se ha logrado identificar un cambio importante, donde se evidencia que los impactos negativos hacia el medio ambiente fueron reducidos con la propuesta, para ello se ha realizado el análisis de acuerdo a los factores físicos, biológicos y culturales, antes de la propuesta se ha tenido el puntaje de -678 y después de la propuesta -561, lo que se evidencia una reducción de los impactos ambientales pero requiere atención a futuro por parte de la compañía (Ver Anexo 38 y 39).

Para obtener las áreas que se debe considerar en la propuesta, se realizó el cálculo de áreas con el método de Guerchet, esto nos permitió identificar cuanta área necesitan las máquinas y además del área que necesitan los usuarios para operar dichas maquinas. Se considero los tres tipos de superficies como la superficie estática, superficie de evolución, superficie de gravitación y la superficie total, de acuerdo con [46] se utilizó un coeficiente k de 1,5 (Ver anexo 12).

**Tabla 9 Superficies halladas mediante el método de Guerchet- en metros**

Maquinas	N (lados)	N (número de máquinas)	Superficie estática (Ss)	Superficie de gravitación (Sg)	Superficie de evolución (Se)	Superficie total (St)
<b>Horno</b>	2	1	2,88	5,76	12,96	21,6
<b>Caldera</b>	1	1	6,46	6,46	19,38	32,3
<b>Turbina de vapor</b>	2	1	16,8	33,6	75,6	126
<b>Generador eléctrico</b>	1	1	16,56	16,56	49,68	82,8
<b>Total</b>						262,7

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con la tabla 9 se pudo evidenciar la cantidad  $m^2$  que requiere las maquinas junto con los operarios necesario, teniendo un total de espacio requerido de 262,7  $m^2$ . Siendo un espacio aceptable considerando que la empresa tiene espacio suficiente para implementar esta propuesta de mejora (Ver Anexo 14,15,16 y 17).

La empresa cuenta con el espacio necesario para colocar las máquinas que se van a emplear teniendo como principal zona para colocar, el área de descampado. La empresa en la actualidad presenta este gran espacio en desuso, lo que permitirá esta propuesta es aprovechar no solo ese espacio, sino también que el propietario y los colaboradores se interesen más en invertir en la empresa (Ver Anexo 13)

Con respecto a la viabilidad económica de la propuesta de mejora, se realizó mediante las cotizaciones respectivas de la propuesta, dentro de ello se abarco la cotización de maquinaria, operarios, capacitaciones, entre otros.

**Tabla 10 Flujo de caja de la propuesta de inversión**

Año	0	1	2	3
Utilidad después de impuestos		S/177 353,09	S/177 353,09	S/177 353,09
depreciación		S/21 324,68	S/21 324,68	S/21 324,68
Inversión	S/257 839,19	S/198 677,77	S/198 677,77	S/198 677,77
Año	0	1	2	3
FNE	-S/257 839,19	S/198 677,77	S/198 677,77	S/198 677,77
VAN	S/164 749,24		TMAR	19%
TIR	57,2%			
VAN Ingresos	S/1 478 869,77			
VAN Egresos	S/1 314 120,52			
B/C	1,13			

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con la tabla 10 el flujo de caja, se obtiene un VAN de S/ 164 749,24 con un TIR de 57,2% en base a un TMAR de 19%, lo cual indica la buena rentabilidad que tiene esta propuesta de inversión. Se puede observar que un B/C es de 1,13 lo que indica el éxito de la inversión a realizar.

### Discusión

En el diagnóstico de la situación actual de cascarilla de arroz y costos energéticos en el proceso productivo del molino en estudio, debido a que la empresa no mantenía un control exacto de este tipo de residuo, por lo tanto, con la investigación de Rodríguez y Abdul [34], [35] determinaron que la cascarilla corresponde al 20% del peso del grano de arroz, a partir de

dicha cantidad se pudo analizar y observar que la empresa tiene 716 598,37 kg de cascarilla en promedio de acuerdo al periodo 2016-2021, a partir de ello se pudo determinar que el costo de kWh es de S/ 1,76 junto con un índice de consumo de kWh/kg de arroz pilado es de 0,016. En comparación con Salazar [11] que obtuvo un costo de kWh de S/ 0,41 y un índice de consumo de kWh/ kg de arroz pilado es de 0,04 también de acuerdo con Rojas [47] tiene un costo de kWh promedio de S/ 0,49 y un índice de consumo de kWh/ kg de arroz pilado es de 0,08. Se puede apreciar que el costo de kWh en la empresa con respecto a los otros molinos en los trabajos de Salazar y Rojas es mayor, pero en el índice de consumo de kWh/kg arroz pilado se encuentra cercanos a los valores referenciales.

Con respecto al estudio técnico-tecnológico para la producción de electricidad, La mayoría de los autores consideran que es un método donde se aprovecha la mayor capacidad energética de la cascarilla, pero que se debe mantener bajo ciertos parámetros de temperatura y humedad expuestos antes para mitigar los efectos ambientales al utilizar este método de generación de energía, se eligió por ser uno de los más básicos de implementar, según Quiñones [31] los principales parámetros que se deben cumplir es que la cascarilla tenga una humedad inferior al 15% y la combustión sea realizada en un horno de tipo lecho fluidizado, para que sea una combustión controlada, lo que evita exceso de gases contaminantes, este tipo de horno permite una combustión equilibrada entre 700-900°C para así obtener ceniza rica en sílice amorfa para la industria cementera y también utilizar como una fuente extra de ingresos de acuerdo con Blissett [33], minimizando los efectos negativos teniendo un porcentaje para cubrir el 100% de kWh requeridos. De acuerdo con Salazar [11] el porcentaje para los kWh requeridos fue mayor al 100% debido a más cantidad de cascarilla disponible, Rojas [47] también con los kWh requeridos incluso genera un excedente de más del 100% debido a que solo se enfoca en el área de producción a cubrir. De acuerdo con [50] se indica que la ceniza de cascarilla de arroz es adecuada para la formación de adhesivo tipo mortero para la colocación de baldosas o cerámicas, mientras que [51] utiliza la ceniza de la cascarilla de arroz sin tratamiento, presenta un 29,38% de sílice amorfa, puede reemplazar al agregado fino un 20% obteniendo bloques de concreto con resistencia incluso mayor.

Con respecto a la viabilidad económica se encontró los diferentes indicadores entre el VAN, TIR de S/164 749,24 y 57,2% respectivamente y un B/C de 1,13. Según las otras investigaciones de Rojas [47] con un VAN de S/ 76 427,69, TIR de 20% y un B/C de 1,39 y Salazar [11] con un VAN S/2 077 423 con un TIR de 32% y un B/C de 1,53. Como se puede apreciar con respecto a las otras investigaciones se encuentra en el promedio lo que garantiza que la inversión será rentable para la empresa.

## **Conclusiones**

De acuerdo con el diagnóstico situacional de la empresa con respecto a la cascarilla de arroz y los costos energéticos, se puede concluir que entre los años 2016-2021 se observa que la producción en promedio es de 716 598,37 kg, manteniendo un incremento del 34,06% en el 2021, debido a que la empresa no tiene un control de la cascarilla se utilizó la evidencia bibliográfica para poder identificarla obteniendo así que el 20% del grano de arroz es cascarilla. Con respecto a los costos energéticos durante el 2021, en promedio fueron de S/12 895,00 lo que represento un 33% de los costos de producción, se pudo identificar el costo de kWh en S/1,76 en base a los kWh/kg de arroz pilado que es de 0,016.

Con respecto al estudio técnico-tecnológico, se eligió el método de combustión, para aprovechar de forma más completa la cascarilla de arroz, con un porcentaje de aprovechamiento del 70%, para que se mitiguen los efectos contaminantes es necesario que la cascarilla tenga una humedad inferior al 15% además de tener un proceso en teoría sencillo de aplicar con solo 4 máquinas: horno, caldera, turbina de vapor y generador. El área necesaria para esto es de 262,7 m<sup>2</sup> y con una producción pronosticada anual en 2027 de 454 921,40 kWh.

Con respecto a la viabilidad económica, se pudo determinar que era rentable y se puede ganar por cada S/1,00 invertido, dentro de los principales indicadores se halló el VAN, TIR de S/164 749,24 y 57,2% respectivamente y un B/C de 1,13. Dentro de ello se pudo observar un VAN Ingresos de S/1 478 869,77 y un VAN de egresos S/1 314 120,52 con respecto a la cotización dentro de la propuesta se evidencio que se tuvo una inversión de S/257 839,19, un costo anual de S/422 393,64 y una depreciación total que resulto en S/21 324,68. Mientras en la evaluación ambiental, se realizó la matriz de Leopold antes y después de la mejora donde se evidencia mejoras en los impactos ambientales, antes de la propuesta se ha tenido el puntaje de -678 y después de la propuesta -561.

## **Recomendaciones**

Debido a que la empresa tiene un excedente de energía producida con la propuesta, teniendo 237 072,40 kWh al año en promedio, se recomienda vender la energía a otros molinos de arroz o también vender a ENSA.

Como se está utilizando el método de combustión para obtener energía, se debe vigilar la humedad de la cascarilla que debe ser inferior al 15% y la temperatura entre 700-950°C.

Para una mayor exactitud es necesario que esta investigación sea de carácter experimental para que los resultados con respecto a la energía obtenida a partir de la cascarilla mediante combustión.

## Referencias

- [1] A. Martínez González-Tablas, A. Orlandini y S. Herrero López, «Crisis, cambio global y energía,» *Revista de economía mundial*, nº 29, pp. 265-286, 2011.
- [2] A. Fernández Colomina y S.-O. Mayra , «Guía Para La Gestión Integral De Los Residuos Solidos Urbanos,» La Habana, 2007.
- [3] J. García de la Cruz, A. Arizkun, P. Prieto, P. Linares, C. Gallego Castillo, D. Carralero Ortiz, V. Pellicer, P. Cotarelo y S. Riutort, «La Energía . Retos Y problemas,» Dossieres EsF, Madrid, 2017.
- [4] A. Guerrero, A. Negrete, C. De Leon , O. Ugarteche, A. Martínez, B. Acosta, P. Martínez y J. Zavaleta, «Energía y desarrollo sustentable: Transiciones energéticas en América Latina,» Consejo latinoamericano de Ciencias Sociales , Buenos Aires , 2020.
- [5] J. Gálvez Delgado, M. Révolo Acevedo y J. Carrasco Chacón, «Balance nacional de energía,» Lima, 2019.
- [6] F. Tenorio Calderón, M. Remy Simatovic, E. García Torreblanca, C. Ramírez Gonzales, C. Romero, K. Sánchez y J. Acosta Reátegui, «Observatorio de Commodities,» Lima, 2021.
- [7] F. Tenorio Calderón, M. Remy Simatovic, E. García Torreblanca, C. Ramírez Gonzales, C. Romero y J. Acosta Reátegui, «Observatorio de las siembras y perspectivas de la producción-Arroz,» Lima, 2021.
- [8] A. Ortega Ramírez y M. Quispe Trinidad, «Alternativas del uso de la cascarilla de arroz como fuente energética,» *Fuentes: El reventón energético*, vol. 19, nº 2, pp. 69-81, 2021.
- [9] M. Echevarría Cruz y O. López Mena, «Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica,» Quito, 2010.
- [10] J. López Acosta, «Aprovechamiento de la cascarilla de arroz para la cogeneración de energía eléctrica,» Ibagué , 2019.
- [11] E. Salazar Sanchez, «Propuesta de aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz para incrementar la rentabilidad del molino y Cía. Semper s. a. c. utilizando el sistema de gasificación,» Chiclayo, 2019.
- [12] R. Naveda Rengifo, P. Jorge Montalvo, F. d. P. Lisveth y L. Visitación Figueroa, «Remoción de lignina en el pretratamiento de cascarilla de arroz por explosión con vapor,» *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 85, nº 3, pp. 352-361, 2019.

- [13] A. Valverde, B. Sarria y J. Monteagudo, «Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz,» *Scientia et technica*, vol. 13, n° 37, pp. 255-260, 2007.
- [14] A. Prada y C. Cortés, «La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral,» *Orinoquia*, vol. 14, n° 1, pp. 155-170, 2010.
- [15] I. Quispe, R. Navia y R. Kahhat, «Energy potential from rice husk through direct combustion and fast pyrolysis: A review,» *Waste Management*, vol. 59, n° 1, pp. 200-210, 2017.
- [16] G. Marrugo, C. Valdés y F. Chejne, «Characterization of Colombian Agroindustrial Biomass Residues as Energy Resources,» *Energy Fuels*, vol. 30, n° 10, p. 8386–8398, 2016.
- [17] M. Galindo, W. Huaccachi, F. Torres, A. Inga y E. Grandy, «Generación Distribuida con Plantas de Gasificación de Cascarilla de Arroz para el Suministro de Electricidad al Distrito Bajo Biavo (San Martín, Perú),» Lima, 2017.
- [18] M. T. Varnero Moreno, «Manual del biogás,» Santiago de Chile, 2011.
- [19] E. Reyes Aguilera, «Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos organicos,» *Revista científica de FAREM-Estelí*, n° 24, pp. 60-81, 2017.
- [20] Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, «Guía sobre el biogás- desde la producción hasta el uso,» Berlín, 2010.
- [21] E. Ponce, «Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad,» *Idesia*, vol. 34, n° 5, pp. 75-79, 2016.
- [22] L. Arteaga Pérez, Y. Casas Ledón, J. Cabrera Hernández y L. Rodríguez Machín, «Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía. Revisión de las tecnologías y barreras para su aplicación,» *Afinidad*, vol. 72, n° 570, pp. 138-145, 2015.
- [23] J. Serrano, W. Mejía, J. Ortiz, A. Sánchez y S. Zalamea, «Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a partir de biomasa en el Ecuador,» *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, n° 17, pp. 41-61, 2017.
- [24] J. Barrera Hernández, N. Ramírez Contreras y J. García Núñez, «Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y aplicaciones en la agroindustria de la palma de aceite,» *Revista Palmas*, vol. 39, n° 4, pp. 24-44, 2018.

- [25] greendok, «El coste energético como factor de competitividad,» 14 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://greendok.com/el-coste-energetico-como-factor-de-competitividad#:~:text=Este%20coste%20es%20la%20suma,el%20precio%20de%20la%20energ%C3%ADa..> [Último acceso: 17 Abril 2022].
- [26] Syafrudin, W. Dwi Nugraha, H. Abdul Matin y Budiyo, «El efecto del pretratamiento enzimático y la relación c / n en la producción de biogás a partir de desechos de cáscara de arroz durante la digestión anaeróbica en estado sólido (SS-AD,» *MATEC Web of Conferences*, vol. 101, 2017.
- [27] L. Araújo Silva, I. Silva dos Santos, G. de Oliveira Machado, G. Tiago Filho y R. Barros, «Rice husk energy production in Brazil: An economic and energy extensive analysis,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 290, n° 0959-6526, p. 125188, 2021.
- [28] I. Quispe, R. Navia y R. Kahhat, «Life Cycle Assessment of rice husk as an energy source. A Peruvian case study,» *Cleaner Production*, vol. 209, pp. 1235-1244, 2019.
- [29] Y. Zhang, Y. Zhao, X. Gao, B. Li y J. Huang, «Energy and exergy analyses of syngas produced from rice husk gasification in an entrained flow reactor,» *Cleaner Production*, vol. 95, pp. 273-280, 2015.
- [30] A. Bazargán, M. Bazargan y G. Mc Kay , «Optimization of rice husk pretreatment for energy production,» *Renewable Energy*, vol. 77, pp. 512-520, 2015.
- [31] L. Pérez Quiñones, M. Llanes Pérez y Y. Morales Rodríguez, «Disponibilidad de sio2 a partir de la quema controlada de cáscara de arroz de Mayabeque,» *Revista Ciencia y Construcción*, vol. 2, n° 1, pp. 3-13, 2021.
- [32] M. Thiedeitz , B. Ostermaier y T. Krankel, «Rice husk ash as an additive in mortar – Contribution to microstructural, strength and durability performance,» *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 184, n° 106389, 2022.
- [33] R. Blissett, R. Sommerville, N. Rowson, J. Jones y B. Laughlin, «Valorisation of rice husks using a TORBED® combustion process,» *Fuel Processing Technology*, vol. 159, pp. 247-255, 2017.
- [34] J. Rodríguez Páez, C. Arcos y D. Macías Pinto, «La cascarilla de arroz como fuente de SiO2,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, n° 41, pp. 7-20, 2007.
- [35] H. H. Abdul Matin, S. Syafrudin y S. Suherman, «Solid State Anaerobic Digestion for Biogas Production from Rice Husk,» *E3S Web of Conferences*, vol. 202, 2020.

- [36] L. Tipanluisa, G. Moreno, J. Guasumba, S. Celi y J. Molina, «Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo,» *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, n° 11, pp. 37-43, 2015.
- [38] M. Mete, «Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión,» *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, vol. 7, n° 7, pp. 67-85, 2014.
- [39] M. Gutiérrez, «Valoración de inversiones en proyectos no convencionales-tasa interna de retorno versus tasa interna de retorno modificada,» *INNOVA Research Journal*, vol. 3, n° 9, pp. 126-133, 2018.
- [40] A. Aguilera Díaz, «El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas,» *Cofin Habana*, vol. 11, n° 2, pp. 322-343, 2017.
- [41] J. Urquiezo, H. Acero y J. Rodriguez, «Reemplazar el uso de Diesel por cascarilla de arroz empleado para generación de vapor. Aspectos técnicos y económicos,» *Revista tecnológica ESPOL*, 2011.
- [42] M. Camps Michelena y F. Marcos Martín, *Los biocombustibles*, Madrid: Mundi-Prensa libros, 2008.
- [43] J. López Acosta, «Aprovechamiento de la cascarilla de arroz para la cogeneración de energía eléctrica,» Ibagué, 2019.
- [44] A. Landaverde Ventura, «Potencial energético de la biomasa residual de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,» San Antonio de Oriente, 2018.
- [45] Y. Cengel y M. Boles, *Termodinámica-septima edición*, Mexico : McGRAW-HILL, 2012.
- [46] E. Rios Ortiz, *Diseño de Sistemas Productivos: Distribución en plantas industriales con ayudas multimedia*, Antioquia: Reimpresos Universidad de Antioquia , 2012.
- [47] C. Rojas Sanchez, «Generación de biogás a partir de la cascarilla de arroz para reducir costos energéticos en la piladora La Merced s.r.l.,» Chiclayo, 2018.
- [48] L. Tipanluisa, G. Moreno, J. Guasumba, S. Celi y J. Molina, «Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo,» *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, n° 11, pp. 37-43, 2015.
- [49] C. Fermanelli, D. González, C. Saux y L. Pierella, «Pirólisis de residuos agrícolas: estudio comparativo de cáscara de maní y cáscara de arroz,» Córdoba, 2017.

- [50] J. Velázquez-Maldonado, P. Juárez-López, J. Anzaldo-Hernández, G. Alejo-Santiago, . L. Valdez-Aguilar, I. Alia-Tejacal, V. López-Martínez, A. Pérez-Arias y D. Guillén-Sánchez, «Concentración nutrimental de biocarbón de cascarilla de arroz,» *Revista fitotecnica mexicana*, vol. 42, n° 2, pp. 129-136, 2019.
- [51] M. Hoque, F. Rashid, S. Aziz, M. Rahman y P. Das, «Process analysis and gasification of rice husk by using downdraft fixed bed gasifier,» *AIP Conference Proceedings*, vol. 2121, n° 130005, 2019.
- [52] M. Cantos-Macías, . O. Quesada-González, A. Ross-Mesa, A. Brito-Soubanell y A. Casanova-Gómez, «Cinética de la pirólisis de residuos madereros ecuatorianos,» *Revista Cubana de Química*, vol. 30, n° 3, pp. 400-422, 2018.
- [53] D. Parra-Ortiz, M. Botero-Londoño y J. Botero-Londoño, «Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. 18, n° 1, pp. 149-160, 2019.
- [54] C. Estrada y A. Meneses, «Gasificación de biomasa para producción de combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor,» *Scientia et technica*, vol. 2, n° 25, 2004.
- [55] L. Contreras-Velásquez, I. Pereda-Reyes y O. Romero-Romero, «Aprovechamiento energético de residuos arroceros por bioconversión. Caso de estudio cuba,» *Revista DYNA Energia y Sostenibilidad*, vol. 1, n° 1, pp. 1-11, 2012.
- [56] M. Klug, «Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa,» *Revista de Química*, vol. 26, n° 1-2, pp. 37-40, 2012.
- [57] P. Cordoba Chavarry y A. Ortega Ramírez , «System Advisor Model (SAM) como sistema de apoyo ambiental y energético para el apoyo ambiental y energético para el,» *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 10, n° 2, pp. 9-16, 2022.
- [58] K. Chávez Adrianzén , «Instalación de una linea procesadora de cáscara deshidratada de café en la cooperativa coopafsi con fines de exportación,» Chiclayo, 2020.

## **Anexos**

### **Anexo 1: Cuestionario para el desarrollo del primer objetivo**

Señor Del Valle Sequeiros Gabriel, gracias por aceptar responder y brindarme la información necesaria para poder realizar el trabajo de investigación de la tesis. Bueno empezamos con las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la producción histórica de arroz pilado? ¿Hace cuantos años tienen el registro?
2. ¿Qué manejo tienen con la cascarilla de arroz?
3. ¿Cómo es el proceso productivo del arroz?
4. ¿Qué equipos y/o maquinaria tienen en la empresa?
5. ¿Cuál es el costo energético mensual que se tiene en promedio? ¿Se relaciona la producción con los costos energéticos?

**Fuente: Elaboración propia**

Anexo 2: Registro de las maquinas en la empresa

CLASIFICACION	MAQUINAS	CANTIDAD	POTENCIA DE CADA EQUIPO EN (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL TEORICA (W)	FD	POTENCIA CONSUMIDA (W)	HORARIO	T. UTILIZACION (Hrs)	ENERGIA EN (W)	ENERGIA EN KW	ENERGIA EN KW EN LAS AREAS	ENERGIA EN KW TOTAL	
ETAPAS DEL PROCESO DE PILADO DE ARROZ	LIMPIEZA	tolva	1	2	2	1491.4	1491.4	0.8	1193.12	7:30 am-17:30pm	10	11931.2	11.9312	68.60	2532.42
		elevador por cangilones1	1	2	2	1491.4	1491.4	0.8	1193.12	7:30 am-17:30pm	10	11931.2	11.9312		
		zaranda	1	7.5	7.5	5592.75	5592.75	0.8	4474.20	7:30 am-17:30pm	10	44742	44.742		
	DESCASCARILLADO	elevador por cangilones 2	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.9484		
		descascaradora	2	7.5	15	11185.5	22371	0.8	17896.80	7:30 am-17:30pm	10	178968	178.968	175.99	
	DESPREDADORA	Vibradores	2	2	4	2982.8	5965.6	0.8	4772.48	7:30 am-17:30pm	10	47724.8	47.7248		
		Elevador por cangilones	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.9484		
		Ventilador	1	20	20	14914	14914	0.8	11931.20	7:30 am-17:30pm	10	119312	119.312	183.44	
	CIRCUITO SEPARADOR	elevador por cangilones 3	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.9484		
		Separador	1	7	7	5219.9	5219.9	0.8	4175.92	7:30 am-17:30pm	10	41759.2	41.7592		
		elevador por cangilones 4 y 5	2	1.5	3	2237.1	4474.2	0.8	3579.36	7:30 am-17:30pm	10	35793.6	35.7936		
		Sin Fin	3	1.5	4.5	3355.65	10066.95	0.8	8053.56	7:30 am-17:30pm	10	80535.6	80.5356		
	Mesa Paddy	1	5.5	5.5	4101.35	4101.35	0.8	3281.08	30min/hora	5	16405.4	16.4054	970.16		
	PULIDO	pulidor cono 1	1	25	25	18642.5	18642.5	0.8	14914.00	7:30 am-17:30pm	10	149140		149.14	
		elevador por cangilones 6	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4		8.95	
		pulidor cono 2	1	20	20	14914	14914	0.8	11931.20	7:30 am-17:30pm	10	119312		119.31	
		Pulidora vertical	1	45	45	33556.5	33556.5	0.83	27851.90	7:30 am-17:30pm	10	278518.95		278.52	
		Elevador	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4		8.95	
		Pulidora al agua	1	55	55	41013.5	41013.5	0.85	34861.48	7:30 am-17:30pm	10	348614.75		348.61	
		Ventilador de P.A	1	7.5	7.5	5592.75	5592.75	0.8	4474.20	7:30 am-17:30pm	10	44742		44.74	
		Elevador por cangilones 7	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.95		
	Bomba de agua	1	0.5	0.5	372.85	372.85	0.8	298.28	7:30 am-17:30pm	10	2982.8	2.98	98.43		
	SELECCIÓN POR TAMAÑO	zaranda preseleccionadora	1	2	2	1491.4	1491.4	0.8	1193.12	7:30 am-17:30pm	10	11931.2		11.93	
Elevador por cangilones 8		1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.95			
Elevador por cangilones 9		1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.95			
Zaranda Rotativa clasificadora		1	7	7	5219.9	5219.9	0.8	4175.92	7:30 am-17:30pm	10	41759.2	41.76			
Elevador por Canguilones AB		1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.95			
Rodillos clasificadores		1	3	3	2237.1	2237.1	0.8	1789.68	7:30 am-17:30pm	10	17896.8	17.90	143.17		
SELECCIÓN POR COLOR	elevador por cangilones 10 , 11, 12	3	1.5	4.5	3355.65	10066.95	0.8	8053.56	7:30 am-17:30pm	10	80535.6	80.5356			
	seletora de color	1	7	7	5219.9	5219.9	0.8	4175.92	7:30 am-17:30pm	10	41759.2	41.7592			
	sinfin	1	1.5	1.5	1118.55	1118.55	0.8	894.84	7:30 am-17:30pm	10	8948.4	8.9484			
	Zaranda Granza	1	2	2	1491.4	1491.4	0.8	1193.12	7:30 am-17:30pm	10	11931.2	11.9312	138.10		
Compresión	compresor	1	40	40	29828	29828	0.85	25353.80	30min/hora	5	126769	126.769			
	secadora de aire	1	1.9	1.9	1416.83	1416.83	0.8	1133.46	7:30 am-17:30pm	10	11334.64	11.33464	263.60		
EXPULSION DE CASCARA	Soplador de Cascarilla	1	15	15	11185.5	11185.5	0.8	8948.40	7:30 am-17:30pm	10	89484	89.484			
	aspiradora de polvillo 1	1	15	15	11185.5	11185.5	0.89	9955.10	7:30 am-17:30pm	10	99550.95	99.55095			
	aspiradora de polvillo 2	1	7.5	7.5	5592.75	5592.75	0.8	4474.20	7:30 am-17:30pm	10	44742	44.742			
	ventilador de espulsion de escoria	1	5	5	3728.5	3728.5	0.8	2982.80	7:30 am-17:30pm	10	29828	29.828	82.03		
AÑEJADORA	Cosedoras	1	0.25	0.25	186.425	186.425	0.8	149.14	7:30 am-17:30pm	10	1491.4	1.4914			
	Elevador Añejadora	3	1.5	4.5	3355.65	10066.95	0.8	8053.56	7:30 am-17:30pm	10	80535.6	80.5356	8.25		
PESADO	Balanza	3	0.013	0.039	29.0823	87.2469	0.99	86.37	7:30 am-17:30pm	10	863.74431	0.86374431			
	Cosedoras	2	0.25	0.5	372.85	745.7	0.99	738.24	7:30 am-17:30pm	10	7382.43	7.38243	188.99		
ILUMINACIÓN	Lamparas	16	0.5	8	5965.6	95449.6	0.99	94495.10	(7:30-8:30 am) y (16:00-17:30 pm)	2	188990.208	188.990208			
OTROS	Equipos de computo	4	0.67	2.68	1998.476	7993.904	0.99	7913.96	8:00 am-11:00pm	3	23741.89488	23.74189488	23.74		

Anexo 3: Recibos eléctricos

Recibo N° S258-93156418

Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/09/2021 al 30/09/2021



Ensa



Cliente	PILADORA EL MISTI S.A.C.		
R.U.C.	20395132696		
Dirección	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -		
Referencia	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE		
Ruta	6630-61139-2110		
Tarifa	MT2	Serie Medidor	00000004253805 - Electrón.
Medición	Media Tension	Nº Hilos Medidor	3
Tensión y SED	10 kV / E-202331	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	S201 Chiclayo (ST2)	Inicio Contrato	17/08/2003
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.2)	Termino Contrato	16/06/2022

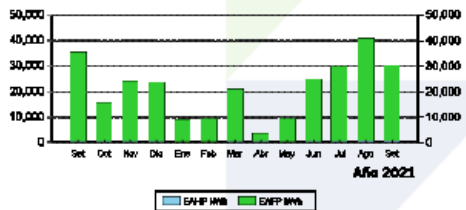
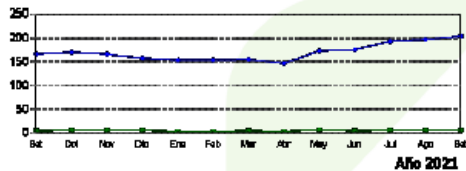
Setiembre-2021

CÓDIGO 27536879

Promedio		Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
201.1363	7.5000	120.0000	5.0000		

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	25,734.3100	25,958.7500	222.4400	30,332.7192
Energía Activa Hora Punta (kWh)	826.1200	830.6900	4.5700	623.1817
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	24,908.1900	25,128.0600	217.8700	29,709.5375
Energía Reactiva (kVarh)	21,494.4400	21,642.2400	147.8000	20,154.5401
Potencia Hora Punta (kW)	0.0500	0.0500	0.0000	6.8182
Potencia Fuera Punta (kW)	1.4500	1.5000	0.0500	204.5454

Factor Calificación : No Aplica      Fac.Medic. 136.3636



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Jul - 2021 S/ 13767.80	Ago - 2021 S/ 17880.20

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS													
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	
EAFF kWh	34591	15150	23585	23142	8521	8914	20344	3108	9080	24386	29189	40170	29710
EAHP kWh	445	490	533	461	393	372	464	412	370	469	588	620	623
FFP kW	185.3636	170.4545	168.3636	158.1818	154.0909	154.0909	158.4545	147.2727	173.1818	175.0000	193.6363	197.7272	204.5454
PFP kW	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182	4.0909	4.0909	5.4545	4.0909	6.1818	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		11.6600	11.67
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			19.91
Energía Activa HP	623.1817	0.2879	179.41
Energía Activa FP	29709.5375	0.2389	7097.61
Energía Reactiva	11054.7243	0.0530	585.90
Pot.Usd Redes Distrib.HP	7.5000	15.5500	116.63
Pot. Activa Generación HP	6.8182	64.6900	441.07
Exc.Pot.Usd Redes Dist.FP	193.6363	16.6170	3217.65
Alumbrado Público ( Alícuota : S/ 0.4029)			604.35
SUB TOTAL			12274.20
Imp. Gral. a las Ventas			2209.36
Saldo por redondeo	1.0000	-0.0400	-0.04
Redondeo		0.0500	0.05
Aporte Ley Nro. 28749	30332.7192	0.0088	266.93
<b>TOTAL RECIBO DE SETIEMBRE-2021</b>			<b>14750.50</b>
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 482.59			

Emisión	06/10/2021	Vencimiento	25/10/2021	TOTAL	S/*****14,750.50
---------	------------	-------------	------------	-------	------------------

Su AMT es : A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE

Figura 1.A Recibo eléctrico del mes de Setiembre-2021

Recibo N° S258-93294087

Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/10/2021 al 31/10/2021



Ensa



Octubre-2021

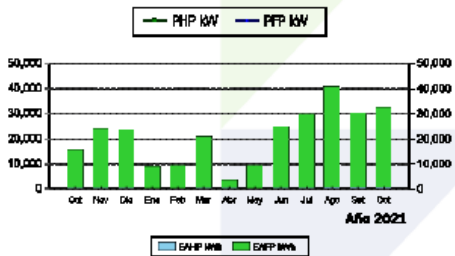
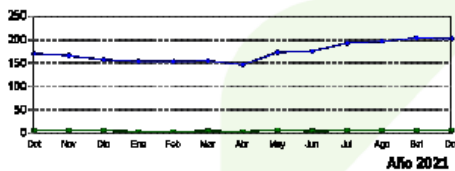
CÓDIGO 27536879

Cliente	PILADORA EL MISTI S.A.C.		
R.U.C.	20395132696		
Dirección	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -		
Referencia	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE		
Ruta	6630-61139-2110		
Tarifa	MT2	Serie Medidor	00000004253605 - Electrón.
Medición	Media Tension	Nº Hilos Medidor	3
Tensión y SED	10 kV / E-202331	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	S201 Chiolayo (ST2)	Inicio Contrato	17/06/2003
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.2)	Termino Contrato	16/06/2022

Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
203.8636	8.1818	120.0000	5.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	25,956.7500	26,195.0300	238.2800	32,492.7188
Energía Activa Hora Punta (kWh)	830.8600	835.1300	4.4400	605.4544
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	25,126.0600	25,359.9000	233.8400	31,887.2642
Energía Reactiva (kVarh)	21,642.2400	21,818.4000	176.1600	24,021.8118
Potencia Hora Punta (kW)	0.0500	0.0600	0.0600	8.1818
Potencia Fuera Punta (kW)	1.5000	1.4900	1.4900	203.1818

Factor Calificación : No Aplica      Fac.Medic. 136.3636



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ago - 2021 S/ 17880.20	Set - 2021 S/ 14750.50

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS													
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct
EAFP kWh	15150	23585	23142	8521	8914	20344	3108	9080	24386	29189	40170	29710	31887
EAHP kWh	490	533	461	393	372	464	412	370	469	588	620	623	605
PFHP kW	170.4545	166.3636	158.1818	154.0909	154.0909	155.4545	147.2727	173.1818	175.9090	193.6363	197.7272	204.5454	203.1818
PFHP kW	6.8182	6.8182	6.8182	4.0909	4.0909	5.4545	4.0909	8.1818	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182	8.1818

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		11.8165	11.82
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20.15
Energía Activa HP	605.4544	0.3097	187.51
Energía Activa FP	31887.2642	0.2565	8179.08
Energía Reactiva	14273.9962	0.0535	763.66
Pot.Usos Redes Distrib. HP	8.1818	15.7900	129.19
Pot. Activa Generación HP	8.1818	67.0500	548.59
Exc.Pot.Usos Redes Dist.FP	195.6818	16.8758	3302.29
Alumbrado Público ( Alícuota : S/ 0.4360)			654.00
Interés Compensatorio	1.0000	63.3564	63.36
SUB TOTAL			13859.65
Imp. Gral. a las Ventas			2494.74
Interés Moratorio	1.0000	2.7377	2.74
Saldo por redondeo	1.0000	-0.0500	-0.05
Redondeo			-0.02
Aporte Ley Nro. 28749	32492.7188	0.0088	285.94
<b>TOTAL RECIBO DE OCTUBRE-2021</b>			<b>16643.00</b>
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 542.82			

Emisión	06/11/2021	Vencimiento	24/11/2021	TOTAL	S/*****16,643.00
---------	------------	-------------	------------	-------	------------------

Su AMT es : A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE

Figura 2.A Recibo eléctrico del mes de octubre-2021

Recibo N° S258-93987846

Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/03/2022 al 31/03/2022



Ensa



Cliente	PILADORA EL MISTI S.A.C.		
R.U.C.	20395132696		
Dirección	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -		
Referencia	Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE		
Ruta	6630-61139-2110		
Tarifa	MT2	Serie Medidor	00000004253605 - Electrón.
Medición	Media Tension	Nº Hilos Medidor	3
Tensión y SED	10 kV / E-202331	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	S201 Chiclayo (ST2)	Inicio Contrato	17/06/2003
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.2)	Termino Contrato	18/06/2022

Marzo-2022

CÓDIGO 27536879

Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
203.1818	7.5000	120.0000	5.0000

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	26,801.0600	26,914.6900	113.6300	15,494.9959	Cargo Fijo		12.0500	12.05
Energía Activa Hora Punta (kWh)	851.9000	856.4700	4.5700	623.1817	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Construcción			19.75
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	25,949.1600	26,058.2200	109.0600	14,871.8142	Energía Activa HP	623.1817	0.3083	192.13
Energía Reactiva (kVarh)	22,277.5000	22,356.0300	78.5300	10,708.6335	Energía Activa FP	14871.8142	0.2556	3801.24
Potencia Hora Punta (kW)	0.0500	0.0500	0.0500	6.8182	Energía Reactiva	6060.1347	0.0501	303.61
Potencia Fuera Punta (kW)	1.3800	1.3800	1.3800	185.4545	Pot. Uso Redes Distrib.HP	7.5000	16.0400	120.30
Factor Calificación : No Aplica	Fac.Medic. 136.3636				Pot. Activa Generación HP	6.8182	68.7000	468.41
					Exc.Pot.Uso Redes Dist.FP	195.6818	17.1400	3353.99
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3701)			259.07
					Interés Compensatorio	1.0000	50.0658	50.07
					Ajuste Tarifario	1.0000	0.4300	0.43
					SUB TOTAL			8581.05
					Imp. Gral. a las Ventas			1544.59
					Interés Moratorio	1.0000	4.3969	4.40
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0100	-0.01
					Redondeo		0.0200	0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	15494.9959	0.0082	142.55
					<b>TOTAL RECIBO DE MARZO-2022</b>			<b>10272.60</b>
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 384.74			

Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ene - 2022 S/ 11526.90	Feb - 2022 S/ 13071.40

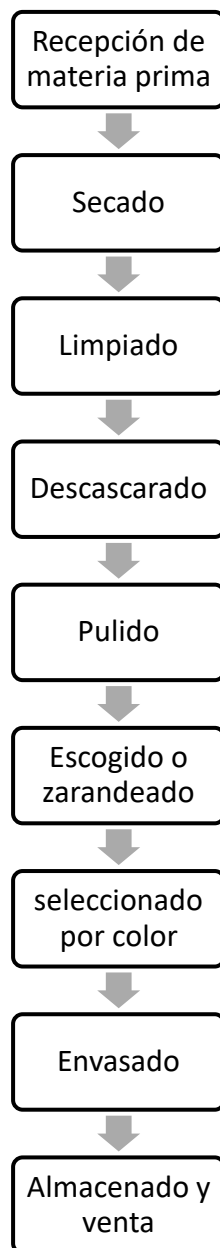
  

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS													
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
EAFP kWh	20344	3108	9080	24386	29189	40170	29710	31887	26894	12195	18641	22624	14872
EAFP kWh	484	412	370	469	588	620	623	605	588	575	593	560	623
PFP kW	185.4545	147.2727	175.1818	175.9090	193.6363	197.7272	204.5454	203.1818	203.1818	192.2727	190.9090	188.1818	185.4545
PFP kW	5.4545	4.0909	5.1818	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182

Emisión	06/04/2022	Vencimiento	25/04/2022	TOTAL	S/*****10,272.60
---------	------------	-------------	------------	-------	------------------

Figura 3.A Recibo eléctrico del mes de marzo-2022

**Anexo 4: Diagrama de flujo del proceso productivo del arroz**

**Anexo 5: Producción de arroz pilado durante el año 2021**

<b>Mes</b>	<b>Sacos</b>	<b>Kg</b>	<b>kg de cascarilla</b>
Enero	2 450	113 296,01	22 659,20
Febrero	4 958	229 274,13	45 854,83
Marzo	7 698	355 980,70	71 196,14
Abril	1 327	61 364,82	12 272,96
Mayo	2 496	115 039,00	23 007,80
Junio	11 819	547 371,00	109 474,20
Julio	15 344	713 352,00	142 670,40
Agosto	21 164	983 280,00	196 656,00
Setiembre	10 001	462 266,00	92 453,20
Octubre	15 391	706 927,00	141 385,40
Noviembre	12 995	599 630,00	119 926,00
Diciembre	4 955	229 402,00	45 880,40
<b>Total</b>	<b>110 598,00</b>	<b>4 357 267,00</b>	<b>1 023 436,53</b>

**Fuente: Piladora el Misti SAC**

**Anexo 6: Historial de producción de arroz pilado y cascarilla**

Año	Sacos	Kg	% de cascarilla	Kg de cascarilla
2016	64 173	3 144 477	20%	628 895,4
2017	83 991	3 920 122	20%	784 024,4
2018	51 588	2 415 255	20%	483 051,0
2019	51 843	2 409 031	20%	481 806,2
2020	88 691	4 105 444	20%	821 088,8
2021	116 993	5 503 622	20%	1 100 724,4

**Fuente: Piladora el Misti SAC**

## Anexo 7: Reporte de costos de producción-año 2021

Detalle	Mes									
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Combustibles y lubricantes</b>	S/ 125,00	S/ 477,30	S/ 414,55	S/ 653,00	S/ 567,00	S/ 228,00	S/ 1 600,60	S/ 275,00	S/ 680,00	S/ 284,00
<b>Tarifica por consumo eléctrico /gastos asociados</b>	S/ 6,541,30	S/ 16 497,50	S/ 13 550,40	S/ 6 824,10	S/ 11 799,50	S/ 13 767,80	S/ 17 880,20	S/ 14 750,50	S/ 16 643,00	S/ 14 441,50
<b>Mantenimiento y reparación de equipos diversos</b>	S/ 537,00	S/ 13 553,10	S/ 746,50	S/ 193,00	S/ 1 844,00	S/ 6 160,00	S/ 928,50	S/ 1 057,80	S/ 1 628,00	S/ 3 047,50
<b>Material para fabricación</b>	S/ 4 092,00	S/ 4 199,80	S/ 4 693,00	-	-	-	S/ 4 321,90	-	S/ 36,00	-
<b>Sueldos y remuneraciones/ personal</b>	S/ 5 659,00	S/ 12 196,00	S/ 24 596,60	S/ 10 351,00	S/ 18 349,00	S/ 15 197,00	S/ 13 442,00	S/ 16 969,00	S/ 12 670,00	S/ 11 798,40
<b>Gastos asociados a la producción</b>	S/ 90,00	S/ 133,20	S/ 130,45	S/ 10 012,00	S/ 3 811,10	S/ 3 034,40	S/ 4 606,40	S/ 4 989,10	S/ 1 465,00	S/ 2 480,00
<b>Gratificaciones personal</b>	-	-	S/ 500,00	S/ 1 664,00	S/ 11 659,60	S/ 8 002,92	-	-	-	S/ 23 295,21
<b>Total</b>	S/ 17 044,30	S/ 47 056,90	S/ 44 631,50	S/ 29 697,10	S/ 48 030,20	S/ 46 390,12	S/ 42 779,60	S/ 38 041,40	S/ 33 122,00	S/ 55 346,61
<b>% de electricidad</b>	38%	35%	30%	23%	25%	30%	42%	39%	50%	26%

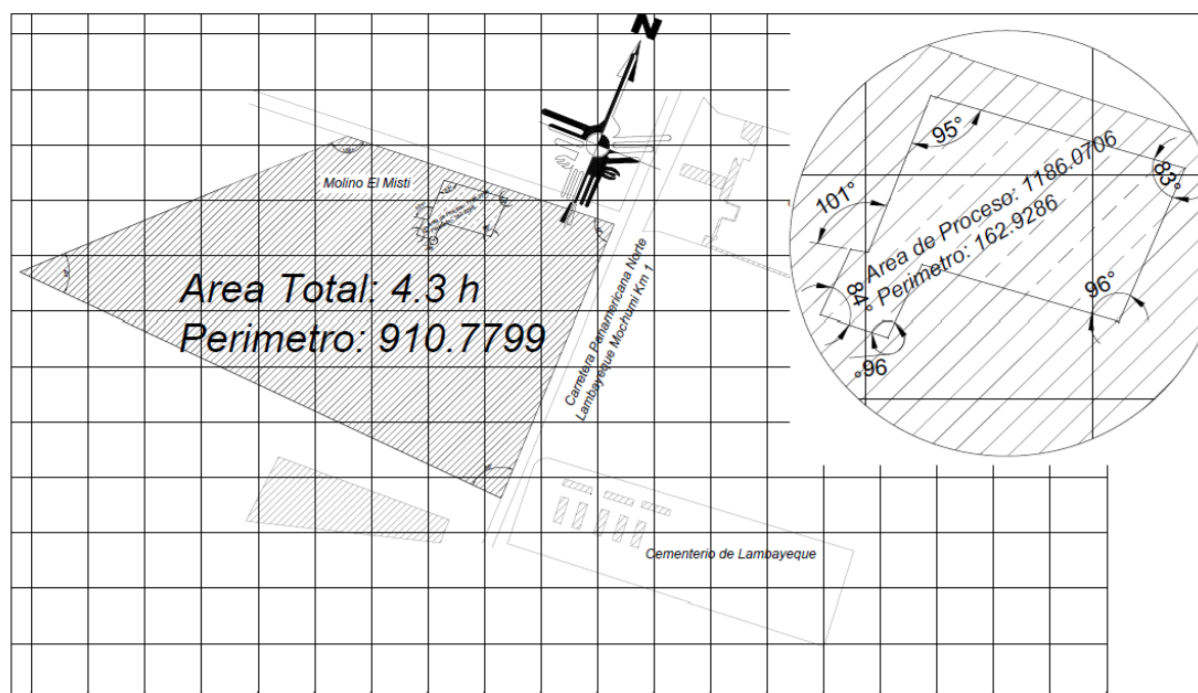
Fuente: Piladora el Misti SAC

## Anexo 8: Reporte de costos de producción año 2022

Detalle	Mes									
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
<b>Combustibles y lubricantes</b>	S/ 414.00	S/ 388.50	S/ 453.00	S/ 612.00	S/ 1,022.00	S/ 590.00	S/ 711.00	S/ 334.00	S/ 312.20	S/ 276.00
<b>Gastos energéticos</b>	S/ 9,233.00	S/ 11,526.90	S/ 13,071.40	S/ 10,272.60	S/ 9,268.80	S/ 17,522.60	S/ 18,973.10	S/ 20,406.10	S/ 21,087.60	S/ 34,810.80
<b>Mantenimiento y reparación de equipos diversos</b>	S/ 1,666.00	S/ 251.00	-	S/ 1,455.00	S/ 1,143.70	S/ 485.00	-	S/ 688.00	S/ 270.00	S/ 15.00
<b>Material para fabricación</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sueldos y remuneraciones/ personal</b>	S/ 11,124.00	S/ 12,148.00	S/ 9,819.80	S/ 7,622.00	S/ 18,879.20	S/ 19,543.00	S/ 21,144.40	S/ 16,049.00	S/ 14,425.60	S/ 15,535.20
<b>Gastos de producción</b>	S/ 1,628.60	S/ 3,560.00	S/ 870.00	S/ 2,314.40	S/ 4,642.70	S/ 26,022.60	S/ 14,930.40	S/ 13,451.35	S/ 6,665.25	S/ 2,512.70
<b>Gratificaciones personales</b>	S/ 4,789.00	S/ 1,009.40	S/ 4,563.20	S/ 969.10	S/ 180.00	S/ 4,677.05	S/ 25,948.71	S/ 3,809.40	-	-
<b>Total</b>	S/ 28,854.60	S/ 28,883.80	S/ 28,777.40	S/ 23,245.10	S/ 35,136.40	S/ 68,840.25	S/ 81,707.61	S/ 54,737.85	S/ 42,760.65	S/ 53,149.70

Fuente: Pladora del Misti SAC

### Anexo 9: Área y perímetro del molino El Misti



Fuente: Pladra el Misti SAC

Anexo 10: Matriz de alternativas de métodos de producción de energía a partir de cascarilla de arroz

Selección del método para producir energía a partir de la cascarilla de arroz				
Criterios para evaluar	Combustión	Pirólisis	Gasificación	Digestión anaerobia
Eficiencia	De acuerdo con [48] para quemar completamente la biomasa, se debe controlar la humedad por debajo del 15%, para una combustión adecuada, evitando la contaminación gaseosa excesiva y aprovechando al máximo la energía. Según afirma [42] el rendimiento de la combustión se encuentra en el intervalo 65-95%. Siendo una de las técnicas de aprovechamiento energético más eficientes.	Como afirma [49] La pirólisis se lleva a cabo en un reactor de lecho fijo a diferentes temperaturas, la temperatura óptima está entre 350°C y 650°C, la temperatura óptima para la cascarilla de arroz es de 550°C con un rendimiento de bioaceite del 45,35%. De acuerdo con [50] los resultados reportan un rendimiento de 58 a 66%. En este sentido, el rendimiento del biocarbón depende del tipo de material vegetal utilizado, el período de calentamiento, la temperatura y presión del biorreactor y el uso del catalizador.	El gas de síntesis es el factor principal cuando se lleva a las turbinas de gas, este proceso de generación produce un 40-50%, a partir de 1 kg de biomasa 2,5-3 Nm <sup>3</sup> de gas con un poder calorífico de 1000-1300 Kcal/Nm <sup>3</sup> [23]. De acuerdo con [51] el gas de síntesis se puede producir a partir de cáscaras de arroz como una buena fuente de energía. El contenido de humedad de la materia prima es inferior al 10 % en peso, la tasa de consumo de cascarilla de arroz es de 3,62 kg/h, la temperatura dentro de la zona de reacción (970-994) K, el caudal de aire básico es de 2,7 m <sup>3</sup> /h.	Debido a la acción de muchos microorganismos diferentes, la mayor parte de la materia orgánica se convierte en biogás y la mezcla de gases resultante consiste principalmente en un 50-75 % de metano y un 25-50 % de dióxido de carbono. [20]. De acuerdo con [26] Los resultados fueron positivos, el pretratamiento con enzimas permitió aumentar la producción del biogás entre un rango de 30-35%.
Impacto ambiental	De acuerdo con [13] el porcentaje de carbón fijo es de 12,40 a	Según [52] el mayor contenido de carbono explica el mayor poder	Según [23] tiene una tasa de emisión de dióxido de carbono más baja que	Según afirma [53] la digestión anaeróbica (DA) representa una

	<p>25,10%, ceniza de 16,92 a 24,6% y volátil de 51,98 a 67,7%.</p> <p>En base a la ecuación de combustión [14], teóricamente es posible obtener hasta 1,43 kg de CO<sub>2</sub> por 1 kg de carcasa, por lo que es necesario abandonar la quema de la carcasa al aire o la combustión antes.</p>	<p>calorífico de la teca. El contenido de carbono y oxígeno de los materiales estudiados coincidió con estos valores. Ratios de N y S inferiores al 1% en cada una de las biomásas aseguran emisiones reducidas de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre al medio ambiente, reduciendo su impacto ambiental. Un contenido de agua inferior al 5% caracteriza a la biomasa lignocelulósica y justifica su mejora por pirólisis.</p>	<p>la incineración, el equipo de proceso es compacto y permite un control efectivo del proceso, logrando así una alta eficiencia térmica. Además, la gasificación es un proceso más respetuoso con el medio ambiente debido a las menores emisiones de gases tóxicos a la atmósfera y al uso más flexible de subproductos sólidos.</p>	<p>alternativa a la biomasa convencional que no solo cubre las necesidades básicas de luz, calor y electricidad. El uso de biogás, cuyo poder calorífico es similar al de muchos combustibles fósiles, puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un promedio del 85 % durante la producción de calor.</p>
Residuos	<p>Según [23] la biomasa se compone en parte de materia orgánica y en parte de inorgánica, y tiene una influencia decisiva en el proceso de combustión. El primero, producido por las plantas durante la fotosíntesis, contiene la mayor parte de la energía almacenada, que luego se libera en forma de calor. Esto es importante para el diseño y operación de los sistemas</p>	<p>De acuerdo con [54] los residuos que pueden ser utilizados en dicho proceso son los siguientes:</p> <p>Residuos agrícolas (pasto, cascara de arroz, residuos de la producción de soya y girasol, bagazo de la caña de azúcar), desechos orgánicos (basura doméstica e industrial), madera, lodos.</p>	<p>De acuerdo con [54] los residuos que pueden ser utilizados en dicho proceso son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos agrícolas (pasto, cascara de arroz, residuos de la producción de soya y girasol, bagazo de la caña de azúcar), desechos orgánicos (basura doméstica e industrial), madera, lodos</li> </ul>	<p>Según [55] residuos de arroz como paja de arroz (PA), cascarilla de arroz (CA) y residuos del proceso de secado (RS). Como se puede observar, estos materiales tienen un alto contenido de sólidos volátiles, por lo que se considera que tienen un buen potencial de producción de biogás, sin embargo, tienen un alto contenido de fibra debido a los componentes lignocelulósicos que</p>

	de combustión porque causa problemas como la obstrucción debido a la deposición de cenizas y escorias en las cámaras de combustión. La presencia de nitrógeno, azufre y cloro provoca la formación de compuestos peligrosos.			forman su estructura. En cuanto a la relación C/N, la paja y la cascarilla de arroz presentaron valores de 43 y 99, respectivamente, que se encuentran por encima del rango óptimo 20:1-30:1 sugerido por la literatura para una buena digestión anaeróbica.
Disponibilidad de tecnología	Según [23] para realizar el proceso es necesario las siguientes maquinas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera, horno de combustión, Turbina de vapor y un generador.</li> </ul>	De acuerdo con [23] se puede implementar en un sistema de generación de energía, con generación de vapor en ciclo Rankine, donde se combina con un generador de sólidos y una central térmica con motor de combustión líquida.	De acuerdo con [17] se utilizó un sistema de generación de energía distribuida que consta de las siguientes máquinas, como un gasificador de lecho fluidizado capaz de generar 2m <sup>3</sup> /kg de residuos, un motor de combustión interna de 500 kW alimenta por un tanque de almacenamiento e instrumentos como un manómetro, medidor de flujo, etc.	La generación de electricidad a través de biogás según [18] Ocurre en un sistema combinado térmico y eléctrico, la turbina de gas utilizada produce entre 25 y 100 kW en el caso de una turbina pequeña y más de 100 kW en el caso de una turbina grande, generando calor y potencia equivalente al del motor. Encendido, pero el motor de combustión interna es la extensión más común, pero requiere la eliminación de H <sub>2</sub> S, menos de 100 ppm, un 60 % más de eficiencia y menos emisiones

Costo de instalación	El costo de instalación depende principalmente del costos de las maquinas empleadas para el proceso.	El costo de instalación depende principalmente del costos de las maquinas empleadas para el proceso	El costo de instalación depende principalmente del costos de las maquinas empleadas para el proceso	El costo de instalación depende principalmente del costos de las maquinas empleadas para el proceso
Área que se necesita	Dependerá de las maquinas que se requieran en el proceso productivo.	Dependerá de las maquinas que se requieran en el proceso productivo	Dependerá de las maquinas que se requieran en el proceso productivo	Dependerá de las maquinas que se requieran en el proceso productivo
Consumo de cascarilla de arroz	De acuerdo con [44] la biomasa tiene un gran potencial de generación eléctrica, de acuerdo con los datos obtenidos, por cada 618 000 kg/ año de biomasa residual se logra obtener 11007 kWh. En conclusión, se obtiene 0,018 kWh/kg.	Según [56] el bioaceite que se obtuvo de la pirolisis de la biomasa, según los primeros experimentos tiene una eficiencia eléctrica de 5,30 kWh/kg, contando con un 50% de agua y presentando una densidad de 1,038 kg/m <sup>3</sup> .	De acuerdo con [17] durante la gasificación, bajo una generación distribuida que consta de un gasificador tipo lecho fluidizado se obtuvo 0,868 kWh/kg.	Según [21] el valor energético del biogás con un 60% de metano, con una potencia eléctrica de 2 kWh/kg.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 11: Consumo de energía eléctrica en el año 2017**

Mes	Consumo eléctrico (kW-h)	Producción de arroz pilado	Índice de consumo eléctrico requerido
Enero	10 568,18		
Febrero	15 324,54		
Marzo	9 561,82		
Abril	2 839,09		
Mayo	6 592,84		
Junio	7 458,99	3 920 122 kg	0,016 $\frac{kWh\ requerido}{kg\ arroz\ pilado}$
Julio	2 440,81		
Agosto	3 310,29		
Setiembre	1 918,80		
Octubre	1 031,72		
Noviembre	239,86		
Diciembre	1 701,33		
<b>Total</b>	<b>62 988,27</b>		

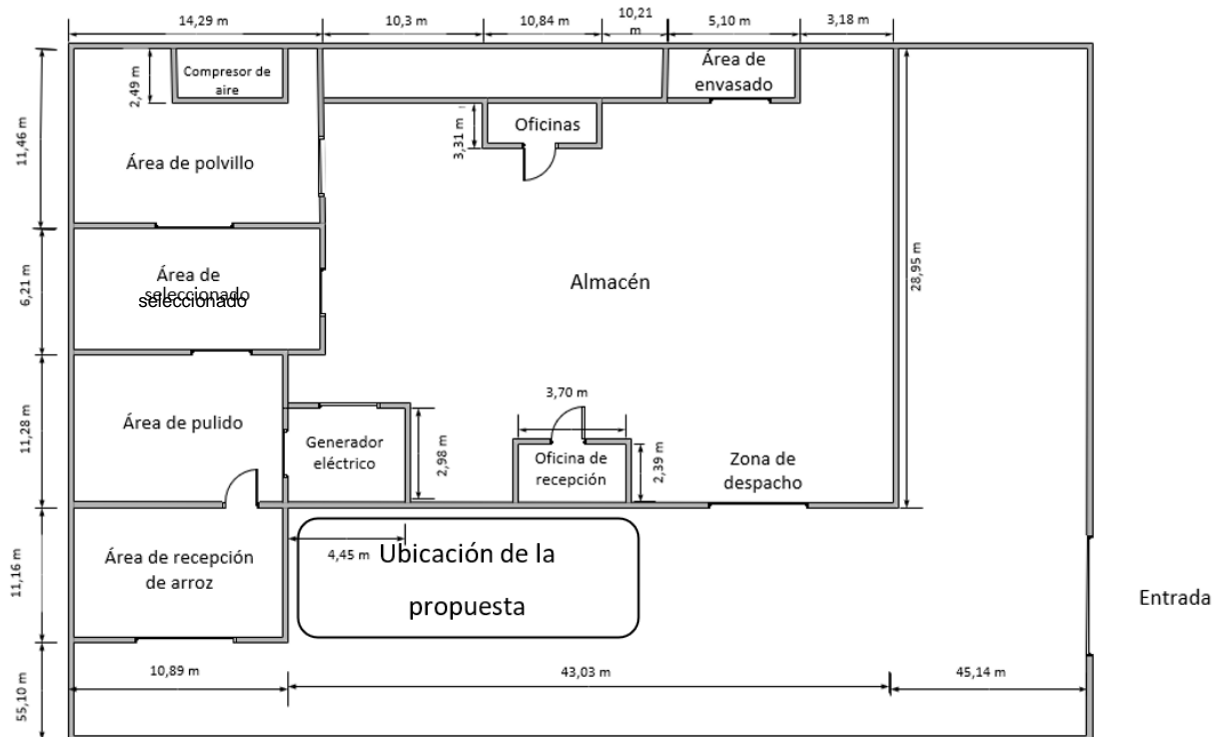
**Fuente: Piladora el Misti SAC**

**Anexo 12: Valores de la constante utilizada en el Método Guerchet**

<b>Razón de la empresa</b>	<b>Coefficiente k</b>
Gran industria alimenticia	0,05 – 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10 – 0,25
Textil-hilado	0,05 – 0,25
Textil-tejido	0,05 – 0,25
relojería, joyería	0,75 – 1,00
Industria mecánica pequeña	1,50 – 2,00
Industria mecánica	2,00 – 3,00

**Fuente:** Diseño de Sistemas Productivos [46]

### Anexo 13: Layout de la empresa Piladora El Misti SAC



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 14: Ficha Técnica del horno



<b>Marca</b>	<b>CaseMaster Evolution</b>
<b>País de origen</b>	China
<b>Capacidad</b>	600 kg, temperatura máxima de 1 300°C
<b>Dimensiones L, A, H</b>	1 600*1 800*4 200 mm
<b>Precio</b>	\$ 9000
<b>Consumo energético</b>	250-282 kW

**Fuente: Alibaba**

Es la maquina encargada de realizar el proceso de combustión de la cascarilla al momento que se introduce.

### Anexo 15: Ficha técnica de la caldera



<b>Marca</b>	<b>HTS</b>
<b>País de origen</b>	China
<b>Capacidad</b>	Max 60 t/h de vapor
<b>Dimensiones L, A, H</b>	3400*1900*2250 mm
<b>Precio</b>	\$ 7 325
<b>Consumo energético</b>	120-1200 KW

**Fuente: Alibaba**

Una caldera es un recipiente de metal cerrado que produce vapor o calienta un fluido por encima de la temperatura ambiente y por encima de la presión atmosférica mediante la aplicación de calor de algún combustible sólido, líquido o gaseoso.

### Anexo 16: Ficha técnica de la turbina de vapor



<b>Marca</b>	<b>KK&amp;K- TWIN</b>
<b>País de origen</b>	China
<b>Capacidad</b>	Potencia de salida hasta 12 MW a una temperatura de vapor saturado a 530°C
<b>Dimensiones L, A, H</b>	6*2,8*3,2 m
<b>Precio</b>	\$ 4 729,12
<b>Consumo energético</b>	300KW-700KW

**Fuente: Alibaba**

Una turbina de vapor es una máquina que utiliza la energía térmica del vapor a alta presión. La energía térmica se convierte en energía mecánica útil mediante la conversión de expansión termodinámica. Una turbina de vapor convierte la energía interna del vapor en energía cinética rotacional.

### Anexo 17: Ficha técnica del generador eléctrico



<b>Marca</b>	<b>WellPower- WP-C50GF</b>
<b>País de origen</b>	China
<b>Capacidad</b>	50 kva con un voltaje nominal entre 220-240 v y 60Hz
<b>Dimensiones L, A, H</b>	4.8*3,45*1,95 m
<b>Precio</b>	\$ 3 197,30
<b>Consumo energético</b>	0.22L/kWh con una corriente nominal de 138.8A

**Fuente: Alibaba**

Es un dispositivo que convierte la energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Según la ley de Faraday, cuando giramos una bobina en un campo magnético, el flujo del campo magnético cambia, lo que crea una corriente eléctrica.

**Anexo 18: Costos de la propuesta**

<b>Resumen de Costos de Propuestas</b>		<b>INVERSION</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>DEPRECIACION</b>
	Compra del horno de combustión, caldera, turbina de vapor y generador eléctrico	S/84 183,10		S/12 627,47
	Mantenimiento de las maquinas		S/1 643,09	
	Operarios de control de las maquinas, costo de operación		S/406 330,83	
PROPUESTA	Capacitaciones para los operarios		S/7 072,00	
	Acondicionamiento del terreno, limpieza y asfaltado		S/7 347,72	
	Costo de construcción de la instalación	S/173 560,00		S/8 678,00
	Sistema de mangas de filtración de gases de combustión	S/96,09		S/19,22
	<b>TOTAL</b>	<b>S/257 839,19</b>	<b>S/422 393,64</b>	<b>S/21 324,68</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### Anexo 19: Beneficios de la propuesta

Resumen de Beneficios de las propuestas		Beneficio Anual
PROPUESTA	Compra del horno de combustión, caldera, turbina de vapor y generador eléctrico.	S/116 342,17
	Mantenimiento de las maquinas	S/150 813,93
	Operarios de control de las maquinas, costo de operación	S/147 428,31
	Capacitaciones para los operarios	S/143 734,91
	Acondicionamiento del terreno, limpieza y asfaltado	S/136 963,67
	Costo de construcción de la instalación	S/130 500,22
	Sistema de mangas de filtración de gases de combustión	S/153 276,20
	<b>TOTAL</b>	<b>S/695 282,99</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 20: Estado de resultados**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Ingresos		S/695 282,99	S/695 282,99	S/695 282,99
costos operativos		S/422 393,64	S/422 393,64	S/422 393,64
depreciación		S/21 324,68	S/21 324,68	S/21 324,68
GAV		S/0,00	S/0,00	S/0,00
utilidad antes de impuestos		S/251 564,66	S/251 564,66	S/251 564,66
Impuestos (29.5%)		S/74 211,58	S/74 211,58	S/74 211,58
utilidad después de impuestos		S/177 353,09	S/177 353,09	S/177 353,09

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 21: Maquinaria para la propuesta**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Horno	1	24 660,00	24 660,00
Caldera	1	27 835,00	27 835,00
Turbina de vapor	1	18 906,00	18 906,00
Generador eléctrico	1	12 782,10	12 782,10
<b>Total</b>			<b>84 183,1</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 22: Operarios a contratar, costos de operación**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Operarios para el control de maquinaria	4	1 500,00	6 000,00
Costos de operación	454 921,40	1,15	522 022,31
Total			528 022,31

**Fuente: Elaboración propia**

### Anexo 23: Capacitaciones para los operarios de control

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total (S/.)
Operación y mantenimiento de maquinaria	1	1 768	1 768
Uso de Equipo de Protección Personal (EPP)	1	1 768	1 768
Seguridad y mantenimiento de maquinaria	1	1 768	1 768
Posicionamiento del equipo en el área de trabajo	1	1 768	1 768
Total			7 072

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 24: Acondicionamiento del terreno**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Limpieza del terreno(m2)	262,7	2,97	780,22
Asfaltado	262,7	25	6 567,50
Total			7 347,72

**Fuente: Elaboración propia**

### Anexo 25: Construcción de la instalación

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total (S/.)
mano de obra para la construcción	8	2 500	20 000.00
Cemento(sacos)	250	27	6 750,00
Arena fina (sacos)	150	6,9	1 035,00
Ladrillos	12 500	2,67	33 375,00
Ladrillo de concreto	8 500	1,2	10 200
Pozo Tubular	2	51 100	102 200
Total			173 560,00

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 26: Mantenimiento de las máquinas**

<b>Mantenimiento de las maquinas</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Horno	1	450	450,00
Caldera	1	395,89	395,89
Turbina de vapor	1	412	412
Generador eléctrico	1	385,2	385,2
Total			1 643,09

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 27: Mangas de filtración**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (paquete de 400)</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Manga de filtración de gases	1	96,09	96,09
	Total		96,09

**Anexo 28: Formula que determina la relación del aire/cascarilla**

$$C_a = 11,5(0,334) + 34,5 \left( 0,043 - \frac{0,385}{8} \right) + 4,32(0,0032)$$

### Anexo 29: Formula para determinar los compuestos que salen en la combustión

En base a [13] se determinó que los compuestos que se generan durante la combustión son cenizas al 17,89%, humo al 0,22% y gases de combustión al 81,98%. Con lo establecido anteriormente se calculó el flujo masico para cada uno.

$$\text{Flujo masico de la ceniza: } \dot{m}_{cn} = (\dot{m}_c + \dot{m}_a) \times 0,178$$

$$\dot{m}_{cn} = \left( 297,76 \frac{kg}{h} + 1\,095,16 \frac{kg}{h} \right) \times 0,178 = 247,94 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Flujo masico del humo } \dot{m}_{hu} = (\dot{m}_c + \dot{m}_a) \times 0,0022$$

$$\dot{m}_{hu} = \left( 297,76 \frac{kg}{h} + 1\,095,16 \frac{kg}{h} \right) \times 0,0022 = 3,06 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Flujo masico de los gases } \dot{m}_{ga} = (\dot{m}_c + \dot{m}_a) \times 0,8198$$

$$\dot{m}_{ga} = \left( 297,76 \frac{kg}{h} + 1\,095,16 \frac{kg}{h} \right) \times 0,8198 = 1\,141,92 \frac{kg}{h}$$

**Anexo 30: Formula para determinar el calor que ingresa con la cascarilla y el aire.**

Para calcular el calor disponible que ingresa mediante la cascarilla de arroz se emplea la siguiente ecuación en base al poder calorífico que de acuerdo con Moreno [36] es de 12,89 MJ/kg.

$$Q_c = \dot{m}_c * P_{e_c}$$

$$Q_c = 297,76 \frac{kg}{h} * 12\,890 \frac{kJ}{kg} = 3\,838\,107,84 \frac{kJ}{h}$$

Siguiendo con los cálculos necesarios se realiza el cálculo del calor que ingresa por el aire, se obtiene con el flujo masico del aire y la entalpia del aire, donde se toma una temperatura de 305 K y con una entalpia de 305,22 kJ/kg

$$Q_a = \dot{m}_a * H$$

$$Q_a = 1\,095,16 \frac{kg}{h} * 305,22 \frac{kJ}{kg} = 334\,263,51 \frac{kJ}{h}$$

Por último, se procede a calcular el calor disponible total que resulta mediante la suma del calor del combustible en este caso la cascarilla y el calor del aire que ingresa a la caldera.

$$Q_D = Q_c + Q_a = 334\,263,51 \frac{kJ}{h} + 3\,838\,107,84 \frac{kJ}{h} = 4\,172\,371,35 \frac{kJ}{h}$$

Mediante la ecuación del calor total disponible, se obtuvo 4 172 391,14 kJ/h se es necesario obtener la cantidad de agua que se lleva a la condición de vapor sobrecalentado, donde se utiliza el calor específico y el calor latente.

**Anexo 31: Formula para el flujo masico del agua necesaria.**

$$Q_{total} = \dot{m}_w * (C_p * \Delta T) + \dot{m}_w * (C_p * \Delta T) + \dot{m}_w * lv$$

$$4\,172\,371,35 \text{ kJ/h}$$

$$= \dot{m}_w * \left(4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 80^\circ\text{C}\right) + \dot{m}_w * \left(6,4302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 100^\circ\text{C}\right) + \dot{m}_w * 2,260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m}_w = \frac{4\,172\,371,35 \text{ kJ/h}}{\left(4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 80^\circ\text{C}\right) + \left(6,4302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 100^\circ\text{C}\right) + 2,260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\dot{m}_w = 4\,256,83 \text{ kg/h}$$

**Anexo 32: Capacidad calorífica de la caldera**

Para hallar la capacidad calorífica de la caldera, es necesario contar con la entalpia de vapor de agua a 200°C y la entalpia del agua a 20°C.

$$Q_{ca} = \dot{m} * (H_2 - H_1)$$

$$Q_{ca} = 4\,256,83 \frac{kg}{h} * (2\,875,41 \frac{kJ}{kg} - 83,91 \frac{kJ}{kg})$$

$$Q_{ca} = 11\,882\,932,00 \text{ kJ/h}$$

### Anexo 33: Tabla resumen de entradas y salidas en la caldera

Entradas y salidas en la caldera		
<b>Condiciones iniciales de la cascarilla de arroz</b>		<b>Unidad</b>
Carbono	33,4	%
Hidrogeno	4,3	%
Oxigeno	38,5	%
Azufre	0,32	%
Flujo masico de cascarilla	425,37	kg/h
Poder calorífico	12 890	kJ/kg
<b>Relación entre aire/cascarilla</b>		
Ca= 11,5(C) +34,5(H-(O/8)) +4,32(S)		Unidad
Ca= 3,678		kg aire/ kg de cascarilla
<b>Entradas de la caldera</b>		
Variable-aire		Unidad
Flujo masico del aire	1 095,16	kg/h
Entalpia del aire a 305K	305,22	kJ/kg
Variable-agua		Unidad
Temperatura inicial	20	°C
<b>Balance de calor en la caldera</b>		
Variable	Valor	Unidad
Calor que ingresa con la cascarilla $Q_c$	3 838 107,84	kJ/h
Calor que ingresa con el aire $Q_a$	334 263,51	kJ/h
Calor disponible $Q_D$	4 172 371,35	kJ/h
Capacidad calorífica de la caldera $Q_{ca}$	11 882 932,00	kJ/h
<b>Salidas de la caldera</b>		
Variable-vapor de agua		Unidad
Temperatura	200	°C
$\dot{m}_w$	4 256,83	kg/h
Presión	1,4	MPa
Variable-humo		Unidad
$\dot{m}_{hu}$	3,06	kg/h
Variable-ceniza		Unidad
$\dot{m}_{cn}$	247,94	kg/h
Variable-gases de combustión		Unidad
$\dot{m}_{ga}$	1 141,92	kg/h

Fuente: elaboración propia

**Anexo 34: Perdida de calor en la turbina y trabajo en la turbina**

$$Q_{pe} = \dot{m}_w(H_{en} - H_{sa})$$

$$Q_{pe} = 4\,256,83(2\,802,98 \frac{kJ}{kg} - 2\,679,67 \frac{kJ}{kg})$$

$$Q_{pe} = -524\,909,31 \frac{kJ}{h}$$

Se observa que se pierde -524 912,17 kJ/h de calor. Por último, se calcula el trabajo generado por la turbina, no se considera la energía cinética y potencial, sin contar las RPM que se encuentran en 3 000 según [43], se utiliza la formula con las entalpias previamente trabajada.

$$W_{tur} = 4\,256,83(2\,802,98 - 2\,679,67)$$

$$W_{tur} = 524\,909,31 \frac{kJ}{h}$$

$$W_{tur} = \frac{1kW}{3600 kJ} * 524\,909,31 \frac{kJ}{h}$$

$$W_{tur} = 145,81 \frac{kW}{h}$$

La turbina presenta características de un sistema adiabático, no hay perdidas notables porque la masa que ingresa es igual a la que sale, existen solo cambios de temperatura y presión, el trabajo de la turbina es de 145,81 kW/h al año es de 454 923,88 kWh.

### Anexo 35: Entradas en la turbina, principales indicadores

Entradas a la turbina		
Variable-vapor de agua		Unidad
Temperatura	200	°C
$\dot{m}_w$	4 256,83	kg/h
Presión	1,4	MPa
$H_{en}$	2 802,98	kJ/kg
Salidas de la turbina		
Variable-vapor de agua		Unidad
Temperatura	102,61	°C
$\dot{m}_w$	4 256,83	kg/h
Presión	0,109	MPa
$H_{sa}$	2 679,67	kJ/kg
Trabajo de la turbina		Unidad
Trabajo W	145,81	kW/h

Fuente: elaboración propia

### Anexo 36: Índice de costo por kg de arroz pilado

Mes	Costos energéticos en S/	Índice de consumo eléctrico requerido (kWh/kg de arroz)	Producción de arroz pilado-kg	Consumo de energía eléctrica-kWh	Costo por consumo de energía eléctrica S/kWh
Enero	S/ 10 701,01				
Febrero	S/ 11 343,14				
Marzo	S/ 6 541,30				
Abril	S/ 16 497,50				
Mayo	S/ 13 550,40				
Junio	S/ 6 824,10				
Julio	S/ 11 799,50	0,016	5 503 622	88 057,952	1,76
Agosto	S/ 13 767,80				
Setiembre	S/ 17 880,20				
Octubre	S/ 14 750,00				
Noviembre	S/ 16 643,00				
Diciembre	S/ 14 441,50				
Total	S/ 154 739,45				

Fuente: elaboración propia

### Anexo 37: Balance de materia y energía de la propuesta

Año	kg de arroz pilado	kg de cascarilla	Flujo masico de cascarilla	Requerimiento de consumo eléctrico	Flujo masico de aire	Flujo masico de la ceniza	Flujo masico del humo	Flujo masico de los gases	calor que ingresa mediante la cascarilla	calor que ingresa mediante el aire	Calor disponible total	Flujo masico de agua	capacidad calorifica de la caldera	Perdida de calor en la turbina	Trabajo generado por la turbina-kWh	Trabajo generado al año-kWh	Requerimiento energético al año-kWh	Ahorro en consumo energético-kWh	Costo de cada kWh	Ahorro energético (S/)
2016	3144477	628895.40	141.10	50311.63	518.96	117.49	1.45	541.12	1,818,757.43	158,396.86	1,977,154.30	2,017.18	5,630,944.15	248,737.86	69.09	215,572.81	50,311.63	165,261.18	1,76	290859.67
2017	3920122	784024.40	175.90	62721.95	646.97	146.47	1.81	674.59	2,267,388.51	197,468.46	2,464,856.97	2,514.75	7,019,923.52	310,093.77	86.14	268,747.94	62,721.95	206,025.99	1,76	362605.73
2018	2415255	483051.00	108.38	38644.08	398.61	90.24	1.12	415.63	1,396,977.30	121,663.73	1,518,641.03	1,549.38	4,325,096.36	191,054.14	53.07	165,580.25	38,644.08	126,936.17	1,76	223407.67
2019	2409031	481806.20	108.10	38544.50	397.58	90.01	1.11	414.56	1,393,377.35	121,350.21	1,514,727.57	1,545.39	4,313,950.79	190,561.80	52.93	165,153.56	38,544.50	126,609.07	1,76	222831.96
2020	4105444	821088.80	184.22	65687.10	677.56	153.40	1.90	706.48	2,374,578.28	206,803.69	2,581,381.97	2,633.63	7,351,787.24	324,753.32	90.21	281,452.87	65,687.10	215,765.77	1,76	379747.76
2021	5503622	1100724.40	246.96	88057.95	908.31	205.64	2.54	947.09	3,183,280.85	277,234.17	3,460,515.02	3,530.56	9,855,562.03	435,353.52	120.93	377,306.38	88,057.95	289,248.43	1,76	509077.24
2022	3893842	778768.4	174.72	62301.47	642.63	145.49	1.80	670.07	2,252,188.23	196,144.66	2,448,332.88	2,497.89	6,972,862.85	308,014.94	85.56	266,946.29	62,301.47	204,644.81	1,76	360174.87
2023	5479037.7	1095807.54	245.85	87664.60	904.25	204.72	2.53	942.86	3,169,061.36	275,995.78	3,445,057.14	3,514.79	9,811,537.91	433,408.83	120.39	375,620.98	87,664.60	287,956.38	1,76	506803.23
2024	5799397.08	1159879.42	260.23	92790.35	957.12	216.69	2.68	997.99	3,354,356.41	292,133.26	3,646,489.67	3,720.30	10,385,218.65	458,750.25	127.43	397,583.55	92,790.35	304,793.19	1,76	536436.02
2025	4515128.76	903025.75	202.60	72242.06	745.17	168.70	2.09	776.98	2,611,538.89	227,440.76	2,838,979.65	2,896.45	8,085,426.55	357,160.65	99.21	309,539.23	72,242.06	237,297.17	1,76	417643.02
2026	6309104.85	1261820.97	283.10	100945.68	1041.24	235.73	2.91	1085.70	3,649,170.07	317,808.79	3,966,978.85	4,047.28	11,297,973.26	499,069.71	138.63	432,527.08	100,945.68	331,581.40	1,76	583583.26
2027	6635762.18	1327152.44	297.76	106172.19	1095.16	247.94	3.06	1141.91	3,838,107.84	334,263.51	4,172,371.35	4,256.83	11,882,932.00	524,909.31	145.81	454,921.40	106,172.19	348,749.21	1,76	613798.61

Fuente: elaboración propia

### Anexo 38: Matriz de Leopold antes de la propuesta

ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES			Recepción de combustible, suministros y materia prima	Almacenamiento de materia prima, insumos y combustibles	Recepción del arroz cascara	Proceso de pilado del arroz	Mantenimiento correctivos de las maquinas	Almacenamiento del producto final	Traslado y transporte del producto final	Almacenamiento de la cascarilla	Venta de la cascarilla a grandes volúmenes	TOTALES DE IMPACTOS	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIO ARITMÉTICO	IMPACTOS SUB COMPO	IMPACTOS POR COMPO	IMPACTOS TOTALES DE	
FÍSICO	Suelo	Degradación	-3 3	-3 2	-3 3	-4 4	-3 2	-2 3	-2 3	-3 3	-4 3	9	0	9	-79	-171	-459	-678	
		Calidad	-3 3	-3 3	-2 4	-3 5	-3 3	-3 3	-3 3	-3 4	-3 3	-4 3	9	0	9	-92			
	Agua	Superficial	-3 5	-2 4	-4 2	-4 2	-4 3	-3 3	-4 3	-4 4	-4 3	-3 3	9	0	9	-97			
		Calidad del agua											0	0	0				
	Atmósfera	Calidad del aire (gases partículas)	-3 3	-3 5	-3 5	-3 3	-3 4	-3 4	-4 4	-4 2	-4 4	-5 4	9	0	9	-116			-191
		Ruido	-4 3		-3 3	-4 3	-4 3			-3 3	-3 3	-4 3	7	0	7	-75			
BIOLÓGICAS	Flora	Deforestación										0	0	0		-119	-166		
		Utilización del terreno	-3 4	-3 5	-3 3	-3 4	-4 4	-4 2	-4 3	-4 3	-4 5	-5 3	9	0	9			-119	
		Zonas verdes											0	0	0				
	Fauna	Especies en peligro											0	0	0				
		Animales terrestre											0	0	0				
		Aves	-3 2		-3 2	-4 2	-3 2			-3 3		-4 3	6	0	6	-47			
CULTURALES	Población	Salud	-4 3	-4 3	-4 3	-4 4	-5 3	-2 2	-4 3	-3 3	-5 3	9	0	9	-107	-53	-53		
		Empleo	5 5	5 5	5 5	6 5	5 4	4 3	4 3	4 5	4 4	4 2	9	9	0			181	
		Manejo de residuos	-3 2	-3 3	-3 3	-4 4	-5 4	-3 2	-4 4	-4 4	-4 5	-5 5	9	0	9			-127	

Fuente: elaboración propia

**Anexo 39: Matriz de Leopold después de la propuesta**

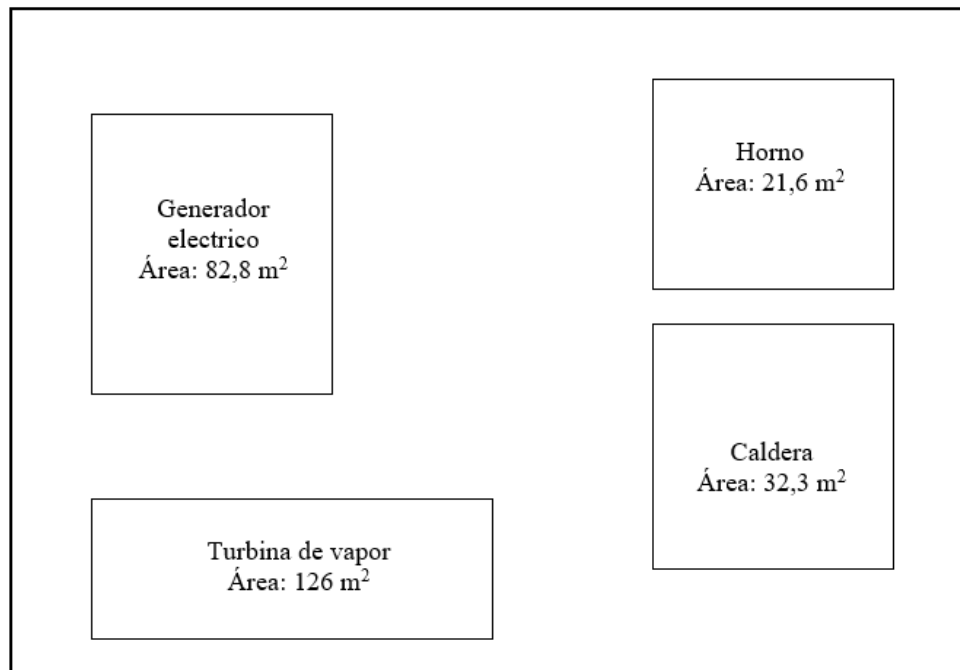
ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES			Recepción de combustible, suministros y materia prima	Almacenamiento de materia prima, insumos y combustibles	Recepción del arroz cascara	Proceso de pilado del arroz	Mantenimiento correctivos de las maquinas	Almacenamiento del producto final	Traslado y transporte del producto final	Almacenamiento de la cascarilla	Aprovechamiento de la cascarilla con la propuesta	TOTALES DE IMPACTOS	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIO ARITMÉTICO	IMPACTOS SUB COMPO	IMPACTOS POR COMPO	IMPACTOS TOTALES DE
FÍSICO	Suelo	Degradación	-3	-3	-3	-4	-3	-2	-2	-2	-2	9	0	9	-70	-153	-405	-561
		Calidad	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	9	0	9			
	Agua	Superficial	-3	-2	-4	-4	-4	-3	-3	-4	-3	-3	9	0	9	-88		
		Calidad del agua											0	0	0			
	Atmósfera	Calidad del aire (gases partículas)	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-3	-3	9	0	9	-95		
		Ruido	-4		-3	-4	-4	-4		-3	-3	-3	7	0	7	-69		
BIOLÓGICAS	Flora	Deforestación										0	0	0				
		Utilización del terreno	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-2	-3	9	0	9	-99		
		Zonas verdes											0	0	0			
	Fauna	Especies en peligro											0	0	0			
		Animales terrestre											0	0	0			
		Aves	-3		-3	-4	-3			-3		-3	6	0	6	-44		
CULTURALES	Población	Salud	-4	-4	-4	-4	-5	-2	-4	-2	-3	9	0	9	-96			
		Empleo	5	5	5	6	5	4	4	4	3	4	9	9	0	175		
		Manejo de residuos	-3	-3	-3	-4	-5	-3	-3	-4	-2	-2	9	0	9	-92		

Fuente: elaboración propia

### Anexo 40: Proyección mediante método estacional de la producción de arroz

		Pronostico, estacional					
Año	kg	Pm(3)	PMC	I	IE	IE'	proyectado kg
2016	3144477.00		3014455.17		1.04	0.93	3859559.6
2017	3920122.00		2991533.33		1.31	1.24	3601370.34
2018	2415255.00		3037377.00		0.80	1.25	2202158.19
2019	2409031.00	3159951.33	2945689.67		0.82	3.43	803010.333
2020	4105444.00	2914802.67	3491304.50		1.18	3.00	5039059.21
2021	5503622.00	2976576.67	3218497.08		1.71		5056113.31
7 2022	3893842.00	4006032.33	3354900.79				4779337
8 2023	5479037.70						5033528
9 2024	5799397.08						5287719
10 2025	4515128.76						5541910
11 2026	6309104.85						5796101
12 2027	6635762.18						6050292

Fuente: elaboración propia

**Anexo 41: Plano de la propuesta de combustión**

Fuente: elaboración propia

**Anexo 42: Carta de aceptación****PILADORA "EL MISTI" SAC**

Servicio de pilado y seleccionado de arroz

*Totalmente dedicados a Udi..***CARTA DE ACEPTACIÓN**

Chiclayo, 29 de noviembre del 2021

Ing. Marco Gregorio Baca Lopez  
Director de la escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

**Presente. -**

Quien suscribe, Andres Del Valle Aquise, identificado con DNI N° 29376745 y número telefónico: 979601313 Gerente general de la Piladora El Misti S.A.C. Autorizo al estudiante Leonardo Nuñez Solis identificado con DNI N° 71987008 de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para que pueda hacer uso de la información necesaria para el desarrollo de su Proyecto de tesis, confiando que dicha información será salvaguardada y exclusivamente de uso académico, sometiéndose a las autoridades correspondientes al hacer uso indebido de la información proporcionada.

Aprovecho mi oportunidad para expresarle mi consideración.

Atentamente,

  
PILADORA "EL MISTI" S.A.C.  
ANDRÉS DEL VALLE AQUISE  
GERENTE

Andrés Del Valle Aquise

**Anexo 43: Perdida de agua durante la caldera y uso de agua mensual**

Flujo masico de agua	4256.83 kg/h
----------------------	--------------

Perdida de agua durante el proceso	0.07%	2.98 kg/h
------------------------------------	-------	-----------

1 día	2 día	3 día	4 día	5 día	6 día
4256.83 1h	2.98 1h	2.98 1h	2.98 1h	2.98 1h	2.98 1h
2.98 2h	2.98 2h	2.98 2h	2.98 2h	2.98 2h	2.98 2h
2.98 3h	2.98 3h	2.98 3h	2.98 3h	2.98 3h	2.98 3h
2.98 4h	2.98 4h	2.98 4h	2.98 4h	2.98 4h	2.98 4h
2.98 5h	2.98 5h	2.98 5h	2.98 5h	2.98 5h	2.98 5h
2.98 6h	2.98 6h	2.98 6h	2.98 6h	2.98 6h	2.98 6h
2.98 7h	2.98 7h	2.98 7h	2.98 7h	2.98 7h	2.98 7h
2.98 8h	2.98 8h	2.98 8h	2.98 8h	2.98 8h	2.98 8h
2.98 9h	2.98 9h	2.98 9h	2.98 9h	2.98 9h	2.98 9h
2.98 10h	2.98 10h	2.98 10h	2.98 10h	2.98 10h	2.98 10h
2.98 11h	2.98 11h	2.98 11h	2.98 11h	2.98 11h	2.98 11h
4286.63 kg/día	32.78 kg/día	32.78 kg/día	32.78 kg/día	32.78 kg/día	32.78 kg/día

Semana:	4450.53 kg/semana
---------	-------------------

Mensual	17,802.12 kg/mensual
---------	----------------------

**Anexo 44: Costo del servicio del agua**

Agua requerida(considerando las perdidas)	17802.12 kg/mensual
Densidad del agua	1000 kg/m3
Conversión del valor mensual del agua	17.80 m3/mensual
	129.39 S/mensual
Costos del servicio de agua	1,552.63 S/año