

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



**Propuesta de diseño de planta para la producción de carbón activado
aprovechando la cascarilla de arroz**

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

AUTOR

Jean Charlie Peña Cajan

ASESOR

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

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

Chiclayo, 2025

**Propuesta de diseño de planta para la producción de carbón
activado aprovechando la cascarilla de arroz**

PRESENTADA POR

Jean Charlie Peña Cajan

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

Ana Maria Caballero Garcia

SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

VOCAL

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis a mi familia y a mi pareja por apoyarme en todo lo que se ha cruzado en mi camino, guiándome a decidir de forma correcta y justa en mi vida, en especial mi carrera universitaria. También está dedicada a mis verdaderos amigos, que siempre estuvieron en los peores momentos y con los que siempre pude contar de forma incondicional.

Agradecimientos

En primer lugar, estoy agradecido con Dios, por dirigirme por el camino correcto, A la universidad USAT y a los docentes de la carrera de ingeniería industrial por contribuir a mi aprendizaje de conocimientos y valores los cuales fueron de vital importancia en este recorrido, y por último quisiera agradecer a mi asesor, el ingeniero Danny Bustamante Sigueñas, por haber sido mi principal guía en el desarrollo de este proyecto y al Ing. Oscar Gervassi, por resolver algunas de mis dudas en clase.

SUSTENTACIÓN PEÑA CAJAN ARTÍCULO

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	7 %	9 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Rey Juan Carlos Trabajo del estudiante	1 %
6	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1 %
7	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
8	Submitted to utec Trabajo del estudiante	<1 %

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	9
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	16
Conclusiones	36
Recomendaciones	37
Referencias	38
Anexos	44

Resumen

La investigación tuvo como objetivo general proponer el diseño de una planta productora de carbón activado para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz, para ello se fijaron 3 objetivos específicos con el fin de demostrar si es viable en el aspecto comercial, técnico y económico-financiero. En primer lugar, se realizó un estudio de mercado a partir de la demanda y el precio, debido a que la oferta es nula a nivel nacional, obteniendo como resultado una proyección de la demanda insatisfecha de 12 532 toneladas para el año 2029, de la cual se cubrirá el 5% y un 10% extra de capacidad para cubrir variaciones en la demanda. En segundo lugar, mediante el estudio técnico tecnológico, se determinó la ubicación de la planta, siendo un terreno con una extensión total de 860 m² ubicado en Chacupe alto, en la Victoria cerca de la piladora Nuevo Horizonte SAC, el cual será el principal proveedor. En base a los requerimientos del mercado, se elaboró el proceso productivo y se escogió la maquinaria adecuada y mediante el método Guerchet se elaboró el croquis de la planta. Por último, se realizó el estudio económico y financiero determinando que el proyecto es viable en este aspecto, obteniendo indicadores como un TIR de 66%, siendo superior al TMAR de 17,65%, un VAN positivo de S/ 2 986 464,20 y una relación beneficio/costo de 1,44.

Palabras clave: Cascarilla de arroz, Activación física, Carbón activado, Viabilidad, Diseño de planta.

Abstract

The general objective of the research was to propose the design of an activated carbon production plant for the use of rice husk. For this, 3 specific objectives were set in order to demonstrate if it is viable in the commercial, technical and economic-financial aspects. Firstly, a market study was carried out based on demand and price, because the supply is zero at the national level, resulting in a projection of unsatisfied demand of 12 532 tons for the year 2029, which will cover 5% and an extra 10% of capacity to cover variations in demand. Secondly, through the technical-technological study, the location of the plant was determined, being a land with a total area of 860 m^2 located in Chacupe Alto, in La Victoria near the Nuevo Horizonte SAC pillar, which will be the main supplier. Based on the market requirements, the production process was developed, and the appropriate machinery was chosen, and the plant sketch was prepared using the Guerchet method. Finally, the economic and financial study was carried out determining that the project is viable in this aspect, obtaining indicators such as an IRR of 66%, being higher than the TMAR of 17,65%, a positive NPV of S/ 2 986 464,20 and a benefit/cost ratio of 1,44.

Keywords: Activated carbon, Physical activation, Rice husk, Feasibility, Plant design

Introducción

En la actualidad, el arroz (*Oriza Sativa*), es uno de los cereales con mayor consumo a nivel global, debido a que es un alimento muy rico en nutrientes y se encuentra presente en la dieta de un gran número de personas, por lo que es muy demandado. La organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO), estima que el año 2024 finalice con una producción de 538,9 millones de toneladas de arroz, superando en un 0,8% a la temporada 2023/2024 [1]. Se toma como referencia que aproximadamente un 20% del arroz sin procesar es cascarilla, lo que se traduce en 107,8 millones de toneladas, las cuales usualmente no son aprovechadas y terminan siendo desechadas. Debido a su alto contenido en sílice (SiO_2), su biodegradación es muy compleja, por lo que su tratamiento y eliminación pueden resultar poco factibles, además de generar impacto ambiental, por ello se debe encontrar un método para su utilización [2].

En el mes de enero del 2023, la producción de cascarilla de arroz fue de 220 101 toneladas a nivel nacional según INEI, lo que significó un aumento del 5% con respecto a enero del año pasado, debido principalmente a un aumento en las áreas de cosecha y a la temperatura, lo que favoreció la etapa de maduración [3], si bien son grandes cantidades de cascarilla, existe una gran desinformación sobre este subproducto del arroz, porque tiene una gran versatilidad, es decir que mediante determinados procesos puede convertirse en productos útiles, por ejemplo materiales de construcción como ladrillos, debido a que son ligeros y aislantes; combustibles sólidos para la alimentación de calderas [4]. También se puede convertir en carbón activado que puede emplearse en varias industrias como la farmacéutica, química, alimentaria y medicina entre otras, ya que, posee un gran poder de adsorción, gracias a su estructura porosa, siendo reconocido como el purificante más utilizado a nivel global [5].

En la región Lambayeque, se encuentran un gran número de piladoras, por ejemplo, en el kilómetro 2,5 de la carretera a Monsefú, se ubica “Nuevo Horizonte SAC”, la cual se dedica al procesado del arroz de la mejor calidad. Aproximadamente se procesan de forma anual 31,2 mil toneladas de arroz. Para el cálculo de la cantidad de cascarilla, la empresa sugiere un porcentaje del 20%, lo que resulta en aproximadamente en 6,24 mil toneladas, de las cuales una parte se emplea como combustible para los hornos de secado. Posteriormente, esta ceniza se utiliza como abono para los campos de cultivo.

Sin embargo, la incineración de este subproducto, que abunda debido a la cantidad de arroz procesado globalmente, representa un gran foco de contaminación, no siendo aprovechada de forma correcta, ni teniendo una disposición final adecuada [6]. Por ello se desea aprovechar

este material transformándolo en un producto ampliamente utilizado como el carbón activo, diseñando una planta productora.

Además de los beneficios económicos evidentes, debido al bajo precio de la cascarilla, según la piladora Nuevo Horizonte, suele variar entre S/ 150 y S/500 la tonelada, dependiendo de la temporada, a diferencia del carbón activado granular, que en el país tiene un precio actualmente cercano a S/7 000 la tonelada según TradeMap [7], y se estima que supere los S/ 8 000 en los próximos 5 años, representando una inversión muy atractiva. Por otro lado, la implementación de esta planta generaría ingresos altos, los cuales en forma de impuestos contribuirían con la economía del país y fomentarían la aparición de empresas interesadas en fabricar este material purificante, ya que la producción nacional de este es nula.

Por las razones explicadas previamente, surgió la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la viabilidad de diseñar una planta productora de carbón activado para aprovechar la cascarilla de arroz?, lo que llevó a plantear como objetivo principal : Proponer el diseño de una planta productora de carbón activado para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz, para ello se formularon los siguientes objetivos específicos: Determinar la viabilidad comercial del diseño de una planta productora de carbón activado para aprovechar la cascarilla de arroz., Determinar la viabilidad técnico-tecnológica del diseño de una planta productora de carbón activado para aprovechar la cascarilla de arroz y finalmente Evaluar la viabilidad económico-financiera del diseño una planta productora de carbón activado para aprovechar la cascarilla de arroz.

Revisión de literatura

La cascarilla de arroz es un residuo agroindustrial de las industrias arroceras, siendo la capa exterior resistente del grano de arroz, la cual se separa específicamente en la etapa de molienda. Según A. Prada y C. E. Cortés [8] este residuo posee un color que varía del pardo rojizo hasta la púrpura oscura, una consistencia quebradiza y abrasiva, un peso específico de $125 \text{ kg}/\text{m}^3$ y está conformada hasta en un 94,1% por ceniza de sílice.

La cascarilla de arroz tiende a acumularse rápidamente por su lenta degradación, esto debido a su alto contenido en sílice y baja densidad, lo cual puede llevar a condiciones ambientales extremas [8], acarreando costos de almacenamiento y eliminación.

Por otro lado, el carbón activado es un material carbonizado de origen mineral o vegetal, que posee como características principales, una superficie interna de tamaño considerable, una gran porosidad, la cual puede variar en función de las necesidades y el contener oxígeno y nitrógeno en específicas proporciones, lo cual le otorga la capacidad de adsorber determinadas sustancias [9].

Frecuentemente tiene aplicaciones en procesos de adsorción, purificación, catálisis y separación de sustancias, siendo uno de los materiales más empleados en el rubro industrial, compitiendo con otros adsorbentes como la alúmina activada, gel de sílice, entre otros [10].

El proceso de activación es el encargado de transformar las características de la materia precursora en características adsorbentes propias de estos materiales, entre los cuales se encuentra el carbón activado. Los 2 métodos conocidos para producir carbón activado se diferencian en la etapa de activación, siendo el método físico y químico.

La activación física realiza en primer lugar la carbonización del material precursor, seguido de la activación a altas temperaturas, las cuales suelen oscilar entre 800°C a 1 100°C en presencia de Dióxido de carbono, vapor de agua, entre otros [11]. Por otro lado, la activación química emplea agentes deshidratantes como Hidróxido de potasio (*KOH*), ácido fosfórico (*H₃PO₄*) e hidróxido de sodio (*NaOH*), posteriormente se realizan la carbonización y activación al mismo tiempo a temperaturas entre 400°C y 900 °C [10].

En esta investigación se optó por la activación física porque emplea menos recursos y es más amigable con el medio ambiente.

A nivel internacional, los autores G. Ojeda, A. Orozco, y T. Espinoza [12] en su artículo titulado: “Propuesta del diseño de una línea de producción de carbón activado a partir de caña de azúcar y coco”, explican que el carbón activado es muy demandado por sus características fisicoquímicas, por lo tanto, se tuvo como objetivo proponer el diseño de una línea de producción de carbón activado a partir de los residuos obtenidos en el proceso productivo de ICYCA C.A y comprobar su factibilidad para satisfacer la demanda nacional.

De esta investigación se basó el proceso productivo del presente proyecto. Los autores emplearon la activación física por vapor de agua. En primer lugar, se definieron las características fisicoquímicas del bagazo de caña de azúcar y el endocarpio de coco, donde destaca la alta humedad relativa con 21% y 84,13% respectivamente. Posteriormente se realizó la elección de la maquinaria mediante el enfrentamiento de factores, donde se escogió el secador rotatorio, el molino de martillos y horno rotatorio.

Se observó que las condiciones óptimas para la etapa de carbonización fueron de 400°C por 120 minutos y para la activación de 700°C por 120 minutos, por otro lado, las proporciones de mezcla óptimas para el bagazo de caña y endocarpio de coco fueron de 20:80, 100:0 y 0:100, dando como resultado un carbón activado apto para el tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la norma ASTM.

M.Vidal et al. [10] en su artículo de investigación titulado: “Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión” se menciona que el carbón

activado es un material irremplazable, debido a sus propiedades como purificante, sin embargo, su elevado costo puede ser una limitante al momento de su comercialización y adquisición. Por ello como opción atractiva se presenta la elaboración del material a partir de residuos agroindustriales, los cuales suelen tener mejor eficiencia y menor costo.

Como metodología, los investigadores emplearon la revisión bibliográfica, para analizar los estudios que elaboraron carbón activado a partir de residuos agroindustriales comunes, como la cáscara de arroz, maní, nuez, coco, cacao, ciruela amarilla y otros residuos como los del té y el bagazo de caña de azúcar y maíz, entre otros, mediante los métodos de activación química y física. Entre los residuos analizados, el más resaltante es el arroz, en el artículo de C. Quijano [18], que también se menciona en este antecedente. Este análisis concluyó que la activación química posee mayores ventajas sobre la activación física por desarrollar un mayor tamaño, distribución de poros, mayor rendimiento y menor costo energético, además que la región Caribe de Colombia posee la mayoría de estos residuos agroindustriales mencionados.

Filippin et al. [13] en su investigación titulada “obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física”, Se establecieron las características físicas y químicas de estas materias; posteriormente se realizó la carbonización y activación, donde se usó el método físico. Se obtuvo que el hueso de aceituna tuvo un menor porcentaje de humedad y cenizas que la madera de olivo; siendo que la primera obtuvo un 7,24% y 2,77%, y la segunda un 9,78% y 2,09% respectivamente. También, se comparó la cantidad de carbono fijo y de material volátil presente en las materias primas, donde el hueso de aceituna fue el mejor clasificado al tener un carbono fijo de 12,3% y un material volátil de 78,7%; a comparación del 10,74% y 74,36% de la madera de olivo. Respecto a la caracterización de los carbones obtenidos, el mejor resultado para el hueso de aceituna se logró a través de activación física con CO_2 en 120 minutos a $700^\circ C$; mientras que la madera de olivo en 30 minutos a $750^\circ C$; mientras que las cenizas se mantuvieron entre un 2,02 - 3,84%, encontrándose en los valores establecidos para carbones activados comercializados (<12%). Se concluyó que ambas materias primas eran aptas para la elaboración de carbón activado, el hueso de aceituna siendo el más calificado; además, se priorizó el método físico frente al químico para evitar las cargas químicas efluentes del proceso.

M. Schettino et al [14], en su artículo titulado: “Preparação e caracterizaçao de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz” tuvo como objetivo investigar el uso de la cáscara de arroz para la producción de carbón activado, utilizando el método de activación química con hidróxido de sodio. Mencionan la gran cantidad de cascarilla de arroz producida en Brasil, la cual se considera de difícil aprovechamiento, Por otro lado, menciona la creciente

demanda global por el carbón activado por parte de la industria mundial, por sus propiedades adsorbentes, siendo útil para una gran variedad de aplicaciones.

Se utilizó como precursor la cascarilla de arroz de la ciudad de Castelo, Brasil, esta se lavó con agua y se secó a 105 °C en un horno durante 1 hora, luego se carbonizó bajo atmósfera de nitrógeno (N_2), con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min con 4 horas como tiempo de residencia para aumentar el contenido de carbono y reducir materiales volátiles, finalmente un proceso de lixiviación para eliminar residuos. Las muestras se realizaron a partir del precursor mencionado, combinaciones con variaciones como la adición de ácido fluorhídrico (HF), variando la temperatura del tratamiento térmico en 600°C, 700°C y 800°C o eliminando etapas como el prelavado y la lixiviación, posteriormente se realizó la activación química con el hidróxido de sodio (NaOH). Como resultados se obtuvo que la muestra F800LHF, la cual se trató a 800 °C, se le adicionó HF y tuvo un proceso de lixiviación, obtuvo los mejores resultados con respecto a la adsorción frente a otras muestras, con características como un área específica de 1 380 m^2/g , tamaño medio de poro de 16 Å y volumen de microporos de 0,76 cm^3/g .

B. Torres et al [15], en su artículo titulado: “Obtención de carbón activado a partir de residuos orgánicos y su aplicación para el tratamiento de aguas residuales”, mencionaron 2 problemas muy importantes en la ciudad de Guanajuato, México, la acumulación de residuos provenientes de los alimentos y la contaminación del agua provenientes de actividades mineras, Por ello, los autores utilizaron los residuos generados para elaborar carbón activado, un material perfecto para la purificación de aguas residuales debido a sus propiedades adsorbentes. Se empleó el proceso de activación física, para no generar más efluentes contaminantes, en el proceso se empleó una muestra proveniente de mezcla de residuos y otra de hueso de mango, se realizó primero un triturado y drenado, obteniendo una fase líquida y una sólida, esta última se seca al aire libre durante 48 °C a temperatura ambiente, posteriormente en una estufa se calienta a 70°C durante un día y pasa al proceso de pirólisis, elevando su temperatura a 400 °C – 450°C, obteniendo alquitrán, biogás y carbón activado, el cual una vez enfriado, se tritura en un mortero y pasa por una serie de tamices para darle el tamaño de partícula requerido y finalmente se activa en una mufla a 200°C por 20 minutos. Ambos carbones se usaron para la purificación del agua del río que rodea la universidad de Guanajuato, midiendo color, turbidez, conductividad eléctrica y potencial Redox, además de la concentración de metales como plomo, cobre, hierro y cobalto. Como resultados se obtuvo que la eficiencia del proceso para el carbón obtenido de la mezcla y el hueso de mango fue de 66,8 \pm 1,6% y 53,2 \pm 2,2% respectivamente y que estos fueron eficientes para la remoción de metales con parámetros aceptables.

M. Terrazas et al [16], en su artículo titulado: “Inversión técnica para la elaboración de carbón activado a partir de cáscara de nuez en Delicias, Chihuahua”, se detalla que el estado de Chihuahua, México, es uno de los mayores productores de nuez del país, por lo tanto, se busca darle un valor agregado a su cáscara, elaborando carbón activado, del cual no existe un productor en el país, por lo que llega a ser muy costoso debido a la importación.

El estudio se desarrolló en Las delicias, Chihuahua, mediante entrevistas dirigidas a las empresas purificadoras de agua, para determinar la oferta y demanda del producto. Posteriormente se determinó la maquinaria necesaria en base a un proceso de activación física por pirólisis, determinando los costos que acarrearán en un breve estudio económico financiero y finalmente se realizó el estudio legal relacionado con el impacto ambiental.

Como resultados se obtuvo que, si existen empresas dispuestas a comprar el carbón activado, teniendo una demanda aproximada de 4 toneladas mensuales. La inversión destinada a maquinaria es de MXN \$ 135 395 545,520 equivalentes a US \$ 6 654 099,38 y el proceso fue capaz de producir 1 kg de carbón activado a partir de 2 kg de cáscara de nuez, teniendo un rendimiento del 50%.

D. Kalderis et al [17], en su artículo titulado:” Production of activated carbon from bagasse and rice husk by a single-stage chemical activation method at low retention times”, menciona el gran tamaño de las industrias azucareras y arroceras a nivel global, generando como residuos la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar, representando problemas de acumulación para las empresas, por ello se busca transformarlos en carbón activado, un material muy útil en procesos de purificación y a su vez reduciendo la acumulación mencionada. Las materias primas se sometieron a un pretratamiento químico y se alimentaron al reactor en forma de pasta (75% de humedad). Se experimentó con $ZnCl_2$, NaOH y H_3PO_4 , para temperaturas de 600°C, 700°C y 800°C. De los tres reactivos químicos evaluados, sólo el $ZnCl_2$ produjo carbones activados con áreas superficiales elevadas, para la cáscara de arroz fueron de hasta 750 m^2/g para una proporción de $ZnCl_2$ y cascarilla de arroz de 1:1. Las áreas de superficie BET para bagazo fueron de hasta 674 m^2/g para una relación de $ZnCl_2$ y bagazo de 0,75:1.

El $ZnCl_2$ demostró ser el agente de impregnación más eficaz, con una proporción de 0,75:1 para el bagazo y 1:1 para la cáscara de arroz. Para ambos materiales, la temperatura óptima de activación fue 700 °C. Los carbones producidos en las condiciones óptimas tuvieron una superficie de 674 y 750 m^2/g respectivamente para cada precursor.

C. Quijano [18], en su artículo titulado: “Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión”, explica que en Colombia el arroz es un alimento muy consumido, por lo tanto, existen grandes toneladas de cascarilla, de las cuales solo el 30% es

empleada como abono, combustible, entre otros. Por lo tanto, se busca emplearla en otros usos como materia prima. El autor mediante la revisión bibliográfica presenta un proceso que permite obtener sílice y carbón activado en simultáneo, de forma eficiente y con menor impacto ambiental al proceso tradicional de activación química, en la cual se hizo énfasis empleando ácido fosfórico H_3PO_4 con concentraciones de 50%, 60% y 85% a diferentes tiempos de activación con 30, 60, 90 y 120 minutos.

Según la literatura empleada, el carbón activado resultante posee las siguientes características: Volumen de poro de 1,8 mL/g y área específica de 1 713 m^2/g , mientras que la sílice presenta un diámetro de partícula de entre 40 y 50 nm con una estructura amorfa y la mejor combinación de condiciones es 30 minutos de tiempo de activación y 50% de concentración de ácido fosfórico.

A nivel nacional, P. Hurtado y Torre [19], en la investigación titulada: “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de carbón activado a partir de cáscara de cacao”. Demostró que existe demanda de carbón activado, se empleó el método de factores ponderados, para determinar el método de activación, que en este caso es la física, en presencia de vapor de agua a altas temperaturas, posteriormente se halló la maquinaria, capacidad instalada, pérdida energética. Únicamente variando datos de la temperatura por la diferencia material. Finalmente se analizaron indicadores como el VAN con S/ 937 276,16 el análisis beneficio costo con 2,00 y un TIR de 70,68%, demostrando la factibilidad económica del proyecto.

J. Rincón et al [20], en su artículo mencionó la gran disponibilidad de carbón mineral en Colombia, debido a que el país es el mayor productor en América latina, por lo que el objetivo de la investigación es evaluar su potencial para producir carbón activado físicamente a partir del carbón mineral y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales en tintorerías.

En primer lugar se analizaron las características del carbón mineral del Cerrejón, Colombia, utilizado como muestra, posteriormente se pasó por un molino de pines y se tamizó, empleando solo la muestra que pasó entre la malla 60 y 100, posteriormente pasó por el horno de carbonización, que elevó la temperatura hasta los 850°C, luego pasó al horno rotatorio de activación, donde el generador de vapor inyectó vapor de agua elevando la temperatura hasta los 900°C durante 1 a 3 horas y se cortó el flujo hasta alcanzar la temperatura ambiente. Obteniendo finalmente carbón activado que cumplió con las normas ASTM D 4607 y NTC 4467.

Materiales y métodos

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo-transversal, ya que evalúa la orientación de las variables del mercado objetivo. El diseño es no experimental, debido a que las variables no pueden ser manipuladas. Se optó por la revisión documental, ya que se realizaron consultas a fuentes de información como artículos y revistas científicas.

En el desarrollo del primer objetivo se empleó la herramienta del estudio de mercado, donde en primer lugar se realizó una breve descripción del producto, basado en fuentes como la normativa técnica NTP 311.331:2019 [21] y la ANSI/AWWA B604-18 [22], especializadas en el carbón activado.

Para el análisis de la oferta y demanda, se emplearon datos de fuentes como TradeMap [7] y Veritrade [23], los cuales proporcionaron información sobre las exportaciones, importaciones y precio, siendo útil para determinar la oferta y demanda. Cabe recalcar que no existen empresas productoras de carbón activado en el Perú, por lo tanto, se analizaron únicamente importaciones e importaciones para determinar la demanda insatisfecha, posteriormente se aplicó el método de regresión lineal para proyectar esta y el precio desde el 2025 hasta el 2029. Una vez obtenidos estos datos se determinó que el porcentaje de mercado a cubrir sería del 5% a través de la matriz de porcentaje de participación de mercado [24], conformando la demanda y las ventas del proyecto.

En el desarrollo del segundo objetivo, se empezó por determinar la localización de la planta a nivel macro, donde se tomaron en cuenta factores mencionados por Baca [25], luego se realizó una matriz de enfrentamiento, determinando cuales son los que poseen una mayor relación entre sí, es decir los que mayor importancia poseen, posteriormente se realiza una matriz de ponderación de factores, con el fin de asignar un puntaje proporcional a cada región y determinar cuál es la óptima. Una vez escogida la región se realiza la misma metodología para los distritos que la conforman, determinando la ubicación de la planta a nivel micro.

Se elaboró el plan de producción y con este, el plan de requerimiento de materiales con ayuda de Excel y la demanda determinada en el objetivo anterior.

El proceso al proceso productivo se elaboró a partir del artículo de G. Ojeda, A. Orozco, y T. Espinoza [12], debido a que proporciona un esquema de referencia sobre la producción de carbón activado en forma de línea continua, complementándose con las investigaciones de y J. Palacios and A. Vera [26], el cual proporciona información sobre la producción a partir de la cascarilla de arroz específicamente y algunos datos de la investigación de O. Llanos, A. Ríos , C. A. Jaramillo, and L. F. Rodríguez [27] y se determinó la maquinaria en función a la producción. Posteriormente se calculó la capacidad real, diseñada y utilizada de la planta,

además de los indicadores de eficiencia y productividad. Se empleó el método Guerchet para determinar el tamaño de todos los objetos y áreas dentro de la planta y mediante SLP, se encontró la distribución más adecuada para todo lo mencionado anteriormente, tomando en cuenta las disposiciones legales vigentes en el país.

El tercer objetivo se desarrolló aplicando la metodología de Baca [25], siendo de gran utilidad para calcular la inversión total, constituida por inversión tangible, inversión intangible, el capital de trabajo, costos de producción, financieros, administrativos y de comercialización. Además, se calcularon los ingresos y egresos, los cuales fueron empleados para calcular el punto de equilibrio económico y en las correspondientes unidades.

Posteriormente se aplicó la metodología de Mavila y Polar [28] para realizar el estado de pérdidas y ganancias y el flujo de caja, estados financieros vitales para realizar la evaluación económica financiera, calculando indicadores como el VAN, TIR, relación Beneficio/Costo y TMAR, para finalmente realizar el análisis de sensibilidad correspondiente.

Resultados y discusión

Estudio de mercado

Se realizó para determinar si existe demanda activa sobre el carbón activado granular, considerando demanda, importaciones, exportaciones y precio. Según la NTP 311.331:2019, el carbón activado pertenece a las sustancias carbonosas, fabricado por procesos que tienen por finalidad la generación de poros internos, generando propiedades adsorbentes [21]. El uso determinado para el producto será el tratamiento de aguas contaminadas por la minería, por lo tanto, en la tabla 1, se muestran los parámetros escogidos para el producto.

Tabla 1. Características del producto

Parámetro	Unidades	Valor	Normas que aplican
Nº Yodo	mg/g de carbón	800	ASTM D - 4607
Área superficial	m^2/g	700	ASTM D - 3037
Radio medio de poro	nm	16,1	ASTM C - 669
Volumen de poro	cm^3	0,4	ASTM C - 669
Densidad aparente	g/cm^3	0,6	ASTM D - 2854
Total Contenido de cenizas	% base seca	3	ASTM D - 2866
Solubilidad en agua	% base seca	0,5 a 7	ASTM D - 5029
PH del extracto acuoso	PH	2 a 11	ASTM D - 3838
Humedad (En empaque)	%	2 a 15	ASTM D - 2867

Fuente: Elaboración propia en base a Z. Li, M. Kruk, M. Jaroniec, y S. K. Ryu [29]

Una vez determinadas las principales propiedades del producto en cuestión, se analizó el área de mercado donde este sería dirigido, siendo está el de la minería, debido a que posee la mayor parte de la demanda de carbón activado en empresas como Chemsuply S.A.C, Mercantil S.A, Minera Shouxin Perú S.A, Minera Yanacocha S.R.L y C &v International S.R. L según Veritrade [23] (Ver anexo 1). Posteriormente se estudiaron los posibles sustitutos del producto,

los cuales fueron las zeolitas, alúminas activadas y gel de sílice debido a que poseen propiedades absorbentes similares.

Debido a lo mencionado anteriormente, se identificó como principal consumidor, a la minera Yanacocha S.A, la cual se ubica en el departamento minero de Cajamarca, el cual se encuentra relativamente cerca a la localización de la planta, Lambayeque.

Yanacocha S.A alberga una de las operaciones mineras de oro más importantes del mundo, establecida en 1993 en esa zona, se ha convertido con el tiempo en el principal productor de oro de Perú. Su nivel de producción es tan alto, que además de liderar la extracción de este metal precioso en el país, se ubica como la mina de oro más grande de Sudamérica y la segunda en importancia a escala global. Como se puede apreciar (Ver anexo 1), representa el 11% de las importaciones de carbón activado del país, a diferencia de la demás empresa que en su mayoría son sedes de otras corporaciones internacionales.

En primer lugar, se determinó el área del mercado donde ingresaría el producto, con ayuda de TradeMap [7] se extrajeron datos de las importaciones e importaciones del carbón activado para el periodo 2019 – 2023, y con ello se calculó la demanda nacional aparente, dejando de lado la producción debido a que es inexistente. Se puede apreciar que para el año 2023 la demanda nacional aparente fue de 7 894 toneladas, un incremento de casi el 25% con respecto al año 2019, como se aprecia en la tabla 2:

Tabla 2. Cálculo de la demanda nacional aparente

Año	Producción	Importaciones	Exportaciones	DNA (t)
2019	0	6 041	93	5 948
2020	0	6 067	88	5 979
2021	0	8 533	219	8 314
2022	0	8 717	142	8 575
2023	0	8 110	216	7 894
TOTAL	0	37 468	758	36 710

Fuente: Elaboración propia en base a TradeMap [7]

Con los datos mencionados y empleando el método de regresión lineal se proyectó al año 2029 (Ver anexo 2), tomando como horizonte del proyecto desde el año 2025, además se siguió el mismo procedimiento para el precio, cuya información se extrajo también de TradeMap. En ambos casos se puede apreciar un constante crecimiento pasando de 9 288,40 toneladas en 2024 a 12 532,40 toneladas en 2029 (Ver anexo 3), para el caso de la demanda significando un crecimiento del 25,84%, mientras que el precio pasó de S/ 8,10 a S/11,29 para el mismo periodo, significando un crecimiento del 28,25% (Ver anexo 4).

Una vez proyectados el precio y demanda, se procede a calcular la demanda que abarcará el proyecto, en la cual se apoyó de la matriz de participación de mercado (Ver anexo 5).

Debido a que se tienen varios países competidores como China, India, Filipinas, entre otros, siendo grandes debido a que constituyen la mayor parte de la demanda nacional, exportando carbón activado, pero para diferentes propósitos se creyó conveniente escoger el máximo entre el rango de 0,5 a 5% escogiendo este último como el porcentaje a abarcar.

El plan de ventas se elaboró con las proyecciones de precio y demanda, multiplicando este último por el porcentaje que abarcará el proyecto, es decir 5%, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Plan de ventas del proyecto

Año	Demanda proyectada	Demanda proyecto (t)	Precio proyecto (S/ / kg)	Posibles ingresos (S/)
2025	9 937,20	496,86	8,74	4 342 556,40
2026	10 586,00	529,3	9,37	4 959 541,00
2027	11 234,80	561,74	10,01	5 623 017,40
2028	11 883,60	594,18	10,65	6 328 017,00
2029	12 532,40	626,62	11,29	7 074 539,80

Fuente: Elaboración propia en base a TradeMap [7]

Se determinaron 3 canales de distribución para el producto, siendo la primera una posible sede de ventas ubicada en la zona céntrica comercial, la segunda forma sería mediante distribución de grandes volúmenes en camiones y la última siendo directamente el consumidor el que venga a la planta a adquirirlo (Ver anexo 6).

Determinación de la localización de la planta:

La ubicación es uno de los aspectos más importantes para determinar la viabilidad de la instalación de una planta, siendo una decisión a largo plazo que se debe tomar de forma estratégica, debido a que posee factores que influyen directamente en el aspecto económico.

La localización a nivel macro consideró como opciones a las regiones de Ancash, Arequipa, Cajamarca y Lambayeque. Posteriormente se elaboró una matriz de enfrentamiento con los factores: Cercanía al mercado, el cual se evaluó con la cantidad de concesiones mineras dedicadas a la minería (Ver anexo 7), donde Arequipa fue la que mayor tamaño poseía con 2 193 864 de hectáreas de concesiones mineras, disponibilidad de materia prima, donde se emplearon datos de MIDAGRI [30] para saber la producción de arroz, siendo Lambayeque la mayor con 406 891 toneladas de arroz en todo el año 2023 (Ver anexo 8). Con respecto a la disponibilidad de mano de obra se revisó la base de datos INEI del último censo realizado en 2017 (Ver anexo 9), donde se determinó que el mayor número de población económicamente activa (PEA) la tenía Arequipa con un total de 828 238 de personas económicamente activas ocupadas [31], por otro lado con la disponibilidad de servicios básicos (Ver anexo 10), la región de Ancash posee el precio más bajo para el agua y alcantarillado, con S/ 348,00 con impuesto para un consumo estimado de 100 m³ según SUNASS [32] y S/ 0,803 de costo del kWh según OSINERGMIN [33], para la facilidad de transporte se empleó el mapa regional de estado de las carreteras del MTC [34], siendo Lambayeque la que posee un mayor número de carreteras

en un estado aceptable para el transporte, finalmente se consideró la misma región para el apartado de condiciones climáticas, ya que posee un clima desértico subtropical [35], el cual es estable para cultivar el arroz. A los factores se les dio la codificación por letras (ver anexo 11), posteriormente se realizó el enfrentamiento para determinar el peso de cada factor (Ver anexo 12), finalmente se otorgó a cada región una puntuación del 1 al 5, donde la mejor opción es Lambayeque, lo que se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Elección de macro localización

Factores	Valor	Ancash		Arequipa		Cajamarca		Lambayeque	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	18%	5	0,9	4	0,72	5	0,9	2	0,36
B	23%	1	0,23	3	0,69	2	0,46	5	1,15
C	18%	3	0,54	4	0,72	3	0,54	3	0,54
D	14%	5	0,7	1	0,14	1	0,14	2	0,28
E	14%	3	0,42	3	0,42	4	0,56	4	0,56
F	5%	2	0,1	4	0,2	2	0,1	4	0,2
Total		2,89		2,89		2,7		3,09	

Fuente: Elaboración propia

La localización a nivel micro tomó en cuenta las provincias de Lambayeque, es decir, Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe. Se realizó el mismo procedimiento, tomando en cuenta los siguientes factores y su codificación (Ver anexo 13): Disponibilidad de materia prima (Ver anexo 14), Disponibilidad de servicios básicos (Ver anexo 15), Disponibilidad de mano de obra (Ver anexo 16), Costo del terreno (Ver anexo 17) y facilidad de transporte, siendo estos últimos 3 los más importantes según la matriz de ponderación (Ver anexo 18).

Mediante la ponderación de factores se eligió localización a nivel micro a Chiclayo (Ver anexo 19), finalmente se escogió un terreno ubicado en Chacupe alto, La victoria, con coordenadas 6°49'36"S 79°51'24"W (Ver anexo 20 y 21), tiene una extensión de 860 m² midiendo un largo de 31,5 m y 27,3 m de ancho. Se tomó en cuenta la ponderación de factores y la cercanía al principal proveedor, la piladora Nuevo Horizonte S.A.C.

Especificaciones del producto

El producto será vendido en una presentación de saco de polipropileno de 50 kg, en el Perú se tienen ciertas regulaciones para el producto, el ensacado y rotulado, que deben cumplirse obligatoriamente para su venta, la más importante es la NTP 311.331:2019 [21], la cual establece la ficha técnica requerida para el carbón activado granulado para el tratamiento de agua para su correcta distribución: **Humedad:** se especifica un máximo de 8% en masa, **Densidad aparente:** mínimo 0,25 g/cm³ en base seca, **Tamaño efectivo:** 0,30 mm – 2 mm, **Coefficiente de uniformidad:** Máximo 2,1, **Resistencia a la abrasión:** Mínimo 70%, **Número de yodo:** Mínimo 500 mg/g de carbón, con respecto a las impurezas generales, no debe contener sustancias en cantidades capaces de generar daños a las personas que consumen agua filtrada

con el producto, y con las impurezas específicas se puntualiza que no se deben contener impurezas que excedan los límites en el Food Chemical Codex.

Con respecto a el envasado, el producto debe ser colocado en bosas cuyo contenido se encuentre en el rango entre 16 kg y 68 kg cada una, según la NTP 311.331:2019 [21].

El rotulado debe contener la siguiente información del producto: Nombre o denominación, número de lote, país de fabricación, Contenido neto en kg, nombre del fabricante, domicilio legal del fabricante en el Perú según corresponda y su número de registro único de contribuyente (RUC), según el Artículo 3 del Decreto Legislativo N° 1304, Ley de Etiquetado y Verificación de Reglamentos Técnicos de Productos Industriales Manufacturados, complementado por el numeral 9.1 de la NTP 311.331:2019 o el numeral 6.1.1 de la ANSI/AWWA B604-2018 [22].

Especificaciones del proceso productivo y tecnología

Una vez determinada donde se ubicará la planta y las especificaciones del producto, se procede a detallar el proceso productivo del carbón activado de cascarilla de arroz.

En la figura 1 se observa el diagrama de operaciones y procesos (DOP), teniendo un total de 6 operaciones, 1 inspección y 4 operaciones combinadas.

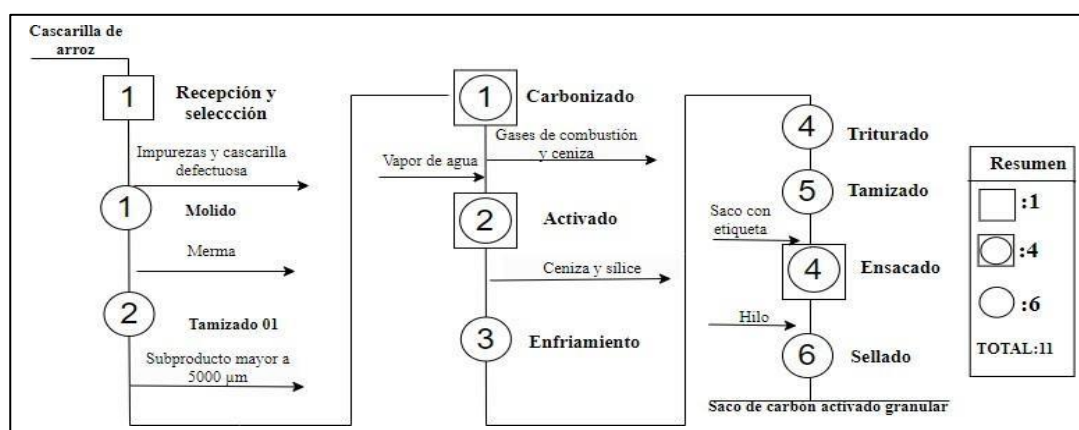


Figura 1. Diagrama de operaciones y procesos

Elaboración propia en base a [12].

Recepción de materia prima: La cascarilla de arroz es inspeccionada para verificar que no esté húmeda, mohosa o dañada, y se encuentre libre de impurezas (como tierra, piedras u otros), debido a que estos podrían afectar la calidad del producto, de no ser así es rechazada [36].

Molienda: La cascarilla de arroz, la cual fue pesada con anterioridad, ingresa al molino de rodillos donde se reduce su tamaño a menos de 4,76 milímetros, lo que aumenta la superficie de contacto y mejora la eficiencia del proceso de carbonización y activación.

Tamizado: La cascarilla triturada ingresa a un tamizador grizzly de 5 000 µm. donde se eliminará las partículas más grandes, asimismo, aquellas partículas que no pasan por el tamiz

se pueden triturar nuevamente. El tamizado asegura que el tamaño de las partículas esté dentro del rango adecuado para la activación.

Carbonización: La cascarilla de arroz tamizada ingresa al horno rotatorio, donde se somete a 400° C, ya que a esta temperatura independientemente del precursor es donde se obtienen mejores resultados [12]. De esta se obtiene material carbonizado. Cuando la cascarilla de arroz es sometida a altas temperaturas, esta produce entre 13 % y 29% de ceniza del peso inicial [26].

Activación: En esta etapa se inyecta vapor de agua tratada a 40 psi a través de una caldera, actuando como agente activador, esto eleva la temperatura hasta 700 °C, la cual es ideal [12], esta etapa dura aproximadamente 2 horas, obteniendo finalmente carbón activado.

Enfriamiento: En esta etapa el carbón activado es enfriado hasta llegar a los 250 °C, esto es realizado mediante una cámara de enfriamiento que consta de un tornillo helicoidal, el cual también cumplirá la función de transportar el material hacia la siguiente etapa.

Triturado: Una vez se enfría el carbón activado este pasa por un molino de rodillos para poder obtener el tamaño acorde a las especificaciones que se está buscando, es decir, el carbón activado al salir de esta etapa debe tener un tamaño de 1 650 μm y 1 410 μm .

Tamizado: El carbón activado con el tamaño especificado será llevado a un tamizador Grizzli 1650 μm , en esta etapa donde aproximadamente el 10% del carbón activado presenta un tamaño menor a la malla 12, por lo cual, esto se considera un subproducto.

Ensacado y sellado: El carbón activado es llevado a una máquina ensacadora mediante rodillos transportadores, dichos sacos tienen una capacidad de 50 kg, posteriormente son llevados a máquina selladora.

A continuación, se aprecia el balance de materia del proceso, elaborado a partir de los datos extraídos anteriormente, donde se tomó en cuenta la producción de una hora, es decir 276 kg de carbón activado granular o lo equivalente a 5,52 sacos para ello se requirieron 974,58 kg de cascarilla de arroz, además de los sacos y metros de hilo correspondientes para la producción

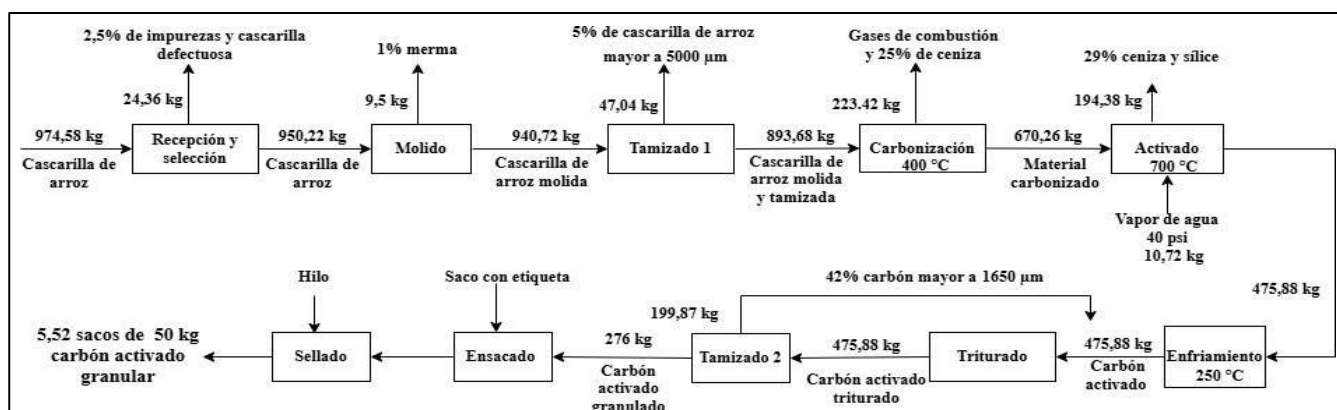


Figura 2. Balance de materia del proceso de producción de carbón activado
Elaboración propia en base a [12] [20] [26].

Se optó por el sistema de producción en línea continua, la cual abarcará desde la primera etapa, la recepción y selección de la materia prima e insumos hasta la última, el sellado del saco. Se puede apreciar que el proceso cuenta con una eficiencia total del 28,32%, lo cual está dentro de los parámetros normales para el carbón activado a partir de materia orgánica.

La disponibilidad de materia prima no fue una restricción para el proyecto, ya que este en su último año como máximo requiere 626,6 toneladas de cascarilla de arroz y la data histórica de la piladora Nuevo Horizonte S.A.C, el cual será el principal proveedor, señala que en el año 2023 se produjeron 6 613,59 toneladas (Ver anexo 22), lo cual indica que la empresa podrá cubrir sin problemas los requerimientos de materia prima.

En la tabla 5 se muestra el plan de producción, donde la unidad fue el saco de 50 kg. Para su elaboración se tomó el plan de ventas del proyecto y la política de mantener 2 meses de inventario para cubrir variaciones de la demanda, por ello se aprecia una diferencia en la producción del primer año del plan de ventas con respecto al plan de producción, lo que se ve reflejado en que en el primer trimestre deberían producirse 828 sacos por mes, sin embargo, en los primeros 2 meses se produce el doble precisamente para acumular el stock necesario.

Tabla 5. Plan de producción de la planta

Periodo	Inventario Inicial	Producción	Inventario Total	Ventas	Inventario Final
1° mes	0	1 656	1 656	828	828
2° mes	828	1 656	2 484	828	1 656
3° mes	1 656	828	2 484	828	1 656
1° trimestre	0	4 140	4 140	2 484	1 656
2° trimestre	1 656	2 484	4 140	2 484	1 656
3° trimestre	1 656	2 484	4 140	2 484	1 656
4° trimestre	1 656	2 484	4 140	2 484	1 656
1° año	0	11 593	11 593	9 937	1 656
2° año	1 656	10 586	12 242	10 586	1 656
3° año	1 656	11 234	12 890	11 234	1 656
4° año	1 656	11 883	13 539	11 883	1 656
5° año	1 656	12 532	14 188	12 532	1656

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se procedió a elaborar la lista de materiales (BOM), por ello se determinó el índice de consumo unitario, dando como resultado que para una unidad se requieren 176,55 kg de cascarilla de arroz y 0,55 litros de agua como materiales directos, mientras que los materiales indirectos como el hilo y el saco tuvieron un requerimiento de 2 metros y una unidad respectivamente.

Se puede observar en la lista de materiales (Ver anexo 23), que el costo unitario de los materiales que requiere un saco es de apenas de S/ 90,29, un costo muy bajo considerando que

por saco en promedio se obtendría un ingreso de S/500, demostrando que aparte de ser un proceso relativamente sencillo también es barato. A continuación, se elaboró el MRP.

Tabla 6. Plan de requerimiento de materiales por año (MRP)

	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
MATERIALES DIRECTOS					
Cascarilla de arroz (Kg)	1 913 095,80	1 754 377,35	1 868 958,30	1 983 362,70	2 097 943,65
Agua (L)	5 959,80	5 465,35	5 822,30	6 178,70	6 535,65
MATERIALES INDIRECTOS					
Saco de 50 kg (unidad)	11 593	10 586	11 234	11 883	12 532
Hilo (m)	23 186	21 172	22 468	23 766	25 064

Fuente: Elaboración propia

Selección de maquinaria y equipos

Se seleccionaron en función de los requerimientos de producción, es decir, con el plan de producción y el balance de materia se pudo determinar la capacidad de cada una.

Considerando que en el año 2029 se deben producir 12 532 sacos de carbón activado granular, más el colchón de capacidad del 10%, para cubrir variaciones de la demanda, resultaría en 13 785 sacos o 689,42 toneladas, tomando en cuenta 26 días laborales por y 12 meses por año, se obtiene que la producción diaria debe ser de 44,19 sacos o 2,21 toneladas. El turno fue de 8 horas/ día o 480 min/día siendo este el tiempo base, aplicando la fórmula de producción, se calcula el tiempo de ciclo, el cual es de 0,181 horas/saco, lo cual significa que el cuello de botella del proceso debe producir un ritmo de 5,52 sacos/hora o 276 kg/h.

Se observa en la tabla 7 la capacidad mínima requerida por la máquina, al igual que su respectiva etapa y la capacidad real de esta, es decir la que se pudo encontrar en el mercado. Se puede observar que adicional al colchón considerado, la maquinaria cuenta con suficiente capacidad para adaptarse a los aumentos de la demanda.

Tabla 7. Capacidad requerida vs Capacidad real de la maquinaria y equipos

Etapa	Máquina	Capacidad requerida	Capacidad real	Unidad	Tiempo de ciclo	Unidad
Recepción y selección	Faja transportadora	950,22	1000	Kg/h	0,06	min/kg
Molido	Molino de rodillos Rivakka	940,72	1000	Kg/h	0,06	min/kg
Tamizado 01	Tamiz ZXS1025	893,68	1000	Kg/h	0,06	min/kg
Carbonización y Activación	Horno rotatorio AG1.5	475,88	1000	Kg/h	0,06	min/kg
	Equipo de ablandamiento KYST 1000	10,72	1000	L/h	0,06	min/L
	Caldera LHS0.05	10,72	1000	L/h	0,06	min/L
Enfriamiento	Tornillo Sinfin	475,88	750	Kg/h	0,08	min/kg
Triturado	Molino de rodillos Rivakka	475,88	500	Kg/h	0,12	min/kg
Tamizado 02	Tamiz ZXS1025	276	400	Kg/h	1,5	min/kg
Ensacado	Ensacadora Dimopac DME/NT	6	420	Sacos/h	0,143	min/saco
Sellado	Cosedora RYU GK261A	6	20	Sacos/h	3	min/saco

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada la maquinaria, se cuantificó la cantidad de energía empleada por la maquinaria en forma de combustible y electricidad en el balance de energía (Ver anexo 24 y 25), con la finalidad de utilizar esta información para los costos del siguiente objetivo.

Para concluir este punto, se calcularon los indicadores de capacidad, para la capacidad diseñada, se empleó el último año del plan de producción y se le agregó el 10% adicional a modo de colchón de capacidad, considerando 12 meses/año, 26 días/mes y 8 horas/día, se obtuvo 2,209 toneladas/día como capacidad diseñada, para la capacidad real se tomó como dato la producción del primer año, es decir 11 593 sacos/año o 1,858 toneladas/día, por lo tanto, la capacidad utilizada para ese periodo sería de 84,11%. Aunque esto depende del año, lo cual afectará las capacidades y su utilización, lo cual se resume en la tabla 8:

Tabla 8. Indicadores de capacidad de la planta en sacos

Año	Capacidad real	Capacidad diseñada	Capacidad Utilizada	Capacidad Ociosa
2025	11 593	12 532	84,10%	15,90%
2026	10 586	12 532	76,79%	23,21%
2027	11 234	12 532	81,49%	18,51%
2028	11 883	12 532	86,20%	13,80%
2029	12 532	12 532	90,91%	9,09%

Fuente: Elaboración propia

Se observa además que en el año 2029 se utiliza 90,9% de la capacidad diseñada, lo cual evidencia el uso del 10% de colchón de producción, con variaciones por el redondeo.

Diseño y distribución

En este apartado se utilizó el método de Guerchet para procesar los datos obtenidos de las máquinas y equipos mencionados anteriormente, determinando las dimensiones óptimas de cada área de la planta.

A continuación, se procede a hacer una breve descripción de cada área y algunas disposiciones legales a seguir.

Zona de recepción y almacén de materia prima: Aquí se almacena la cascarilla de arroz y el resto de los materiales necesarios, para esta zona se realizó un cálculo considerando una rotación de 2 semanas.

Para calcular el número pallets se tomará en cuenta el requerimiento del proceso, el cual 202 712,64 kg/mes o a 4 055 sacos de materia prima, por lo tanto, se necesitarán 10 pallets con 4 sacos en la base (Ver anexo 26). Según el método Guerchet tiene una extensión total de 80,86 m² (Ver anexo 27).

Área administrativa: En esta zona estarán todos los jefes responsables de las cuestiones administrativas de la organización, además de tomar en cuenta los muebles correspondientes y 9,5 m² de acuerdo con el artículo N° 06 de la norma A.080 (Oficinas) del Reglamento Nacional

de Edificaciones – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [37]. Mide un total de $47,71 m^2$ según el método Guerchet (Ver anexo 28).

Oficina de producción: Esta oficina se encuentra dentro del área de producción, en el centro de la línea continua, con el fin de facilitar la observación, aquí se encuentran el jefe y asistente de producción, mide $10,72 m^2$ según el método de Guerchet (Ver anexo 29).

Oficina de control de calidad: Esta oficina se encuentra cerca a la de producción, debido a que estas áreas trabajan complementándose, comprende el espacio para jefe y asistente, además de un estante, sillas, escritorios y una mesa de trabajo. Mide un total de $18,42 m^2$, según lo determinado con el método Guerchet (Ver anexo 30).

Área de servicios higiénicos: Se tomó en cuenta la norma A.060 Capítulo III, la cual exige que, de tener un rango de 16 a 50 trabajadores, los servicios deberán contar con 2 inodoros y 2 lavatorios, en el caso de las damas, y para los varones 2 inodoros, 2 lavatorios y 2 uriniales [38]. Medirán $9,7 m^2$ y $11,09 m^2$ respectivamente (Ver anexo 31).

Área de comedor: En esta área los empleados podrán ir a almorzar cuando estén en su periodo de descanso. Medirá un total de $36,17 m^2$ (Ver anexo 32).

Caseta de vigilancia: En esta área se encontrará el vigilante, el encargado de observar todo las entradas y salidas de la planta. Posee una extensión total de $3,04 m^2$ (Ver anexo 33).

Área de producción: Aquí se encuentra toda la maquinaria responsable de la transformación de cascarilla de arroz en carbón activado granular. Mide $154,79 m^2$ (Ver anexo 34).

Área de enfermería: Área dedicada a tratar posibles malestares y enfermedades ocurridos dentro del horario de trabajo, se considera un escritorio, sillas, camillay un estante. Posee una extensión total de $11,18 m^2$ (Ver anexo 35).

Almacén de producto terminado: En este almacén se considera una cantidad de 20 pallets, debido a que la rotación de este será mensual, por lo tanto, debe poseer mayor capacidad, además de espacios extras para cubrir incrementos en la demanda y almacenar el stock de seguridad. Mide $105,365 m^2$ según el método de Guerchet (Ver anexo 36).

Área de vestidor: Se tomará en cuenta la norma A.060 Capítulo III [38], la cual exige que los vestuarios posean un área de $1,5 m^2$ por trabajador por turno, por lo cual se considerará 6 trabajadores, es decir 3 operarios y 3 estibadores, por lo tanto, medirá $9 m^2$.

Estacionamiento y patio de maniobras: Se tendrá en cuenta un área de $289 m^2$ para que todas las áreas dentro de la planta cuadren de forma correcta y así tener una holgura con respecto a los camiones entrantes y salientes.

Todos los resultados del método Guerchet fueron redondeados para uniformizar las medidas de las áreas (Ver anexo 37).

Como ya se había mencionado, la distribución escogida será la de en línea o también conocida como enfoque por producto, en cuanto al proceso, este se dispuso en forma de “U” para aprovechar al máximo el espacio.

Mediante la elaboración de la tabla relacional del método SLP y el diagrama de proximidad de áreas (Ver anexo 38, 39 y 40) , se evaluó la relación entre todas las áreas determinando cuales debían estar cerca y cuales debían mantenerse alejadas, donde se puede observar que el área de producción tiene prioridad de estar cerca a los almacenes de materia prima y producto terminado, al igual que de las oficinas de producción y control de calidad, por el contrario estos almacenes deben mantenerse alejados de los servicios higiénicos.

Teniendo toda la información lista, se procedió a realizar el plano detallado de la planta utilizando el software Lucidchart [39] (Ver anexo 41), el cual mide 30,24 m x 28,13 m, teniendo una extensión total de 851 m² aproximadamente.

Selección del recurso humano

Se tomará en cuenta una organización de tipo formal, para cumplir los objetivos planteados y estará estructurada de forma horizontal (Ver anexo 42), a continuación, se detallarán los puestos de trabajo más importantes, es decir solo los que aparecen en el organigrama.

Gerente general: Ostenta el cargo de mayor jerarquía en la gestión y administración de la empresa, y quien toma de decisiones trascendentales que impactan a la compañía. El requisito indispensable es estar titulado en Ingeniería Industrial o similares con maestría en administración de empresas o similares con 3 años de experiencia como mínimo.

Jefe de producción: Su objetivo primordial es alcanzar los volúmenes de producción programados dentro de los plazos establecidos. Debe estar titulado como ingeniero industrial y poseer 2 años de experiencia mínima.

Asistente de producción: Su rol va enfocado en coordinar las actividades correspondientes a la producción y apoyar al jefe de área. Debe como mínimo bachiller en ingeniería industrial o similares con 6 meses de experiencia.

Jefe de control de calidad: Encargado comprobar que todos los materiales, insumos y el producto terminado, estén dentro de los parámetros de calidad correspondientes para lograr la satisfacción del cliente. Se requiere el título de ingeniero industrial o ingeniero químico con maestría en control de calidad.

Asistente de control de calidad: Su rol es apoyar en sus actividades al jefe de área, debe tener un perfil de puesto similar al asistente de producción.

Jefe de finanzas: Su función principal es ejecutar los procesos técnicos contables y de tesorería de la empresa. Debe estar titulado en Ingeniería Industrial, contabilidad o administración de empresas con 2 años de experiencia.

Jefe de recursos humanos: Es el encargado de dirigir y supervisar todas las funciones relacionadas con la gestión del personal en la planta. Debe estar titulado en ingeniería industrial con certificaciones de gestión del talento humano con 2 años de experiencia en similares.

Jefe de logística: Encargado de planificar, ejecutar y supervisar las actividades vinculadas al transporte, almacenamiento, distribución y presupuestos. Se requiere título en ingeniería industrial o carreras afines, maestría en logística con 2 años de experiencia preferentemente en industria arrocera.

Jefe de ventas: Es el responsable de la gestión comercial, planifica estrategias con el fin de acelerar las ventas del producto. Debe estar titulado en Ingeniería industrial o Finanzas y contabilidad con especialidad en marketing, se requieren 2 años de experiencia en similares.

Evaluación económica y financiera

En primer lugar, se determinó la inversión tangible, la cual incluye todo los bienes físicos y sus costos requeridos en el tiempo de vida del proyecto.

Costo del terreno

El primer costo a mencionar el terreno donde se instalará la planta, que como se había determinado sería en Chacupe alto, La victoria ubicada en el distrito de Chiclayo, teniendo una extensión de 860 m^2 , según Urbania [40] el costo para este terreno es de \$ 365,91 o S/ 1 390,46 por metro cuadrado (m^2), dando un total de S/ 1 195 793,88, siendo poco más de la mitad de la inversión total (Ver anexo 43).

Costo de construcción

Con respecto a los costos de construcción de la planta se tomaron en cuenta elementos como los techos aligerados, techo de concreto, pared, piso pulido y con loseta, dando un total de S/ 220 878,57. Se emplearon datos del diario El peruano elaborado a partir del informe N° 081-2023-VIVIENDA/VMVU-DGPRVU-DUDU de la Dirección de Urbanismo y Desarrollo Urbano [41] (Ver anexo 44).

Costo de maquinaria y equipos

El costo total de la maquinaria y equipos de todas las áreas asciende hasta los S/ 597 049,00 incluye computadoras, mesas, sillas, artículos de limpieza y mobiliario de laboratorio (Ver del anexo 45 al 51). Por lo tanto, la inversión tangible requerida para la instalación de la planta es de S/ 2 013 721,45.

Inversión intangible

Incluye los costos acarreados a las licencias, permisos y estudios necesarios para la instalación de la planta, suman un total de S/ 11 975,99 (Ver anexo 52).

Imprevistos

El proyecto puede sufrir variaciones en su planificación, por ello se contempla este presupuesto para cubrir cualquier imprevisto, se considera un 5% siendo un total de S/110 737,35.

Capital social

Es el dinero que debe poseer la planta para abastecerse en sus primeros meses de funcionamiento, lo cual incluye los costos de producción, gastos administrativos, gastos de comercialización, intereses de préstamo y amortizaciones (Ver anexo 53). Para su cálculo se tomó en cuenta los gastos del primer mes considerando el egreso que es de S/ 189 049,60.

Posteriormente se elaboró el resumen de la inversión total, siendo S/ 2 325 484,40, considerando los imprevistos del 5%. Es importante mencionar que el promotor del proyecto cubrirá el 51,4%, es decir S/ 1 195 793,88, el 26,4% será cubierto por un socio estratégico y el 22,2% restante será financiado por Interbank, con una tasa de interés anual del 15,38% [42].

Tabla 9. Resumen de la inversión total

INVERSIÓN				
Descripción	Inversión Total	Promotor del Proyecto	Socio Estratégico	Financiamiento
CAPITAL DE TRABAJO	S/ 189 049,60		S/ 189 049,60	
Inversión Tangible				
Terrenos	S/ 1 195 793,88	S/ 1 195 793,88		
Construcciones	S/ 220 878,57		S/ 44 175,71	S/ 176 702,86
Maquinaria, equipos y mobiliario				
Almacén de MP e insumos	S/ 15 250,00		S/ 15 250,00	
Producción	S/ 291 550,00		S/ 194 366,67	S/ 97 183,33
Control de calidad	S/ 8 958,00		S/ 8 958,00	
Empaquetado y almacén de PT	S/ 16 050,00		S/ 16 050,00	
Servicios higiénicos	S/ 1 450,00			S/ 1 450,00
Transporte	S/ 240 000,00			S/ 240 000,00
Oficina administrativa	S/ 23 791,00		S/ 23 791,00	
Total Inversión Tangible	S/ 2 013 721,45	S/ 1 195 793,88	S/ 302 591,38	S/ 515 336,19
Inversión Intangible				
Estudios	S/ 1 500,00		S/ 1 500,00	
Gastos Pre Operativos	S/ 10 475,99		S/ 10 475,99	
Total Inversión Intangible	S/ 11 975,99	S/ -	S/ 11 975,99	S/ -
Imprevistos 5%	S/ 110 737,35		S/ 110 737,35	
Inversión total	S/ 2 325 484,40	S/ 1 195 793,88	S/ 614 354,33	S/ 515 336,19
Porcentaje	100%	51,4%	26,4%	22,2%

Fuente: Elaboración propia

Luego se calculó el punto de equilibrio económico y en unidades, para ello se tuvo que analizar el plan de ventas del proyecto (Tabla 3), para obtener el presupuesto de los ingresos, y por otro lado los costos variables se obtienen a partir de los materiales directos e indirectos,

también los sueldos y salarios para todo el personal de la planta (Ver anexo 54, 55, 56 y 57), que se calculó a partir del puesto de trabajo ocupado, a los cuales se agrega los beneficios sociales que representan el 51% del total, según el ministerio de trabajo y promoción del empleo [43], también se toma en cuenta el costo del agua, electricidad y combustible, los cuales fueron calculados a partir de la ficha técnica de la maquinaria, dando un total de S/ 1 625 569,21 para el año 2025.

Por otro lado, los costos fijos son la sumatoria de los gastos de comercialización (Ver anexo 58), gastos administrativos (Ver anexo 59) y los gastos financieros (Ver anexo 60), dando como total S/ 643 026,04.

A partir de los costos mencionados se obtiene un costo total de S/ 2 268 595,25 para el año 2025, y como ya se mencionó los ingresos totales se toman del plan de ventas del proyecto, por lo cual para el primer año se obtienen S/ 3 560 896,25 descontando el impuesto general a la venta (IGV) que es el del 18%, entonces realizando cálculos, se obtiene que el punto de equilibrio económico es S/ 1 183 132,85 y pasado a unidades 117 591,25, significa la cantidad que debe vender la empresa en 2025 para evitar las pérdidas.

Tabla 10. Punto de equilibrio del proyecto

PUNTO DE EQUILIBRIO					
	2025	2026	2027	2028	2029
<u>Costos de Producción</u>					
Materiales directos	S/ 877 709,15	S/ 935 014,80	S/ 992 320,45	S/ 1 049 626,10	S/ 1 106 931,75
Materiales indirectos	S/ 19 476,91	S/ 20 748,56	S/ 22 020,21	S/ 23 291,86	S/ 24 563,50
Mano de Obra Directa	S/ 176 670,00	S/ 176 670,00	S/ 176 670,00	S/ 176 670,00	S/ 176 670,00
Gastos Generales de Fabricación	S/ 551 713,15	S/ 551 713,15	S/ 551 713,15	S/ 551 713,15	S/ 551 713,15
Costo variable total	S/1 625 569,21	S/ 1 684 146,51	S/ 1 742 723,81	S/ 1 801 301,10	S/ 1 859 878,40
<u>Gastos de Operaciones</u>					
Gastos administrativos	S/ 306 175,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10
Gastos de Comercialización	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99
Gastos financieros	S/ 182 325,94	S/ 166 474,20	S/ 150 622,46	S/ 134 770,72	S/ 118 918,98
Costo fijo total	S/ 643 026,04	S/ 626 677,30	S/ 610 825,55	S/ 594 973,81	S/ 579 122,07
Costos totales	S/ 2 268 595,25	S/ 2 310 823,80	S/ 2 353 549,36	S/ 2 396 274,92	S/ 2 439 000,47
Ingresos totales	S/ 3 560 896,25	S/ 4 066 823,62	S/ 4 610 874,27	S/ 5 188 973,94	S/ 5 801 122,64
Punto de equilibrio (económico)	S/ 1 183 132,85	S/ 1 069 631,30	S/ 981 970,74	S/ 911 334,64	S/ 852 410,55
Punto de equilibrio (unidades)	117 591,25	101 270,33	88 427,62	79 933,56	72 580,09

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el estado ganancias y pérdidas o estado de resultados, el cual es útil para estudiar la rentabilidad de un proyecto en un periodo específico, en este caso en los 5 años que durará el proyecto.

Se puede apreciar que, para el primer año del proyecto, es decir 2025 se obtiene una utilidad neta de S/ 944 064,60, y para el último año del proyecto, 2027, se espera una utilidad neta de S/ 2 407 401,02, ya considerando el impuesto a la renta que es del 29,5%, debido a que, en todos los años del proyecto, la utilidad es positiva, en caso contrario no se cobraría.

Tabla 11. Estado de ganancias y pérdidas

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS					
	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos totales (+)	S/ 3 560 896,25	S/ 4 066 823,62	S/ 4 610 874,27	S/ 5 188 973,94	S/ 5 801 122,64
Costos de producción (-)	S/ 1 625 569,21	S/ 1 684 146,51	S/ 1 742 723,81	S/ 1 801 301,10	S/ 1 859 878,40
Utilidad bruta (=)	S/ 1 935 327,04	S/ 2 382 677,11	S/ 2 868 150,46	S/ 3 387 672,84	S/ 3 941 244,24
G. administrativos (-)	S/ 306 175,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10
G. Comercialización (-)	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99
Depreciación (-)	S/ 56 269,52	S/ 56 269,52	S/ 56 269,52	S/ 50 436,18	S/ 50 436,18
Utilidad operativa (=)	S/ 1 418 357,43	S/ 1 866 204,50	S/ 2 351 677,85	S/ 2 877 033,56	S/ 3 430 604,96
G. Financiamiento (Intereses) (-)	S/ 79 258,71	S/ 63 406,96	S/ 47 555,22	S/ 31 703,48	S/ 15 851,74
Utilidad antes de impuesto (=)	S/ 1 339 098,72	S/ 1 802 797,54	S/ 2 304 122,63	S/ 2 845 330,08	S/ 3 414 753,22
Impuesto a la renta (29,5%) (-)	S/ 395 034,12	S/ 531 825,27	S/ 679 716,18	S/ 839 372,37	S/ 1 007 352,20
Utilidades netas (=)	S/ 944 064,60	S/ 1 270 972,27	S/ 1 624 406,45	S/ 2 005 957,71	S/ 2 407 401,02

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja

Para finalizar el estudio económico financiero, se realizó el flujo de caja del proyecto, el cual es observable en la tabla 12.

Esta herramienta es importante para visualizar los flujos de efectivos del proyecto, y a partir de este se pueden calcular los indicadores como el VAN, TIR, Payback o periodo de recuperación de la inversión (PRI) y relación beneficio/costo (B/C) los cuales indicarán si el proyecto es rentable.

En el primer año (2025), se obtiene un saldo de S/ 883 660,66 ya considerando la depreciación y el impuesto a la renta del 29,5%, sin embargo, posee una utilidad neta acumulada de -S/ 926 487,55, debido a que aún se estaría pagando la inversión inicial de S/ 2 325 484,40, entonces puede calcularse que el periodo de recuperación se encuentra entre el año 2025 y 2026, durando específicamente 1 año y 10 meses aproximadamente. Por otro lado, para el último año del proyecto se observa S/ 2 406 346,81 como saldo neto y una utilidad neta acumulada de S/ 6 402 821,39.

Tabla 12. Flujo de caja del proyecto

Flujo de caja (Presupuesto de efectivo)						
Ítems	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<u>Inversión</u>						
<u>Capital de trabajo</u>						
Capital Social	S/	1 810 148,21				
Préstamos a CP y LP	S/	515 336,19				
Total Inversión	S/	2 325 484,40				
<u>INGRESOS</u>						
Cuentas por Cobrar (Ventas a crédito)		S/ 1 305 661,96	S/ 1 609 865,20	S/ 1 826 214,69	S/ 2 056 319,59	S/ 2 300 044,10
Ventas al Contado		S/ 2 136 537,75	S/ 2 440 094,17	S/ 2 766 524,56	S/ 3 113 384,36	S/ 3 480 673,58
TOTAL INGRESOS (+)	S/	3 442 199,71	S/ 4 049 959,37	S/ 4 592 739,25	S/ 5 169 703,95	S/ 5 780 717,68
<u>EGRESOS</u>						
Costos de Producción		S/ 1 625 569,21	S/ 1 684 146,51	S/ 1 742 723,81	S/ 1 801 301,10	S/ 1 859 878,40
Gastos administrativos		S/ 306 175,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10
Gastos de Comercialización		S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99
Gastos financieros		S/ 182 325,94	S/ 166 474,20	S/ 150 622,46	S/ 134 770,72	S/ 118 918,98
Total egresos (-)	S/	2 268 595,25	S/ 2 310 823,80	S/ 2 353 549,36	S/ 2 396 274,92	S/ 2 439 000,47
Saldo bruto (antes de impuestos) (=)	S/	1 173 604,46	S/ 1 739 135,57	S/ 2 239 189,89	S/ 2 773 429,03	S/ 3 341 717,21
Impuesto a la Renta 29,5%	S/	346 213,32	S/ 513 044,99	S/ 660 561,02	S/ 818 161,57	S/ 985 806,58
Saldo (después de impuestos)	S/	827 391,14	S/ 1 226 090,58	S/ 1 578 628,87	S/ 1 955 267,47	S/ 2 355 910,63
Depreciación	S/	56 269,52	S/ 56 269,52	S/ 56 269,52	S/ 50 436,18	S/ 50 436,18
Saldo final (ENE)	-S/	1 810 148,21	S/ 883 660,66	S/ 1 282 360,09	S/ 1 634 898,38	S/ 2 005 703,65
Utilidad acumulada	-S/	1 810 148,21	-S/ 926 487,55	S/ 355 872,54	S/ 1 990 770,93	S/ 3 996 474,58
Corriente de liquidez neta	-S/	1 810 148,21	S/ 883 660,66	S/ 1 282 360,09	S/ 1 634 898,38	S/ 2 005 703,65

Fuente: Elaboración propia

Para el calcular la tasa mínima aceptable del rendimiento (TMAR), se tomó en cuenta la tasa de inflación actual del país la cual es del 2,3% [44], el siguiente paso es definir el riesgo del proyecto.

Se considera un riesgo medio debido a que es un producto que tiene demanda, sin embargo, aún no está establecido en el país, lo que se puede evidenciar en que no se produce en el mismo, Por lo tanto, se considera un 15% como tasa de riesgo. Sumando el riesgo y la tasa inflacionaria con su producto se obtiene el TMAR que es del 17,65%,

El VAN del proyecto es de S/ 2 986 464,20, este al ser positivo confirma que el proyecto es viable económicamente, por otro lado, el TIR obtenido fue de 66,00%, siendo ampliamente superior al TMAR obtenido previamente.

La relación beneficio/costo se calculó con una división simple de los ingresos totales sobre egresos totales, obteniendo un índice de 1,44, significando que por cada S/1 invertido se obtienen S/0,44.

Para terminar, se realizó un análisis de sensibilidad para apreciar que tanto afectaría a la rentabilidad del proyecto, variaciones bruscas en el mercado, en específico las que afectan el precio de venta y el costo de los materiales directos.

Con la premisa mencionada, se llevaron a cabo 5 supuestos, en el primero se toma en cuenta una reducción del 20% del precio de venta, obteniendo un nuevo TIR del 35,09%. Para el resto de los supuestos se aumentó en 10% el descuento sucesivamente, es decir para el segundo se consideró una reducción del 30%, obteniendo un TIR de 18,14%. A partir del del tercer supuesto, donde se reduce el 40% del precio, se puede apreciar un TIR negativo, lo cual indica que, de darse esta situación, el proyecto dejaría de ser rentable (Ver anexo 61, 62 y 63)

Para el segundo análisis donde se aumentó el costo de los materiales directos (Ver anexo 64,65 y 66), en el primer año se aumentó el 50%, resultando en un nuevo TIR de 48,63%, para el resto de los supuestos se incrementó sucesivamente el 10%, entonces para el año 5, con 90% de aumento se obtuvo un TIR del 34,76%, siendo superior aún al TMAR de 17,65%, esto se debe principalmente al bajo costo de la cascarilla de arroz y el agua.

Estudio ambiental

Este estudio se realizó para analizar los impactos ambientales generados por la planta de producción de carbón activado de cascarilla de arroz y su instalación.

En primer lugar, se determinaron los elementos entrantes y salientes por etapa de todo el proceso, luego se realizará la matriz de Leopold para identificar aquellos impactos que deben tratarse con urgencia y se realizará una propuesta para mitigar estos.

A continuación, se detalla las entradas, salidas y el impacto ambiental que tiene cada etapa:
Recepción de materia prima: Como entrada tiene a la cascarilla de arroz y como salida impurezas y cascarilla que no pasa el control de calidad, generando residuos sólidos y posible contaminación de los suelos.

Molienda: Se tiene como entrada la cascarilla de arroz y la energía eléctrica para hacer funcionar el molino de rodillos, como salidas está la merma, generando residuos sólidos y posible contaminación de los suelos.

Tamizado: Ingresan la cascarilla de arroz molida y la energía eléctrica para hacer funcionar el tamiz vibratorio, como salida está la cascarilla que tiene un tamaño de partícula superior a 5000 μm , generando residuos sólidos y posible contaminación de los suelos.

Carbonización: Entran la cascarilla de arroz y el gas natural empleado para hacer funcionar el horno rotatorio, como salida están los gases de combustión y la ceniza, generando residuos sólidos y gases, ocasionando contaminación del aire y del suelo.

Activación: Ingresa el vapor de agua necesario para lograr la activación, como salida se tiene también vapor de agua lo que puede ocasionar problemas de salud para los trabajadores por la generación de calor y humedad, lo que propicia la aparición de microorganismos.

Enfriamiento: Se tiene como entrada en la energía necesaria para hacer funcionar el tornillo sinfín, como salida se tiene el carbón activado enfriado, no se generan impactos negativos al medio ambiente.

Triturado: Entra la energía necesaria para hacer funcionar el molino de rodillos y el carbón activado enfriado, como salida se tiene el carbón activado triturado y ruido por parte de la máquina, lo cual puede generar enfermedades ocupacionales a los operarios.

Tamizado: Ingresa la energía necesaria para hacer funcionar el tamiz vibratorio y el carbón activado triturado, como salida se tiene el carbón activado con un tamaño de partícula superior a 1650 μm , aunque este regresa hasta el triturado para ser reprocesado, el cual no genera contaminación, sin embargo, la máquina genera ruido por lo tanto puede causar enfermedades ocupacionales a los trabajadores.

Ensacado: Entra el carbón activado granular con el tamaño de partícula requerido y un saco, aunque se puede dar el caso de que estos se encuentren en mal estado y tengan que desecharse, al igual que el carbón activado, generando residuos sólidos y plásticos.

Sellado: Se tiene como entrada el saco de carbón activado granular y el hilo para sellarlo, tiene como salida el saco de 50 kg de carbón activado, aunque puede darse el caso de un defecto y se tenga un desperdicio de carbón o del mismo saco, generando residuos sólidos.

Una vez determinadas las etapas contaminantes, se escogen únicamente las que tienen un impacto considerable, en este caso molienda, tamizado, carbonización, activación, triturado y el segundo tamizado.

Ponce [45] proporciona un listado de las acciones y factores a tomar en cuenta en la evaluación ambiental de un proyecto, por lo cual se tomará en cuenta para la elaboración de la matriz de Leopold.

Tabla 13. Matriz de Leopold

Matriz de Leopold		Acciones									Conteo de afectaciones			
		Modificación del regimen		Construcción	Proceso						Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto
		Cobertura vegetal suelo	Pavimento	Sitios y edificios industriales	Molido	Tamizado	Carbonización	Activación	Triturado	Tamizado	+	-		
Tierra	Suelos	-3 3	-3 3	-2 3	-1 2	-1 2	-2 2	0 0	-1 2	-1 2	0 3	8 0	9	-36 27
	Forma del terreno	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0	9	27
Atmósfera	Calidad del aire	-2 3	0 0	-2 3	0 0	-1 3	-5 5	-4 5	0 0	-1 3	0 6	6	9	-63
	Temperatura	-1 3	-1 3	-3 5	-2 2	-2 2	-5 5	-5 5	-2 2	-2 2	0 9	9	9	-87
	Ruido	0 0	0 0	-3 3	-2 2	-2 2	-2 2	-2 2	-2 2	-2 2	0 7	7	9	-33
Uso de la tierra	Industrial	5 6	5 6	5 6	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	9 0	0	9	144
Aspectos culturales	Salud y seguridad	0 0	5 5	5 5	-1 2	-1 2	-3 2	-3 2	-1 2	-1 2	2 6	6	9	30
	Empleo	0 0	5 5	5 5	4 3	4 3	4 3	4 3	4 3	4 3	8 0	0	9	122
Afectaciones	+	2	4	4	2	2	2	2	2	2	22	36	72	104
	+	3	5	5	3	3	3	3	3	3	31	72	144	208
	-	3	2	4	4	5	5	4	4	5	36	Matriz de Leopold		
Total de afectaciones	8	8	8	8	8	8	8	8	8	72				
Agregado del impacto		21	77	53	9	6	-43	-34	9	6	104			

Fuente: Elaboración propia en base a Ponce [45]

Como se observa, las etapas de carbonizado y activación son las que mayor impacto presentan, debido a los gases liberados, la temperatura y el ruido de la maquinaria, teniendo puntajes de -43 y -34, considerados impactos moderados, por ello, se propone lo siguiente para mitigarlos:

- Capacitar a los operarios sobre la importancia y el correcto uso de los equipos de protección, evitando enfermedades por ruido generado por la maquinaria.
- Implementar un cronograma de descansos para reducir el cansancio que puede ser agravado por la temperatura que despiden la maquinaria.
- Instalación de un lavador de gases para minimizar el impacto negativo de los gases de combustión
- Realizar evaluaciones periódicas de los parámetros de temperatura, ruido y humedad para garantizar seguridad en el ambiente laboral, según la ley Ley N° 29783.

Discusión de resultados

El estudio de mercado determinó que el mercado objetivo del proyecto fueron las empresas mineras, las cuales emplearían el carbón activado para la purificación del agua contaminada proveniente de sus actividades, un caso similar ocurrió en el artículo de B. Torres et al [15], cuyo producto, el carbón activado, se sintetizó para la purificación de las aguas contaminadas por la minería, el cual es un problema recurrente en la ciudad de Guanajuato, México, por lo tanto se está de acuerdo con los autores. Un caso similar ocurre en la investigación de M. Terrazas et al [16], quienes determinaron con su estudio de mercado, mediante encuestas, que su mercado objetivo fueron las empresas dedicadas a la purificación de agua potable en la ciudad de Chihuahua, México, por lo tanto, también se está de acuerdo con los autores.

El proceso empleó como materia precursora a la cascarilla de arroz, debido a la gran cantidad de piladoras en la región Lambayeque, lo cual también ocurrió en los artículos publicados por C. Quijano [18] y M. Schettino et al [14] quienes también la utilizaron debido a la disponibilidad en las localidades donde se realizó la investigación, siendo Colombia y Brasil respectivamente, sin embargo ambos emplearon el método de activación química con H_3PO_4 y NaOH respectivamente, justificando que con este se logra un producto con mayor porosidad y área superficial, no obstante se discrepa con los autores debido a que este tiene un alto costo y genera mayor contaminación debido a los efluentes químicos producidos, por lo tanto se debe invertir en un sistema que recupere la sustancia activadora en cuestión. Por otro lado, G. Ojeda, A. Orozco, y T. Espinoza [12] si emplearon el método de activación física en presencia de vapor de agua a altas temperaturas, si bien el proceso es muy similar, el autor consideró un proceso

de secado previo a la carbonización debido al alto contenido de humedad del bagazo de caña y endocarpio de coco, siendo 21% y 84,13% respectivamente, a diferencia de la cascarilla de arroz de la región, que posee 6,62%, sin embargo se está de acuerdo con el autor porque consideró el proceso físico con las mismas condiciones de activación y carbonización.

En el tercer objetivo se determinó que se debe realizar una inversión total de S/ 2 325 484,40, obteniendo un TIR de 66%, un VAN de S/ 2 986 464,2, un PRI de 1,89 años y una relación B/C de 1,44, demostrando la factibilidad económica financiera del proyecto, resultados similares obtuvieron los autores P. Hurtado y T. Torre [19] que en su proyecto obtuvieron los siguientes indicadores: VAN positivo de S/937 396,16, una TIR de 70,68%, un PRI de 2 años, 7 meses y 24 días y una relación B/C 2,00 con una inversión total de S/. 1 556 481,77, obteniendo resultados similares a los de la presente investigación, presentando ligeras diferencias como la inversión total, debido al costo del terreno, siendo S/327 690,61 contra S/ 1 195 793,88 del proyecto, sin embargo, se está de acuerdo con el autor por la similitud de indicadores, los cuales demuestran de manera creíble la factibilidad del proyecto de inversión.

Se obtuvo un TMAR del 17,65%, debido a que se consideró un riesgo medio del 15% y la tasa de inflación del 2,3%, resultado contrario obtenido por los autores M. Terrazas et al, quienes obtuvieron un TMAR del 50%, ya que consideraron una tasa inflacionaria del 4,76% y un riesgo alto, lo que se puede justificar por la poca presencia de empresas purificadoras existentes, por otro lado, los autores determinaron que la inversión técnica sería \$ 135 395 545,520 equivalentes a S/25 016 953,71, una cantidad exorbitante en comparación a los S/ 2 325 484,40 de inversión total del proyecto, lo cual no concuerda con la baja producción de 4 toneladas mensuales que proponen, por lo que se discrepa con los autores.

Conclusiones

Se puede concluir que el diseño de una planta productora de carbón activado aprovechando la cascarilla de arroz resultó ser un proyecto que cumple con las viabilidades comercial, tecnológica y económica, las cuales fueron evaluadas en los objetivos de la presente investigación.

En el primer objetivo se realizó el estudio de mercado, comprobando la viabilidad comercial, mediante el método de regresión lineal se determinó que la demanda para el año 2029 será de 12 532,40 toneladas de carbón activado, un precio de S/11,29 por kilogramo y con respecto a la oferta, el Perú no es un país productor, por lo tanto, todo proviene de las importaciones.

En el segundo objetivo se realizó el diseño de ingeniería logrando determinar aspectos importantes de la planta, como la ubicación, la cual será en un terreno en Chacupe Alto, cerca al proveedor principal de materia prima, la piladora Nuevo Horizonte SAC, Por otro lado, se

calculó la capacidad diseñada con 2, 209 t/día y real con 1,858 t/día para el primer año, dando como resultado una capacidad utilizada del 84,11%.

En el aspecto económico y financiero, el proyecto es viable, este requiere una inversión total de S/ 2 325 484,40 de la cual el 22% será financiado por el banco a una tasa de interés anual del 15,38%. El estudio realizado arroja los siguientes indicadores, un VAN positivo de S/ 2 986 464,2 un TIR de 66%% el cual fue mayor al TMAR obtenido el cual fue 17,65%, por último, se obtuvo una relación B/C de 1,44 y un PRI (Payback) de 1,89 años, siendo números muy atractivos para cualquier inversionista.

Recomendaciones

En el proyecto se empleó el método de regresión lineal, dando como resultado los pronósticos del primero objetivo, pero se recomienda explorar la posibilidad de aplicar adicionalmente otros métodos como el promedio móvil ponderado y el suavizado exponencial para tener más referencias sobre como varían las proyecciones.

Para lograr una mayor variedad en los productos, se debe explorar la posibilidad de introducir otros procesos en la planta productora de carbón activado para otros rubros como el farmacéutico o medicinal, y no solo limitarse al tratamiento de agua.

En la actualidad se están haciendo estudios donde se modifica el carbón activado con diversas sustancias logrando mejorar significativamente su capacidad de absorción, por lo tanto, se recomienda invertir en estas investigaciones para implementarlas en el proceso productivo, incrementando el valor agregado.

En el balance de materia del proceso se aprecian subproductos como la cascarilla de arroz, gases de combustión, sílice e impurezas, las cuales si no se tratan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y aire, por ello se recomienda invertir en investigaciones para aprovecharlas en procesos de obtención de otros productos, reduciendo la carga ambiental y generando utilidades adicionales.

Referencias

- [1] «Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura», WorldFoodSituation. Accedido: 8 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es>.
- [2] H. H. P. Panta, «Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de ceniza de cáscara de arroz», LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, vol. 5, n.º 3, Art. n.º 3, jun. 2024, doi: 10.56712/latam.v5i3.2178.
- [3] «Producción de arroz cáscara alcanzó 220 mil toneladas y aumentó en 5,0% durante enero de 2023». Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/734604-produccion-de-arroz-cascara-alcanzo-220-mil-toneladas-y-aumento-en-5-0-durante-enero-de-2023>.
- [4] «Cascarilla de arroz», Arroz la unión. Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arrozlaunion.com/producto/cascarilla-de-arroz/>.
- [5] «¿Qué es el carbón activado y para qué sirve?», Carbotecnia. Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>
- [6] G. A. Zambrano Zambrano, V. L. García Macías, C. A. Cedeño Palacios, y U. E. Alcívar Cedeño, «Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa», Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, vol. 6, n.º 4, pp. 415-437, 2021.
- [7] «Trade Map - Trade statistics for international business development». Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- [8] A. Prada y C. E. Cortés, «La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral», Orinoquia, vol. 14, n.o 1, pp. 155-170, 2010.
- [9] J. A. Solís-Fuentes, M. Morales-Téllez, R. C. Ayala-Tirado, y M. del C. Durán-de-Bazúa, «Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña», Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 27, n.o 1, pp. 36-48, 2012.
- [10] M. V. Vidal Mejía, «Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión», Scientia et Technica, vol. 23, n.o 3, pp. 411-419, 2018.
- [11] «Characterization and application of activated carbon produced by H₃PO₄ and water vapor activation», Fuel Processing Technology, vol. 87, n.o 10, pp. 899-905, oct. 2006, doi: 10.1016/j.fuproc.2006.06.005.

- [12] G. Ojeda, A. Orozco, y T. Espinoza, «Propuesta del diseño de una línea de producción de carbón activado a partir de caña de azúcar y coco», *Revista INGENIERÍA UC*, vol. 26, n.º 3, pp. 306-318, 2019.
- [13] A. J. Filippín, N. S. Luna, M. T. Pozzi, y J. D. Pérez, «Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física», *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 8, n.º 3, pp. 59-71, 2017.
- [14] M. A. Schettino Jr., J. C. C. Freitas, A. G. Cunha, F. G. Emmerich, A. B. Soares, y P. R. N. Silva, «Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz», *Quím. Nova*, vol. 30, pp. 1663-1668, 2007, doi: 10.1590/S0100-40422007000700031.
- [15] «Obtención de carbón activado a partir de residuos orgánicos y su aplicación para el tratamiento de aguas residuales», *JÓVENES EN LA CIENCIA*, vol. 28, oct. 2024, Accedido: 10 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4267>
- [16] M. Terrazas-Gómez, L. Valencia, V. Villarreal-Ramírez, I. Martínez, y E. Avilés, «Inversión técnica para la elaboración de carbón activado a partir de cáscara de nuez en Delicias, Chihuahua», *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, vol. 12, pp. 125-133, jun. 2024, doi: 10.47808/revistabioagro.v12i1.547.
- [17] «Production of activated carbon from bagasse and rice husk by a single-stage chemical activation method at low retention times - ScienceDirect». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852408000795?via%3Dihub>
- [18] C. C. C. Quijano, «Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión», *Scientia Et Technica*, vol. 18, n.º 2, pp. 422-429, 2013.
- [19] P. G. Hurtado Antonio, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de carbón activado a partir de cáscara de cacao».
- [20] J. Rincón, S. Rincón, P. Guevara, D. Ballén, J. C. Morales, y N. Monroy, «Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías», *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 39, n.º 151, pp. 171-175, jun. 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.138>.
- [21] «Resolución Jefatural N°185 - 2021- Perú comprass», Perú, 185, sep. 2021. [En línea]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185237/RJ_185_2021.pdf
- [22] AWWA, «ANSI/AWWA B604-18». [En línea]. Disponible en: https://webstore.ansi.org/preview-pages/awwa/preview_b604-

2018.pdf?srsltid=AfmBOopT5NNR3J828G5OeVo3S3qq4upROVRPtUPMfLBxjS5zYz9s-NIw

[23] «Bases de datos de comercio exterior sobre importaciones y exportaciones mundiales». Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.veritradecorp.com/>

[24] C. C. Castillo Duque, H. N. Quintero Bertel, y G. U. Flórez Morales, «Business plan for the creation of the company Miscompetencias.com S.A.S.», jun. 2012, Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/1961>

[25] J. M. O. Espinosa, «Evaluacion de Proyectos 7ma Ed Gabriel Baca Urbina», Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/40847864/Evaluacion_de_Proyectos_7ma_Ed_Gabriel_Baca_Urbina

[26] «Efecto del carbón activado de cascarilla de arroz y dosis de aplicación en el blanqueo del aceite de palma híbrida (*Elaeis Oleífera* x *Elaeis Guineensis*)», [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1584>

[27] O. Llanos Páez, A. Ríos Navarro, C. A. Jaramillo Páez, y L. F. Rodríguez Herrera, «La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación», *Producción + Limpia*, vol. 11, n.º 2, pp. 150-160, 2016.

[28] D. M. Hinojoza y E. P. Falcón, «FLUJO DE CAJA Y TASA DE CORTE PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN», *Industrial Data*, vol. 8, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2005, doi: 10.15381/idata.v8i2.6178.

[29] Z. Li, M. Kruk, M. Jaroniec, y S.-K. Ryu, «Characterization of Structural and Surface Properties of Activated Carbon Fibers», *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 204, n.º 1, pp. 151-156, ago. 1998, doi: 10.1006/jcis.1998.5515.

[30] «Boletín Estadístico Mensual “EL AGRO EN CIFRAS” - 2023». Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/4024332-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2023>

[31] «Participación de la población en la actividad económica», Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1676/libro.pdf

[32] «Sunass - Yakúmetro». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://apps.sunass.gob.pe/simulador-tarifario/#/home>

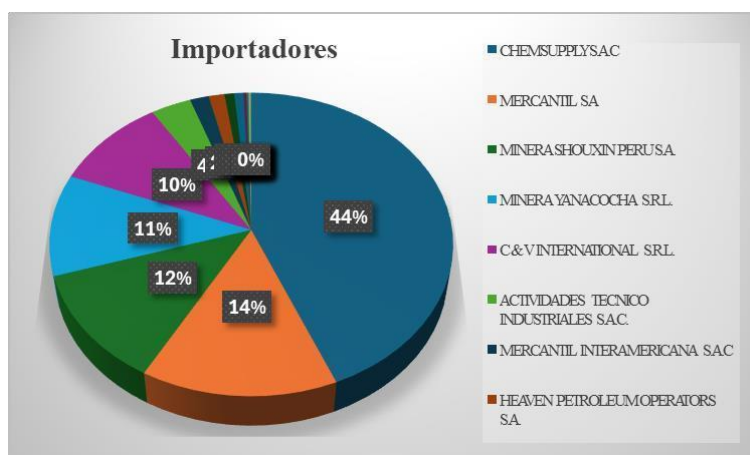
[33] M. Ruiz, «Las tarifas eléctricas residenciales en las regiones del Perú», *Revista Moneda*, n.º 196, pp. 82-86, 2023.

- [34] MTC «PROVIAS NACIONAL - WEBMAP - Visor de la Red Vial Nacional». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://spwgm.proviasnac.gob.pe/webmap>
- [35] «SENAMHI - Mapa Climatico del Peru». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- [36] A. Carvajal Ramírez y A. N. Delgado Cruz, «Obtención de carbón activado a partir de cascarilla de arroz y cuesco de coco, para la adsorción de oro de soluciones cianuradas», 2018, Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/35eff864-c4b4-4c5e-979c-c1293936c92a>
- [37] «NORMA A.080 - Oficinas». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366617/42%20A.080%20OFICINAS.pdf>
- [38] «NORMA A.060 - Industria». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366578/40%20A.060%20INDUSTRIA.pdf>
- [39] «Lucidchart | Diagramming Powered By Intelligence». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://feji.us/bh0upg>
- [40] «Resultados de la búsqueda de “valor terreno lambayeque” – PeruM2». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://perum2.com/?s=valor+terreno+lambayeque>
- [41] «Aprueban los Valores Unitarios Oficiales de Edificación - RESOLUCION MINISTERIAL - N° 469-2023-VIVIENDA - VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2229957-1>
- [42] «TASA DE INTERÉS PROMEDIO DEL SISTEMA BANCARIO». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>
- [43] «Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo - MTPE». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/mtpe>
- [44] F. Staff, «Banco Central ajustó ligeramente la previsión de inflación: aumentará a 2,3% al cierre del 2024 y caerá a 2% en 2025», Forbes Perú. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://forbes.pe/economia-y-finanzas/2024-09-20/banco-central-ajusto-ligeramente-la-prevision-de-inflacion-aumentara-a-23-al-cierre-del-2024-y-caera-a-2-en-2025/>

- [45] V. Ponce, «LA MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html
- [46] «Mapa de Principales Unidades Mineras en Producción 2024». Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5724261-mapa-de-principales-unidades-mineras-en-produccion-2024>
- [47] «Compendio Estadístico, Lambayeque 2023». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5278506-compendio-estadistico-lambayeque-2023>
- [48] «Inicio - ensa.com.pe». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.distriluz.com.pe/ensa.accionistas/>
- [49] «Introducción – Google Earth», Google Earth. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- [50] PetroPerú, «Ficha de Datos de Seguridad», Perú, abr. 2019. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/fds-glp.pdf>
- [51] Repsol, «DIESEL (GASOIL)», Repsol, Perú. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.pe/content/dam/repsol-paises/pdfs/peru/distribuidores/13/Descripci%C3%B3n.pdf>
- [52] Xiamen LTMG Co, «Montacargas Mini 3 Ton Gas Glp». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/LTMG-Montacargas-Mini-3-Ton-Gas_1601167115896.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.602d13a0zamAjQ&s=&p
- [53] Promart, «Balanza 1000 kg». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.promart.pe/Sistema/404?ProductLinkNotFound=balanza-digital-1000kg-cn-rack-1000540034>
- [54] Ningjin County Ningda Chain Mesh Belt Co Ltd, «Cinta Transportadora De Malla Para Cinta Transportadora Ss», www.alibaba.com. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/mesh-belt-conveyor-for-SS-Conveyor_1601015994920.html
- [55] Rivakka Nipere Oy, «Molino de granos by Rivakka Nipere Oy | AgriExpo». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.agriexpo.online/es/prod/rivakka-nipere-oy/product-169846-160649.html>

- [56] Xinxiang Zhong Cheng you, «Zxs serie 2023 China Acero inoxidable», Made-in-China.com. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_vibratingscreen/product_Zxs-Series-2023-China-Stainless-Steel-Powder-Sifting-Machine-Linear-Vibrating-Screen-Sieve_ysunryiyyy.html
- [57] Agico Cement, «Activated Carbon Rotary Kiln». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cement-plants.com/rotary-kiln-for-sale/activated-carbon-rotary-kiln/>
- [58] Bega Helicoidales, «Transportador helicoidal enchaquetado - México», Bega Helicoidales. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.begahelicoidales.com/transportador-helicoidal-enchaqueta>
- [59] Dimont Ltda, «Ensacadoras : Dimont Ltda»,. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dimontltda.com/ensacadoras/>
- [60] M. A. H. Steve, «Cosedora de Sacos Henkel | Equipos gastronómicos», <https://grondoy.com/>. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://grondoy.com/productos/Empacadoras/cosedora-de-sacos-marca-henkel>
- [61] «Sistema De Suavizado De Agua Dura Para Caldera,Equipo », www.alibaba.com. Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/good-quality-industrial-agriculture-1000L-H_491653979.html
- [62] «Generador De Vapor De Gas Natural ,100kg,Mini Caldera Diésel 1 T». Accedido: 12 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/LSS-100kg-Natural-Gas-Fired-Steam_62087090438.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.59ca13a0T1opz4&s=p

Anexos

**Anexo 1. Principales importadores de carbón activado**

Fuente: Veritrade [23]

Anexo 2. Proyección de la demanda insatisfecha

Año (X)	Demanda (Y)	X	X2	XY	Y2
2019	5 948	1	1	5 948	35 378 704
2020	5 979	2	4	11 958	35 748 441
2021	8 314	3	9	24 942	69 122 596
2022	8 575	4	16	34 300	73 530 625
2023	7 894	5	25	39 470	62 315 236
Total	36 710	15	55	116 618	276 095 602

Fuente: Elaboración propia en base a TradeMap [7].

Anexo 3. Proyección de la demanda insatisfecha

Año (X)	Demanda insatisfecha
2024	9 288,40
2025	9 937,20
2026	10 586,00
2027	11 234,80
2028	11 883,60
2029	12 532,40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Proyección del precio

Año (X)	Precio
2024	8,10
2025	8,74
2026	9,37
2027	10,01
2028	10,65
2029	11,29

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Matriz de participación del proyecto

Nº	¿Qué tan grandes son tus competidores?	¿Qué tantos competidores tienen?	¿Qué tan similares son sus proyectos a los suyos?	¿Cuál parece ser su porcentaje?
1	Grandes	Muchos	Similares	0%-0,5%
2	Grandes	Algunos	Similares	0%-0,5%
3	Grandes	Uno	Similares	0,5%-5%
4	Grandes	Muchos	Diferentes	0,5%-5%
5	Grandes	Algunos	Diferentes	0,5%-5%
6	Grandes	Uno	Diferentes	10%-15%
7	Pequeños	Muchos	Similares	5%-10%
8	Pequeños	Algunos	Similares	10%-15%
9	Pequeños	Muchos	Diferentes	10%-15%
10	Pequeños	Algunos	Diferentes	20%-30%
11	Pequeños	Uno	Similares	30%-50%
12	Pequeños	Uno	Diferentes	40%-80%
13	Sin competencia	Sin competencia	Sin competencia	80%-100%

Fuente: Castillo, Quintero y Flórez [24]



Anexo 6. Sistema de comercialización

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Concesiones mineras según región

	Ancash	Arequipa	Cajamarca	Lambayeque
Extensión territorial (Ha)	3 582 557	6 334 393	3 324 777	1 423 130
Concesiones mineras (Ha)	1 603 890	2 193 864	783 330	177 940
Total (%)	45%	35%	24%	13%

Fuente: Elaboración propia en base a MINEM [46]

Anexo 8. Producción regional Enero – febrero 2023

Región	Total, arroz cáscara (t)	Cascarilla de arroz (t)
Ancash	62 415	12 483
Arequipa	275 536	55 107
Cajamarca	177 087	35 417
Lambayeque	406 891	81 378

Fuente: MIDAGRI [30]

Anexo 9. Población económicamente activa 2017

Región	PEA ocupada	PEA desocupada	Total
Arequipa	828 238	42 592	870 830
Cajamarca	781 709	25 726	807 435
Ancash	553 966	28 364	582 330
Lambayeque	630 100	27 527	657 627

Fuente: INEI [31]

Anexo 10. Costo de servicios básicos por región.

Región	Empresa Agua	Costo de agua y alcantarillado (100 m3)	Empresa (Electricidad)	Costo (S//kWh)
Ancash	EPS Chavín S.A	S/ 348,00	Hidrandina	S/ 0,803
Arequipa	SEDAPAR S.A	S/ 1 285,16	SEAL	S/ 0,773
Lambayeque	EPSEL S.A	S/ 1 575,24	Electronorte S.A	S/ 0,762
Cajamarca	SEDACAJ S.A	S/ 1 098,01	Hidrandina	S/ 0,803

Fuente: Elaboración propia en base a SUNASS [32] y BCRP, OSIGNERMIN [33]

Anexo 11. Codificación de los factores de macro localización

Factor	Código
Cercanía al mercado	A
Disponibilidad de materia prima	B
Disponibilidad de mano de obra	C
Disponibilidad de servicios básicos (Agua y electricidad)	D
Facilidad de transporte	E
Condiciones climáticas	G

Fuente: Elaboración propia en base a Baca [25]

Anexo 12. Matriz de enfrentamiento de factores macro localización

Factor	A	B	C	D	E	F	Puntaje	Porcentaje
A		1	1	1	1	0	4	18%
B	1		1	1	1	1	5	23%
C	1	1		1	0	1	4	18%
D	1	1	1		0	0	3	14%
E	1	1	0	0		1	3	14%
F	0	1	1	0	1		3	14%
Total							21	100%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Codificación de factores de micro localización

Factor	Código
Disponibilidad de materia prima	A
Disponibilidad de mano de obra	B
Costo del terreno	C
Facilidad de transporte	D
Disponibilidad de servicios básicos (Agua y electricidad)	E

Fuente: Elaboración propia en base a Baca [25]

Anexo 14. Disponibilidad de materia prima por provincia

Provincia	Cantidad Arroz cáscara (t)	Cantidad cascarilla (t)	Porcentaje
Chiclayo	103 294	20 659	24%
Lambayeque	170 001	34 000	39%
Ferreñafe	159 945	31 989	37%
TOTAL	433 240	86 648	100%

Fuente: INEI [47]

Anexo 15. Costo de servicios básicos

Provincia	Costo de agua y alcantarillado (100 m3)	Costo (S/kWh)
Chiclayo	S/ 1 575,24	S/ 0,704
Ferreñafe	S/ 1 575,24	S/ 0,659
Lambayeque	S/ 1 575,24	S/ 0,676

Fuente: SUNASS [32] y ENSA [48]

Anexo 16. Población económicamente activa por provincia

Región	PEA Ocupada	PEA desocupada	Total
Chiclayo	328 313	18 267	346 580
Ferreñafe	31 793	2 120	33 913
Lambayeque	99 148	6 037	105 185

Fuente: Elaboración propia en base a INEI [31]

Anexo 17. Costo aproximado de terreno en provincia

Provincia	Costo (\$ /m ²)
Chiclayo	\$ 365,91
Ferreñafe	\$ 289,95
Lambayeque	\$ 324,34

Fuente: Urbania [40]

Anexo 18. Matriz de enfrentamiento de factores de micro localización

Factor	A	B	C	D	E	Puntaje	Porcentaje
A		1	1	1	0	3	17%
B	1		1	1	1	4	22%
C	1	1		1	1	4	22%
D	1	1	1		1	4	22%
E	0	1	1	1		3	17%
Total						18	100%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19. Elección de micro localización

Factores	Valor	Chiclayo		Ferreñafe		Lambayeque	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	17%	3	0,50	5	0,83	5	0,83
B	22%	5	1,11	2	0,44	2	0,44
C	22%	3	0,67	4	0,89	3	0,67
D	22%	5	1,11	4	0,89	4	0,89
E	17%	3	0,50	4	0,50	4	0,50
Total			3,89		3,72		3,50

Fuente: Elaboración propia



Anexo 20. Elección del terreno de la planta

Fuente: Google Earth [49].



Anexo 21. Vista del terreno escogido

Fuente: Google Earth [49].

Anexo 22. Producción de cascarilla de la piladora Nuevo Horizonte S.A.C

MES	Cantidad cascarilla (t) 2021	Cantidad cascarilla (t) 2022	Cantidad cascarilla (t) 2023
Enero	805,68	810,03	801,33
Febrero	750,58	625,57	875,59
Marzo	546,8	345,9	747,7
Abril	459,89	470,26	449,53
Mayo	69,76	645,44	600,14
Junio	395,56	420,54	696,03
Julio	824,91	797,32	890,66
Agosto	753,89	223,91	522,66
Setiembre	386,07	179,41	111,31
Octubre	242,08	223,81	232,95
Noviembre	136,79	128,88	104,82
Diciembre	241,58	96,13	646,63
TOTAL	5 613,59	4 967,2	6 679,35

Fuente: Piladora Nuevo Horizonte SAC

Anexo 23. Lista de materiales directos e indirectos por saco (BOM)

Insumo	Unidad de compra	Índice de Consumo	Valor por Unidad de Compra (S/)	Monto por Unidad (S/)
MATERIALES DIRECTOS				
Cascarilla de arroz	kg	176,55	0,5	88,28
Agua	L	0,55	0,092	0,05
MATERIALES INDIRECTOS				
Saco	Unidad.	1	1,9	1,9
Hilo	m	2	0,03	0,06
TOTAL				90,29

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Balance de energía (Electricidad)

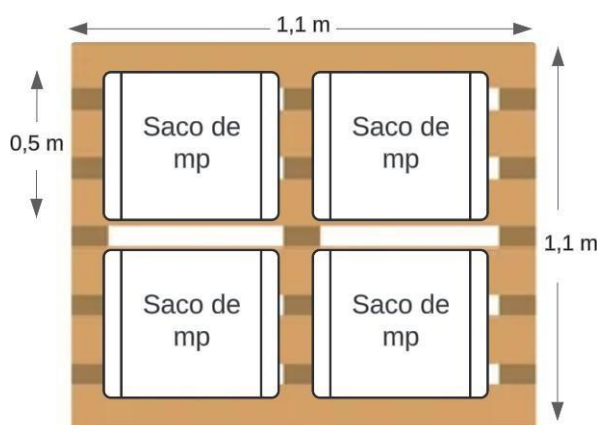
Etapa	Máquina	Potencia (kW)	Horas por turno	Consumo de energía diario (kWh)
Recepción y selección	Faja transportadora	1,4	8	11,2
Molido	Molino de rodillos rivakka	4	8	32
Tamizado 01	Tamiz ZXS1025	1,1	8	8,8
Carbonización y Activación	Horno rotatorio AG1.5	18,5	8	148
	Equipo de ablandamiento KYST 1000	2,4	8	19,2
Enfriamiento	Tornillo Sinfin	2,4	8	19,2
Triturado	Molino de rodillos rivakka	4	8	32
Tamizado 02	Tamiz ZXS1025	1,1	8	8,8
Ensacado	Ensacadora Dimopac DME/NT	1,5	8	12
Sellado	Cosedora RYU GK261A	0,09	8	0,72
TOTAL				291,92

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25. Balance de energía (combustible)

Maquinaria	Cantidad	Combustible	Consumo (Kg/h)	Consumo (L/h)	Consumo (gal/h)	Horas	Consumo total por turno (kg)
Montacarga	2	GLP	3	5,36	1,42	8	85,76
Caldera	1	Diesel	3,5	4,07	1,08	8	32,56
CONSUMO TOTAL DIARIO							118,32

Fuente: Elaboración propia en base a PetroPerú [50], Repsol [51]



Anexo 26. Esquema de distribución de sacos en pallet

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27. Cálculo área zona de recepción y almacén de MP

Zona de recepción y almacén de MP e insumos											
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total	
Elementos móviles											
Encargado de almacén	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Estibadores	3	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Elementos fijos											
Balanza	1	1	1,2	1,2	1,44	1,44	0,1	2,19	5,077	5,08	
Montacargas	1	1	3,07	1,09	3,35	3,35	3	5,11	11,80	11,80	
Pallet	10	2	1,1	1,1	1,21	2,42	0,145	2,77	6,39	63,99	
Área total(m2)										80,86	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Cálculo superficie del área administrativa

Área administrativa											
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total	
Elementos móviles											
Gerente	1	x	x	x	0,50	x	1,65	x	x	x	
Jefe de recursos humanos	1	x	x	x	0,50	x	1,65	x	x	x	
Jefe de finanzas	1	x	x	x	0,50	x	1,65	x	x	x	
Jefe de ventas	1	x	x	x	0,50	x	1,65	x	x	x	
Jefe de logística	1	x	x	x	1,50	x	1,65	x	x	x	
Elementos fijos											
Escritorio	5	2	1,48	0,55	0,81	1,63	0,75	2,59	5,04	25,18	
Sillas	6	1	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,64	1,25	7,48	
Mueble	1	1	1,80	0,68	1,22	1,22	0,77	2,60	5,05	5,05	
Espacio reglamentario (9,5 m2 por persona)										10	
Área total(m2)										47,71	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29. Cálculo superficie de oficina de producción

Oficina de producción											
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total	
Elementos móviles											
Jefe de producción	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Asistente de producción	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Elementos fijos											
Escritorio	2	2	1,36	0,49	0,67	1,33	0,75	2,11	4,11	8,23	
Sillas	2	1	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,64	1,24	2,49	
Área total(m2)										10,7165	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30. Cálculo superficie de oficina de control de calidad.

Oficina de control de calidad											
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total	
Elementos móviles											
Jefe de calidad	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Técnico de calidad	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x	
Elementos fijos											
Escritorio	2,00	1,00	1,36	0,49	0,67	0,67	0,75	1,02	2,35	4,71	
Estante cerrado	1,00	1,00	1,50	0,45	0,68	0,68	2,00	1,03	2,38	2,38	
Mesa de trabajo	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	0,75	3,06	7,06	7,06	
Sillas	4,00	1,00	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,46	1,07	4,27	
Área total(m2)										18,42	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31. Cálculo superficie de servicios higiénicos

Servicios higiénicos (Varones)										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Personal	17	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Inodoro	2	3	0,65	0,4	0,26	0,78	0,41	1,59	2,63	5,26
Lavamanos	2	1	0,7	0,5	0,35	0,35	0,82	1,07	1,77	3,54
Basurero	2	1	0,35	0,25	0,09	0,09	0,39	0,27	0,44	0,88
Urinario	2	1	0,4	0,35	0,14	0,14	1	0,428	0,708	1,416
Área total(m2)										11,0969
Servicios higiénicos (Mujeres)										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Personal	17	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Inodoro	2	3	0,65	0,4	0,26	0,78	0,41	1,59	2,63	5,26
Lavamanos	2	1	0,7	0,5	0,35	0,35	0,82	1,07	1,77	3,54
Basurero	2	1	0,35	0,25	0,09	0,09	0,39	0,27	0,44	0,88
Área total(m2)										9,7

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 32. Cálculo superficie del comedor

Área de comedor										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Personal	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Mesas	2	2	2	1,00	2,00	4,00	0,80	5,64	11,64	23,28
Sillas	8	1	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,57	1,17	9,39
Dispensador de agua	1	1	0,34	0,33	0,11	0,11	1,00	0,21	0,44	0,44
Cocina	1	1	0,76	0,58	0,44	0,44	0,9	0,83	1,71	1,71
Lavatorio	1	1	0,6	0,58	0,35	0,348		0,6544	1,35	1,35
Área total(m2)										36,17

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 33. Cálculo superficie de la caseta de seguridad

Área de caseta de seguridad										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Vigilante	x	x	x	x	0,5	X	1,65	X	x	x
Elementos fijos										
Mesa	1	1	1,00	0,50	0,50	0,50	1,04	0,89	1,89	1,89
Silla	1	1	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,54	1,14	1,14
Área total(m2)										3,03611

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34. Cálculo superficie del área de producción

Área de producción										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Personal		x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Banda transportadora inclinada	1	2	4	0,65	2,60	5,20	1	5,18	12,98	12,98
Molino de rodillos	2	1	0,71	0,69	0,49	0,49	0,82	0,65	1,63	3,26
Tamiz	2	2	2,00	1,00	2,00	4,00	2	3,98	9,98	19,97
Horno	1	1	14,0	2,00	28,00	28,00	2,2	37,19	93,19	93,19
Tornillo sin fin	1	1	2,47	0,97	2,40	2,40	1,2	3,18	7,97	7,97
Ensacadora	1	2	1,65	1,75	2,89	5,78	1,7	5,75	14,42	14,42
Cosedora	1	3	0,275	0,37	0,10	0,31	0,31	0,27	0,68	0,68
Equipo de ablandamiento	1	1	0,50	0,65	0,33	0,33	0,75	0,43	1,08	1,08
Caldera	1	1	0,675	0,55	0,37	0,37	1,2	0,49	1,24	1,24
									Área total(m2)	154,79

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35. Cálculo superficie del área de enfermería

Área de enfermería										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Personal de salud	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Escritorio	1	2	1,36	0,49	0,67	1,33	0,75	1,46	346	3,46
Camilla	1	1	1,90	0,62	1,18	1,18	0,96	1,72	4,08	4,08
Estante cerrado	1	1	1,50	0,30	0,45	0,45	2,00	0,66	1,56	1,56
Sillas	2	1	0,56	0,54	0,30	0,30	0,81	0,44	1,05	2,09
									Área total(m2)	11,1847

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 36. Cálculo superficie del almacén de producto terminado

Zona de almacén de producto terminado										
Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho(A)	Ss	Sg	Altura(h)	Se	S total x uno	S total
Elementos móviles										
Encargado de almacén	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Estibadores	1	x	x	x	0,5	x	1,65	x	x	x
Elementos fijos										
Balanza	1	2	1,2	1,20	1,44	2,88	0,10	3,34	7,66	7,66
Montacargas	1	1	3,07	1,09	3,35	3,35	3,00	5,18	11,87	11,87
Pallet	20	1	1,1	1,10	1,21	1,21	0,10	1,87	4,29	85,83
									Área total(m2)	105,37

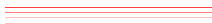





Fuente: Elaboración propia.

Anexo 37. Cálculo superficie del almacén de producto terminado

Área	Superficie (m ²)	Superficie real (m ²)	Largo (m)	Ancho (m)
Zona de recepción y almacén de MP e insumos	80,86	81	9,00	9,00
Área administrativa	47,71	48	10,90	4,40
Oficina de producción	10,72	11	5,13	2,14
Oficina de control calidad	18,42	19	5,13	3,70
S.S.H.H Varones	11,10	12	2,00	6,00
S.S.H.H de damas	9,68	10	2,00	5,00
Vestidor	9,00	9	1,80	5,00
Comedor	36,17	53	6,03	8,79
Caseta de seguridad	3,04	3	1,73	1,73
Área de producción	154,78	155	12,95	14,29
Área de enfermería	11,18	12	2,40	5,00
Almacén de producto terminado	123,99	124	8,30	14,94
Áreas verdes	41,00	41	2,08	19,71
Estacionamiento y patio de maniobras	288,85	289	-	-
TOTAL	846,51	851		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38. Codificación de distancias

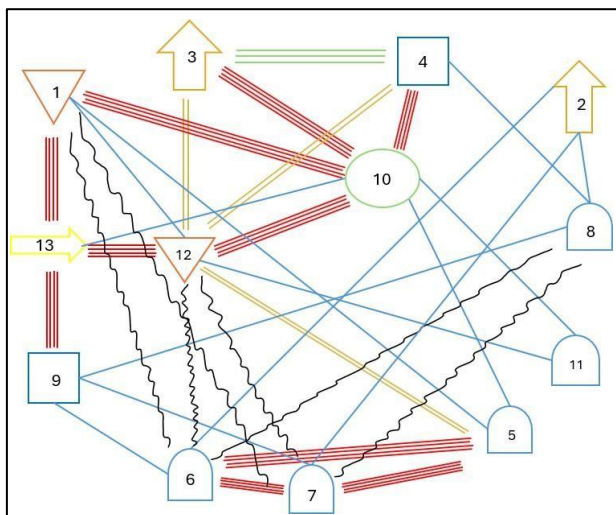
Valor	Cercanía	Nº de Líneas
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinario cercanía	
U	No importante	
X	Indeseable	

Fuente: Elaboración propia.

1. Recepción y almacén de MP	U
2. Área administrativa	U U
3. Oficina de producción	U U O X X
4. Oficina de control de calidad	E U U O O X U
5. Vestidores	U U U U O U U A U
6. S.S.H.H Varones	A A U O U U U U O A
7. S.S.H.H Damas	A X X U U A A U U U
8. Comedor	X O O U U U I I U
9. Caseta de seguridad	O U U U X U
10. Área de producción	U U U U
11. Área de enfermería	O A A
12. Almacén de producto terminado	O U
13. Estacionamiento y patio de maniobras	A

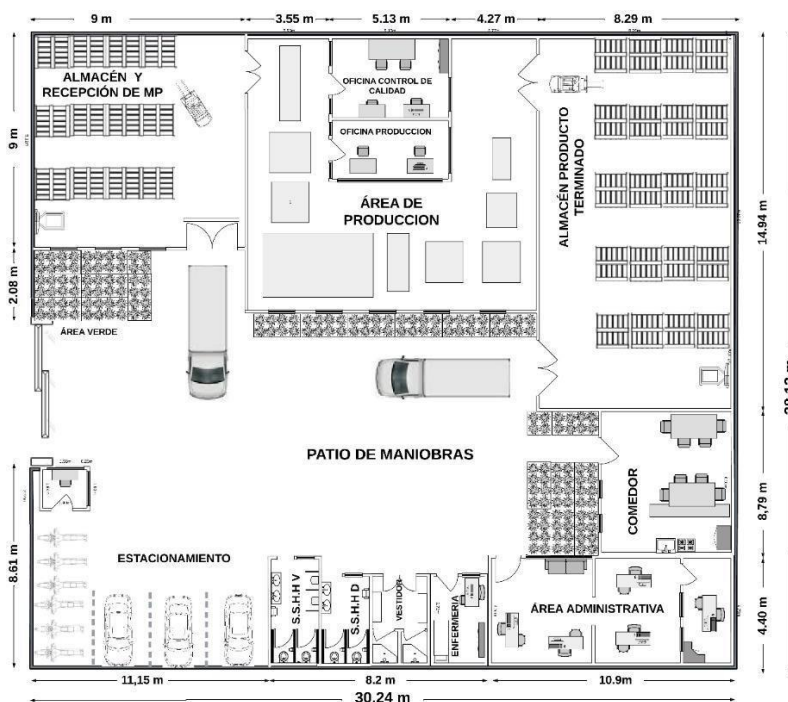
Anexo 39. Tabla relacional

Fuente: Elaboración propia.



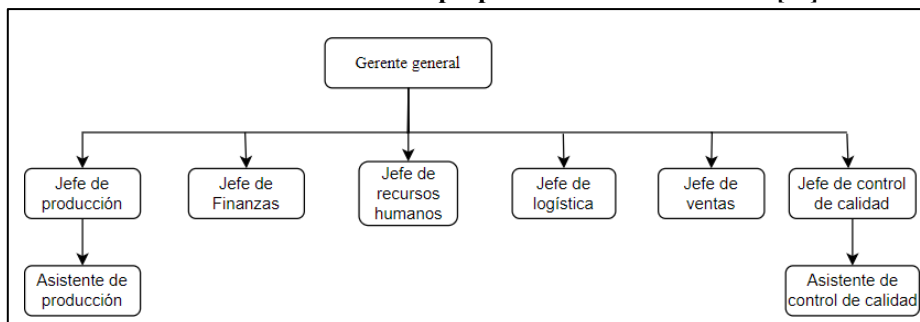
Anexo 40. Diagrama de proximidad de áreas.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 41. Plano de la planta.

Fuente: Elaboración propia en base a Lucidchart [39]



Anexo 42. Organigrama

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 43. Costo del terreno.

TERRENOS					
ÍTEMS	Cantidad (m2)	Precio (S/)		TOTAL	
Terreno por m2	860	S/	1 390,46	S/	1 195 793,88
TOTAL				S/	1 195 793,88

Fuente: Elaboración propia en base a Urbania [40]

Anexo 44. Costo de las construcciones

CONSTRUCCIONES					
ITEMS	Cantidad (m2)	Precio (S/)		TOTAL	
Muros y columnas	213	S/	370,94	S/	79 010,22
Techo aligerado	363	S/	189,51	S/	68 792,13
Techo de concreto	144	S/	298,72	S/	43 015,68
Piso pulido	393	S/	51,42	S/	20 208,06
Piso con losa	144	S/	68,42	S/	9 852,48
TOTAL				S/	220 878,57

Fuente: Elaboración propia en base a El peruano [41]

Anexo 45. Costo maquinaria de transporte.

TRANSPORTE					
ÍTEMS	Cantidad	Precio (S/)		TOTAL	
Camión de carga	2	S/	120 000,00	S/	240 000,00
TOTAL				S/	240 000,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 46. Costo maquinaria – Almacén y recepción de materia prima e insumos**Maquinaria, equipos y mobiliario - almacén y recepción de MP e insumos**

ITEMS	Cantidad	Precio (S/)		TOTALS/	
Mobiliario					
Pallets	10	S/	80,00	S/	800,00
Equipo					
Montacargas	1	S/	13 300,00	S/	13 300,00
Balanza	1	S/	1 150,00	S/	1 150,00
TOTAL				S/	15 250,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47. Costo maquinaria – Área de producción

MAQUINARIA, EQUIPOS Y MOBILIARIO - PRODUCCIÓN					
ITEMS	Cantidad	Precio (S/)		TOTAL S/	
Maquinaria					
Banda transportadora	1	S/	3 788,00	S/	3 788,00
Molino de rodillos	2	S/	13 300,00	S/	26 600,00
Tamiz	2	S/	11 398,00	S/	22 796,00
Horno rotatorio	1	S/	200 420,00	S/	200 420,00
Tornillo sin fin	1	S/	15 690,00	S/	15 690,00
Ensayadora	1	S/	4 782,00	S/	4 782,00
Cosedora	1	S/	895,00	S/	895,00
Equipo de ablandamiento	1	S/	2 799,00	S/	2 799,00
Caldera	1	S/	9 705,00	S/	9 705,00
Mobiliario					
Escritorio	2	S/	199,00	S/	398,00
Laptop	1	S/	3 500,00	S/	3 500,00
Sillas	3	S/	59,00	S/	177,00
TOTAL				S/	291 550,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 48. Costo maquinaria – Área de control de calidad
MAQUINARIA, EQUIPOS Y MOBILIARIO - CONTROL DE CALIDAD

ÍTEMS	Cantidad	Precio (S/)	TOTAL S/
Mobiliario			
Microscopio	1	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00
Balanza de precisión	1	S/ 1 800,00	S/ 1 800,00
Probeta graduada	3	S/ 25,00	S/ 75,00
Medidor de pH	1	S/ 350,00	S/ 350,00
Medidor de humedad	1	S/ 200,00	S/ 200,00
Sillas	4	S/ 59,00	S/ 236,00
Escritorio	3	S/ 199,00	S/ 597,00
Estante	1	S/ 200,00	S/ 200,00
Laptop	1	S/ 3 500,00	S/ 3 500,00
TOTAL			S/ 8 958,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 49. Costo maquinaria – Almacén de producto terminado
MAQUINARIA, EQUIPOS Y MOBILIARIO - ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO

ÍTEMS	Cantidad	Precio (S/)	TOTAL S/
Mobiliario			
Balanza	1	S/ 1 150,00	S/ 1 150,00
Pallets	20	S/ 80,00	S/ 1 600,00
Montacarga	1	S/ 13 300,00	S/ 13 300,00
TOTAL			S/ 16 050,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 50. Costo maquinaria – Almacén de producto terminado
MAQUINARIA, EQUIPOS Y MOBILIARIO - ÁREA ADMINISTRATIVA

ÍTEMS	Cantidad	Precio (S/)	TOTAL S/
Mobiliario			
Escritorios	5	S/ 199,00	S/ 995,00
Sillas	4	S/ 59,00	S/ 236,00
Basureros	4	S/ 15,00	S/ 60,00
Equipos			
Laptop	5	S/ 3 500,00	S/ 17 500,00
Impresora	5	S/ 1 000,00	S/ 5 000,00
TOTAL			S/ 23 791,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 51. Costo maquinaria – Servicios higiénicos
MAQUINARIA, EQUIPOS Y MOBILIARIO - SERVICIOS HIGIÉNICOS

ÍTEMS	Cantidad	Precio (S/)	TOTAL S/
Servicios higiénicos			
Lavamanos	4	S/ 54,00	S/ 216,00
Urinaris	2	S/ 179,00	S/ 358,00
Inodoros	4	S/ 199,00	S/ 796,00
Basureros	4	S/ 20,00	S/ 80,00
TOTAL			S/ 1 450,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 52. Costo de la inversión intangible

INVERSIÓN INTANGIBLE					
ITEMS	Cantidad	Precio (\$)	TOTAL \$/		
Estudios					
Estudio de mercado	1	S/ 1 500,00	S/	1 500,00	
Total Estudios	1	S/ 1 500,00	S/	1 500,00	
Gastos preoperativos					
Publicidad	1	S/ 8 000,00	S/	8 000,00	
Licencia de edificación	1	S/ 1 035,00	S/	1 035,00	
Búsqueda de antecedentes de nombre y logo	1	S/ 31,00	S/	31,00	
Registro de marca	1	S/ 534,99	S/	534,99	
Búsqueda de razón social	1	S/ 5,00	S/	5,00	
Reserva de razón social	1	S/ 20,00	S/	20,00	
Minuta de constitución y escritura pública	1	S/ 450,00	S/	450,00	
Licencia de funcionamiento	1	S/ 280,00	S/	280,00	
Registro sanitario	1	S/ 120,00	S/	120,00	
Total Licencias y autorizaciones	9	S/ 10 475,99	S/	10 475,99	
TOTAL			S/	11 975,99	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 53. Capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO					
	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos	S/ 3 560 896,25	S/ 4 066 823,62	S/ 4 610 874,27	S/ 5 188 973,94	S/ 5 801 122,64
Total ingresos	S/ 3 560 896,25	S/ 4 066 823,62	S/ 4 610 874,27	S/ 5 188 973,94	S/ 5 801 122,64
Egresos					
Costos de Producción	S/ 1 625 569,21	S/ 1 684 146,51	S/ 1 742 723,81	S/ 1 801 301,10	S/ 1 859 878,40
Gastos administrativos	S/ 306 175,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10
Gastos de comercialización	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99
Interés de préstamo	S/ 79 258,71	S/ 63 406,96	S/ 47 555,22	S/ 31 703,48	S/ 15 851,74
Amortización	S/ 103 067,24	S/ 103 067,24	S/ 103 067,24	S/ 103 067,24	S/ 103 067,24
Total egresos	S/ 2 268 595,25	S/ 2 310 823,80	S/ 2 353 549,36	S/ 2 396 274,92	S/ 2 439 000,47
Saldo (déficit / superavit)	S/ 1 292 301,00	S/ 1 755 999,82	S/ 2 257 324,91	S/ 2 792 699,02	S/ 3 362 122,16
Utilidad acumulada	S/ 1 292 301,00	S/ 3 048 300,82	S/ 5 305 625,72	S/ 8 098 324,75	S/11 460 446,91

Fuente: Elaboración propia

Anexo 54. Sueldos de mano de obra indirecta

COLABORADOR	CANTIDAD	SALARIO	BENEFICIOS	SUB TOTAL	TOTAL
			51%	Mensual/op	Anual/op
Jefe de producción	1	S/ 5 000,00	S/ 2 550,00	S/ 7 550,00	S/ 90 600,00
Jefe de Control de Calidad	1	S/ 5 000,00	S/ 2 550,00	S/ 7 550,00	S/ 90 600,00
Almaceneros	2	S/ 1 200,00	S/ 612,00	S/ 1 812,00	S/ 43 488,00
Limpieza	2	S/ 1 200,00	S/ 612,00	S/ 1 812,00	S/ 43 488,00
Asistente de calidad	1	S/ 2 500,00	S/ 1 275,00	S/ 3 775,00	S/ 45 300,00
Asistente de producción	1	S/ 2 500,00	S/ 1 275,00	S/ 3 775,00	S/ 45 300,00
TOTAL					S/ 358 776,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 55. Salario de mano de obra directa

SALARIOS					
Colaborador	Cantidad	Salario	Beneficios 51%	Sub total	Total
Maquinistas	3	S/1 750,00	S/ 892,50	S/ 2 642,50	S/ 95 130,00
Estibadores	3	S/1 500,00	S/ 765,00	S/ 2 265,00	S/ 81 540,00
TOTAL					S/176 670,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 56. Sueldos administrativos

SUELDOS ADMINISTRATIVOS					
COLABORADOR	CANTIDAD	SALARIO	BENEFICIOS	SUB TOTAL	TOTAL
			51%	Mensual/op	Anual/op
Gerente General	1	S/ 7 000,00	S/ 3 570,00	S/ 10 570,00	S/ 126 840,00
Jefe de recursos humanos	1	S/ 3 000,00	S/ 1 530,00	S/ 4 530,00	S/ 54 360,00
Jefe de finanzas	1	S/ 3 000,00	S/ 1 530,00	S/ 4 530,00	S/ 54 360,00
TOTAL					S/ 235 560,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 57. Sueldos de comercialización

Sueldos de Comercialización					
COLABORADOR	Cantidad	Salario	Beneficios 49%	Subtotal op/mes	Total op/año
Camionero	1	S/ 1 800,00	S/ 882,00	S/ 2 682,00	S/ 32 184,00
TOTAL					S/ 32 184,00
Sueldos de Ventas					
COLABORADOR	Cantidad	Salario	Beneficios 49%	Subtotal op/mes	Total op/año
Jefe de Ventas	1	S/ 3 000,00	S/ 1 470,00	S/ 4 470,00	S/ 53 640,00
TOTAL					S/ 53 640,00
SUELDOS DE DISTRIBUCIÓN					
COLABORADOR	Cantidad	Salario	Beneficios 49%	Subtotal op/mes	Total op/año
Jefe de Logística	1	S/ 3 000,00	S/ 1 470,00	S/ 4 470,00	S/ 53 640,00
TOTAL					S/ 53 640,00
SUELDO TOTAL ANUAL					S/ 139 464,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 58. Resumen gastos de comercialización

GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN					
Descripción	2025	2026	2027	2028	2029
Sueldo de Comercialización	S/ 139 464,00	S/ 139 464,00	S/ 139 464,00	S/ 139 464,00	S/ 139 464,00
<u>Gastos de Marketing</u>					
Promoción	S/ 1 200,00	S/ 1 200,00	S/ 1 200,00	S/ 1 200,00	S/ 1 200,00
Investigación de Mercados	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Movilidades	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
TOTAL	S/ 143 664,00	S/ 143 664,00	S/ 143 664,00	S/ 143 664,00	S/ 143 664,00
<u>Gastos de Ventas</u>					
Movilidad	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00
TOTAL	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00	S/ 800,00
<u>Gastos de Distribución</u>					
Servicio de transporte	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00
Combustible Camiones	S/ 8 060,99	S/ 8 060,99	S/ 8 060,99	S/ 8 060,99	S/ 8 060,99
TOTAL	S/ 10 060,99	S/ 10 060,99	S/ 10 060,99	S/ 10 060,99	S/ 10 060,99
Gastos totales de comercialización	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99	S/ 154 524,99

Fuente: Elaboración propia

Anexo 59. Resumen gastos administrativos**GASTOS ADMINISTRATIVOS**

Descripción	2025	2026	2027	2028	2029
Sueldos administrativos	S/ 235 560,00	S/ 235 560,00	S/ 235 560,00	S/ 235 560,00	S/ 235 560,00
Materiales y útiles de Oficina	S/ 344,00	S/ 344,00	S/ 344,00	S/ 344,00	S/ 344,00
Consumo de luz eléctrica	S/ 64 074,10	S/ 64 074,10	S/ 64 074,10	S/ 64 074,10	S/ 64 074,10
Internet y teléfono	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Agua	S/ 4 200,00	S/ 4 200,00	S/ 4 200,00	S/ 4 200,00	S/ 4 200,00
Equipos de protección	S/ 497,00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
TOTAL	S/ 306 175,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10	S/ 305 678,10

Fuente: Elaboración propia

Anexo 60. Resumen gastos financieros**GASTOS FINANCIEROS**

	Pre Operativo	2025	2026	2027	2028	2029
Préstamo a largo plazo	S/ 515 336,19	S/412 268,95	S/309 201,71	S/206 134,48	S/103 067,24	S/ -
Intereses		S/ 79 258,71	S/ 63 406,96	S/ 47 555,22	S/ 31 703,48	S/ 15 851,74
Amortizaciones		S/103 067,24	S/103 067,24	S/103 067,24	S/103 067,24	S/103 067,24
Total gastos financieros		S/182 325,94	S/166 474,20	S/150 622,46	S/134 770,72	S/118 918,98

Fuente: Elaboración propia

Anexo 61. Análisis de sensibilidad de precio de venta

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales	S/ 3 442 199,71	S/ 4 049 959,37	S/ 4 592 739,25	S/ 5 169 703,95	S/ 5 780 717,68	
-20,0%	S/ 2 753 759,77	S/ 3 239 967,50	S/ 3 674 191,40	S/ 4 135 763,16	S/ 4 624 574,14	
-30,0%	S/ 2 409 539,79	S/ 2 834 971,56	S/ 3 214 917,47	S/ 3 618 792,77	S/ 4 046 502,38	
-40,0%	S/ 2 065 319,82	S/ 2 429 975,62	S/ 2 755 643,55	S/ 3 101 822,37	S/ 3 468 430,61	
-50,0%	S/ 1 721 099,85	S/ 2 024 979,69	S/ 2 296 369,62	S/ 2 584 851,98	S/ 2 890 358,84	
-60,0%	S/ 1 376 879,88	S/ 1 619 983,75	S/ 1 837 095,70	S/ 2 067 881,58	S/ 2 312 287,07	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 62. Análisis de sensibilidad de precio de venta - Flujo neto de efectivo

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FNE	-S/ 1 810 148,21	S/ 883 660,66	S/ 1 282 360,09	S/ 1 634 898,38	S/ 2 005 703,65	S/ 2 406 346,81
FNE 1	-S/ 1 810 148,21	S/ 395 884,68	S/ 706 670,10	S/ 980 718,94	S/ 1 268 077,95	S/ 1 580 337,75
FNE 2	-S/ 1 810 148,21	S/ 154 930,70	S/ 423 172,95	S/ 659 227,19	S/ 906 198,68	S/ 1 175 687,51
FNE 3	-S/ 1 810 148,21	-S/ 147 005,91	S/ 139 675,79	S/ 337 735,45	S/ 544 319,40	S/ 771 037,28
FNE 4	-S/ 1 810 148,21	-S/ 491 225,88	-S/ 229 574,60	-S/ 910,22	S/ 182 440,12	S/ 366 387,04
FNE 5	-S/ 1 810 148,21	-S/ 835 445,85	-S/ 634 570,54	-S/ 460 184,15	-S/ 277 957,15	-S/ 76 277,22

Fuente: Elaboración propia

Anexo 63. Análisis de sensibilidad de precio de venta - TIR

Escenario	Reducción	TIR
TIR 1	20%	35,09%
TIR 2	30%	18,14%
TIR 3	40%	-2,16%
TIR 4	50%	-30,24%
TIR 5	60%	-

Fuente: Elaboración propia

Anexo 64. Análisis de sensibilidad de materiales directos

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	S/ 3 442 199,71	S/ 4 049 959,37	S/ 4 592 739,25	S/ 5 169 703,95	S/ 5 780 717,68	
50,0%	S/ 1 316 563,73	S/ 1 402 522,20	S/ 1 488 480,68	S/ 1 574 439,15	S/ 1 660 397,62	
60,0%	S/ 1 404 334,64	S/ 1 496 023,68	S/ 1 587 712,72	S/ 1 679 401,76	S/ 1 771 090,80	
70,0%	S/ 1 492 105,56	S/ 1 589 525,16	S/ 1 686 944,77	S/ 1 784 364,37	S/ 1 881 783,97	
80,0%	S/ 1 579 876,47	S/ 1 683 026,64	S/ 1 786 176,81	S/ 1 889 326,98	S/ 1 992 477,15	
90,0%	S/ 1 667 647,39	S/ 1 776 528,12	S/ 1 885 408,86	S/ 1 994 289,59	S/ 2 103 170,32	
MAT. DIREC	S/ 877 709,15	S/ 935 014,80	S/ 992 320,45	S/ 1 049 626,10	S/ 1 106 931,75	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 65. Análisis de sensibilidad de materiales directos – Flujo neto de efectivo

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FNE	-S/ 1 810 148,21	S/ 883 660,66	S/ 1 282 360,09	S/ 1 634 898,38	S/ 2 005 703,65	S/ 2 406 346,81
FNE 1	-S/ 1 810 148,21	S/ 570 594,43	S/ 946 409,23	S/ 1 276 390,28	S/ 1 624 467,37	S/ 2 002 212,11
FNE 2	-S/ 1 810 148,21	S/ 509 154,79	S/ 880 958,20	S/ 1 206 927,85	S/ 1 550 993,54	S/ 1 924 726,89
FNE 3	-S/ 1 810 148,21	S/ 447 715,15	S/ 815 507,16	S/ 1 137 465,41	S/ 1 477 519,72	S/ 1 847 241,67
FNE 4	-S/ 1 810 148,21	S/ 386 275,51	S/ 750 056,13	S/ 1 068 002,98	S/ 1 404 045,89	S/ 1 769 756,45
FNE 5	-S/ 1 810 148,21	S/ 324 835,87	S/ 684 605,09	S/ 998 540,55	S/ 1 330 572,06	S/ 1 692 271,22


Fuente: Elaboración propia

Anexo 66. Análisis de sensibilidad de materiales directos – TIR

Escenario	Reducción	TIR
TIR 1	50%	48,63%
TIR 2	60%	45,19%
TIR 3	70%	41,74%
TIR 4	80%	38,27%
TIR 5	90%	34,76%


Fuente: Elaboración propia

Anexo 67. Especificaciones generales del montacargas

MONTACARGAS FG15		IMAGEN
Capacidad de carga	1,5 t	
Consumo (GLP)	3 kg/h	
Altura máxima	5,8 m	
Largo	2,2 m	
Ancho	3,02 m	
Precio	S/ 13 300,00	

Fuente: Xiamen [52]

Anexo 68. Especificaciones generales balanza industrial

BALANZA INDUSTRIAL CN Rack		IMAGEN
Capacidad	1,0 t/h	
Alimentación	Batería	
Altura	1,2 m	
Largo	1 m	
Ancho	1 m	
Precio	S/ 1 150	

Fuente: Promart [53]

Anexo 69. Especificaciones generales banda transportadora

PP BELT COVEYOR (BANDA TRANSPORTADORA)		IMAGEN
Capacidad	1,0 t/h	
Potencia	1,4 kW	
Altura	1,0 m	
Largo	4,0 m	
Ancho	0,65 m	
Precio	S/ 3 788,00	

Fuente: Ningjin County Ningda [54]

Anexo 70. Especificaciones generales molino de rodillos

MOLINO DE RODILLOS RIVAKKA		IMAGEN
Capacidad Max	1,0 t/h	
Capacidad Min	0,5 t/h	
Potencia	4 kw/h	
Altura	0,82 m	
Largo	0,71 m	
Ancho	0,69 m	
Precio	S/ 13 300,00	


Fuente: Rivakka [55]

Anexo 71. Especificaciones generales tamiz

TAMIZ ZXS1025		IMAGEN
Capacidad Max	1,0 t/h	
Capacidad Min	0,4 t/h	
Potencia	1,1 kw	
Altura	2,0 m	
Largo	2,0 m	
Ancho	1,0 m	
Precio	S/ 11 398,00	


Fuente: Xinxiang Zhong Cheng you [56]

Anexo 72. Especificaciones generales horno rotatorio

HORNO ROTATORIO AGICO CEMENT AG1.5		IMAGEN
Capacidad Max	1,5 t/h	
Capacidad Min	1,0 t/h	
Potencia	18,5 kw/h	
Altura	2,2 m	
Largo	14,0 m	
Ancho	2,0 m	
Precio	S/ 200 420	


Fuente:Agico Cement [57]

Anexo 73. Especificaciones generales tornillo sin fin

TORNILLO SIN FIN		IMAGEN
Capacidad	0,75 t/h	
Potencia	2,4 kw/h	
Altura	1,20 m	
Largo	2,47 m	
Ancho	0,97 m	
Precio	S/ 15 690,00	


Fuente: Bega Helicoidales [58]

Anexo 74. Especificaciones generales ensacadora

ENSACADORA DIMOPAC DME/NT		IMAGEN
Capacidad	420 sacos/h	
Potencia	1,5 kw/h	
Altura	1,70 m	
Largo	1,65 m	
Ancho	1,75 m	
Precio	S/ 4 782,00	


Fuente: Dimont Ltda [59]

Anexo 75. Especificaciones generales selladora

COSEDORA RYU GK261A		IMAGEN
Capacidad	20 sacos/h	
Potencia	90 W/h	
Altura	0,310 m	
Largo	0,275 m	
Ancho	0,370 m	
Precio	S/ 895,00	


Fuente: Grondoy [60]

Anexo 76. Especificaciones generales equipo de ablandamiento

EQUIPO ABLANDADOR KAIYUAN KYST 1000		IMAGEN
Capacidad	1000 L/h	
Potencia	1,1 kw/h	
Altura	0,75 m	
Largo	0,5 m	
Ancho	0,65 m	
Precio	S/ 2 879,00	

Fuente: Guangzhou Kaiyuan [61]

Anexo 77. Especificaciones generales caldera

CALDERA LHS0.05		IMAGEN
Capacidad	50 kg/h	
Consumo de diésel	3,5 kg/h	
Altura	1,2 m	
Largo	0,675 m	
Ancho	0,55 m	
Precio	S/ 9 705,00	

Fuente : Xinxiang Xinda [62]